Comparative Study of Some Phytochemical and Antioxidant Indices in Organs of Six Species of Asteraceae family

Pages 71-88

S. Javani Shandi [1], L. Pourakbar [2] and Á. Rahimi [3]

1 & 2) Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran.
3) Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

*Corresponding author **: e.rahimi@urmia.ac.ir**

Received date: 2025.04.29 **Accepted date: 2025.08.11**

Abstract

The present study was conducted with the aim of comparative investigation of some phytochemical indices and antioxidant properties of six wild species of the chicory family. The present study was analyzed as a factorial experiment based on a completely randomized design and with three replications. In order to compare the means, the SNK test was used. For this purpose, wild Persian milk thistle (*Silybum marianum* L.) and European milk thistle (*Onopordum acanthium* L.), burdock (*Arctium lappa*), safflower (*Carthamus tinctorius*), yarrow (*Achillea millefoium*) and chicory (*Cichorium intybus*) were collected from the research farms of the Faculty of Agriculture of Urmia University. The highest total phenol content was in chicory flowers and the lowest was in safflower stems. The total flavonoid content in yarrow leaves and safflower stems and flowers was 19.55 and 11.12 mg quercetin per gram of dry weight. Also, the free radical scavenging assay (DPPH) showed that the lowest 50% inhibition concentration (IC50) belonged to the methanol extract of chicory flowers at (22.68) and the highest to safflower stems at (124.48) g/ml. Also, the highest concentrations of cadmium and lead were measured in the stems of Iranian Marigold at (4.1) and (27.15) g/kg of dry weight, respectively. Given the medicinal and industrial importance of chicory plants and the variation in active ingredients in different plants depending on climatic conditions and plant growth environment, and the risk of heavy metal accumulation in plants for consumer health, necessary precautions should be taken when consuming widely used medicinal plants.

Keywords: Antioxidant, Chicory, Phytochemicals, Total Phenolic Content and Heavy metals.

بررسی مقایسه‌ای برخی شاخص‌های فیتوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی در اندام‌های شش گونه از تیره کاسنی (Asteraceae)

شماره صفحات
۷۱-۸۸

سوسن جوانی شندی [۱]، لطیفه پوراکبر [۲] و امیر رحیمی *[۳]

۱ و ۲) گروه زیست شناسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*. نویسنده مسئول: e.rahimi@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسه‌ای برخی از شاخص‌های فیتوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی شش گونه وحشی از تیره کاسنی انجام شده است. مطالعه حاضر، به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار آنالیز شد. به‌منظور انجام مقایسه میانگین از آزمون SNK استفاده شد. بدین منظور ماریتیغال وحشی ایرانی (*Silybum marianum* L.) و ماریتیغال اروپایی (*Onopordum acanthium* L.)، بابا آدم (*Arctium lappa*)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، بومادران هزاررنگ (*Achillea millefoium*) و کاسنی (*Cichorium intybus*) از مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه جمع‌آوری شدند. بیش‌ترین محتوای فنول‌کل مربوط به گل کاسنی و کم‌ترین مقدار آن در ساقه گلرنگ بود. محتوای فلاوونوئید تام در برگ بومادران هزار رنگ ۱۹/۵۵ و در ساقه و گل گلرنگ ۱۱/۱۲ میلی‌گرم برگرم وزن خشک اندازه‌گیری گردیدند. همچنین سنجش به‌دام‌اندازی رادیکال آزاد (DPPH) نشان داد که کمترین غلظت مهار ۵۰٪ (IC50) متعلق به عصاره متانولی گل کاسنی به میزان (۲۲/۶۸) و بیشترین آن مربوط به ساقه گلرنگ به میزان (۱۲۴/۴۸) گرم بر میلی‌لیتر می‌باشد. همچنین بیشترین غلظت کادمیوم و سرب به ترتیب (۴/۱) و (۲۷/۱۵) گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه در ساقه ماریتیغال ایرانی اندازه‌گیری شد. با توجه به اهمیت دارویی و صنعتی گیاهان تیره کاسنی و تغییر مواد مؤثره در گیاهان مختلف بر حسب شرایط اقلیمی و محیط رشد گیاهان و خطر تجمع فلزات سنگین در گیاهان برای سلامت مصرف‌کنندگان باید در مصرف گیاهان دارویی پرمصرف احتیاط‌های لازم صورت بگیرد.

واژه‌های کلیدی: آنتی اکسیدان، تیره کاسنی، فیتوشیمیایی، محتوای فنول‌کل و عناصر سنگین.

مقدمه

گیاهان دارویی میراث‌هایی بومی با اهمیت فراگیر و جهانی هستند. در واقع به گیاهی که به‌طور مستقیم تمام یا اجزایی از آن به شکل تازه یا خشک شده دارای یک یا چند ماده مؤثره دارویی باشد و مواد مؤثره استخراج شده از آن به‌منظور اثرات بهداشتی، پیشگیری و درمانی در بدن انسان، حیوانات و دیگر گیاهان به‌کار رود، گیاه دارویی گفته می‌شود (Davis and Choisy, 2024). گیاهان دارویی کهن‌ترین شکل دارویی هستند که برای هزاران سال در طب سنتی در بسیاری از کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Marrelli, 2021). استفاده صحیح از گیاهان دارویی مستلزم شناخت ترکیبات شیمیایی موجود در آنهاست؛ زیرا وجود ترکیبات شیمیایی است که باعث اثر درمانی در گیاه می‌گردد. اگرچه مواد مؤثره گیاهان دارویی، اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی سنتز آنها تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (Marrelli, 2021). مواد مؤثره در گیاهان مختلف بر حسب شرایط اقلیمی و محیط رشد گیاهان می‌تواند تغییر کند (Kumar *et al*., 2017)؛ همچنین موارد گوناگونی از آلودگی به فلزات سنگین در گیاهان دارویی و پتانسیل بالای این گیاهان در جذب و انتقال فلزات سنگین به بخش‌های قابل‌استفاده به‌وسیله محققان مختلف گزارش شده است (Maleki *et al*., 2017; Mukherjee *et al*., 2023). فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند که در تمام نقاط جوامع صنعتی یافت می‌شوند و به فلز یا شبه فلزهایی اطلاق می‌شوند که چگالی آنها بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد. از جمله فلزات سنگین می‌توان به روی، مس، سرب، کادمیوم، نیکل، آهن، منگنز، منیزیم و آرسنیک اشاره کرد. گیاهان به برخی از این عناصر در غلظت‌های بسیار پایین نیاز دارند، اما زمانی که غلظت این فلزات از حد نیاز گیاه بالاتر می‌رود منجر به بروز اختلالات متابولیکی و بازدارندگی رشد اغلب گونه‌های گیاهی می‌شود (Briffa *et al*., 2020). تیره کاسنی با نام‌های علمی Compositae و Asteraceae بزرگ‌ترین تیره گیاهی دو لپه‌ای‌ها به شمار می‌رود. گیاهان این تیره در سرتاسر جهان توزیع شده‌اند؛ اما بیشترین انتشار آنها در نواحی خشک، نیمه‌خشک و عرض‌های جغرافیایی نیمه‌گرمسیری است. گیاه کاسنی (*Cichoriuum intybus*) یکی از گیاهان مهم و با ارزش دارویی تیره کاسنی است که در بین کشورهای مختلف بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و شهرت درمانی آن در رفع بیماری‌های کبدی می‌باشد. گیاهی است علفی که ارتفاعش به ۰/۵ تا ۱/۵ متر می‌رسد. ریشه‌ای قوی به قطر انگشت به درازی ۰/۵تا ۱ متر و به رنگ قهوه‌ای دارد ولی اگر قطع گردد، رنگ مایل به سفید نمایان می‌شود. در داخل ریشه آن، شیرابه‌ای شیری رنگ جریان دارد (Duda *et al*., 2024). ساقه کاسنی باریک استوانه‌ای و دارای انشعابات کم در ناحیه مجاور رأس است به طوری که منحصراً در قسمت‌های انتهایی ساقه شاخه‌هایی با حالت فاصله‌دار در گیاه دیده می‌شود، ساقه‌ها حامل تعداد زیادی گل‌های آبی رنگ هستند. ازجمله خواص دارویی کاسنی تقویت عمومی بدن، تقویت معده، تصفیه خون، دفع صفرا، کم اشتهایی، کم‌خونی و درمان مشکلات کبدی است (Janda *et al*., 2021). بومادران (*Achillea millefolium*)، گیاه علفی چند ساله متعلق به تیره کاسنی از جنس‌های دارویی و صنعتی موجود در ایران است که دارای ۱۱۵ گونه در سرتاسر جهان و ۱۹ گونه در ایران است.

بومادران هزاررنگ گیاهی است پایا و چند ساله، به ارتفاع ۲۰ تا ۹۰ سانتی‌متر و حتی بیشتر که برگ‌های سبز و قاعده‌ای خطی تا سر نیزه‌ای و بدون دمبرگ، و پوشیده از کرک دارد که دارای بریدگی‌های زیاد و باریکی است. گل‌های سفید رنگ آن به صورت کاپیتول کوچک و مجتمع، گل آذین دیهیم در قسمت انتهایی ساقه قرار گرفته‌اند. کاپیتول‌های کوچک و متعدد آن به طول ۴ تا ۸ میلی‌متر و به عرض ۲ تا ۵ میلی‌متر می‌باشد و در هر کاپیتول آن، دو نوع گل، یکی زبانه‌ای و سفید رنگ، واقع در حاشیه گل و دیگری لوله‌ای و واقع در ناحیه وسط، دیده می‌شود. همه قسمت‌های گیاه دارای بوی نافذ و تلخ مزه است (Jangjoo *et al*., 2023). ماریتیغال یا خارمریم (*Silybum marianum L.*) گیاهی است یکساله یا دو ساله از تیره کاسنی که بومی مدیترانه بوده ولی در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه در نواحی گرم و خشک می‌روید؛ ماریتیغال دارای دو گونه به نام‌های ماریانوم (*S. marianum*) و ابورنئوم (*S. eburneum*) می‌باشد. ارتفاع ماریتیغال به یک متر می‌رسد و دارای برگ‌های خاردار و شیره چسبناک است. کاپیتول‌ها به شکل بیضی و تا حدودی تخم مرغی شکل هستند و قسمت خارجی آنها برجسته و پولک مانند است و از تعداد زیادی زواید خار مانند تشکیل شده‌اند. قطرآنها بین ۵ تا ۸ سانتیمتر است و هر کاپیتول ۵۰ تا ۲۰۰ دانه تولید می‌کند. مواد مؤثره ماریتیغال تحت عنوان سیلی‌مارین شناخته می‌شود که از فلاوونولیگنان‌های ارزشمندی مانند سیلیبین، سیلی‌کریستین و سیلی‌دیانین تشکیل شده که در دانه‌های این گیاه تجمع می‌یابد (Hosseini *et al*., 2018; Wang *et al*., 2020). خارپنبه با نام علمی *Onopordum acanthium* L. گیاه دوساله از خانواده Asteraceae می‌باشد که با نام خار اسکاتلندی یا ماریتیغال اروپایی نیز شناخته می‌شود، در طب سنتی به عنوان یک عامل ضد التهاب، ضد تومور و تقویت‌کننده قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه در سراسر جهان گسترده است؛ در اروپا و آسیا رشد می‌کند و به آمریکا و استرالیا نیز معرفی شده است. گل آذین‌های این گیاه حاوی مجموعه‌ای از آنزیم‌های پروتئولیتیک "اونوپوردوسین" هستند که ممکن است به عنوان یک عامل لخته کننده شیر در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گیرد. ترکیب شیمیایی قسمت هوایی و ریشه‌های *O. acanthium* شامل فلاونوئیدها، فنیل پروپانوئیدها، لیگنان‌ها، تری‌ترپنوئیدها، لاکتون‌های سزکوئی‌ترپن و استرول‌ها است (Garsiya *et al*., 2019). باباآدم (*Arctium Lappa* L.) گیاهی علفی، دوساله و از خانواده کاسنی است که فیل‌گوش یا آراقیطون نیز نامیده می‌شود. ارتفاع این گیاه به ۱/۵ متر می‌رسد که در برخی مناطق مرطوب و معتدل آسیا، اروپا و ایران به صورت وحشی می‌روید. ساقه‌ای شبیه به پوست مار دارد که پوشیده از کرک‌های خشن و زبر می‌باشد. برگ‌های بسیار بزرگ و پهن آن به حالت افتاده بر روی ساقه قرار دارند. برگ بابا آدم دارای اکسیدازهای فعال است و دانه آن روغنی بوده و دارای گلوکوزید، اسیدهای لینولئیک و اولئیک می‌باشد (Yosri *et al*., 2023). گلرنگ (*Cartamus tinchtorius* L.) گیاهی یکساله یا دو ساله دارای ساقه‌ای به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و دانه روغنی است که کاپیتول‌هایی منفرد و محصور در براکته‌هایی با ظاهر برگ مانند دارد. گل‌های آن عموماً لوله‌ای و دارای رنگ زرد مایل به قرمز یا نارنجی است. این گلها دارای ماده‌ای قرمز رنگ به نام کارتامین می‌باشد که در آب به مقدار کم حل می‌شود ولی در الکل محلول است. کارتامین به علت رنگ زیبایی که

دارد در رنگرزی به کار می‌رود. مقاومت نسبتاً زیاد این گیاه به تنش‌های غیرزنده از جمله شوری، خشکی و سرمای زمستانه از ویژگی‌های آن می‌باشد (Jia-Xi *et al*., 2019; La Bella *et al*., 2019). با توجه به اهمیت دارویی و صنعتی گیاهان تیره کاسنی و تغییر مواد مؤثره در گیاهان مختلف بر حسب شرایط اقلیمی و محیط رشد گیاهان، به‌خصوص در زمین‌های حاوی فلزات سنگین و اینکه وجود عناصر سمی مانند سرب و کادمیم در گیاهان می‌تواند به سلامت انسان و محیط زیست آسیب برساند، این پژوهش با هدف بررسی مقایسه‌ای ترکیبات مؤثره شش گونه از گیاهان دارویی تیره کاسنی انجام گرفت. حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین کادمیوم و سرب در خاک، بر اساس اعلام سازمان غذا و کشاورزی (FAO[1])، ۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. همچنین، حد مجاز آلودگی به کادمیوم و سرب در گیاهان بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO[2])، به ترتیب ۰/۰۲ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Osmani *et al*., 2015). تحقیق حاضر به بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های فیتوشیمیایی، خواص آنتی‌اکسیدانی و غلظت فلزات سنگین (سرب و کادمیوم) در چهار اندام گل، برگ، ساقه و ریشه شش گونه وحشی از تیره کاسنی پرداخته است. نتایج این پژوهش می‌تواند به شناسایی و کاهش خطرات ناشی از مصرف گیاهان آلوده کمک کند.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گیاهی از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ با ارتفاع آن ۱۳۶۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۶ و در فاز گلدهی جمع‌آوری شد. اقلیم شهرستان ارومیه طبق اقلیم نماهای دومارتن و آمبرژه به ترتیب نیمه‌خشک و نیمه‌خشک سرد می‌باشد. آب و هوای منطقه ارومیه در تابستان، گرم و خشک و در زمستان، سرد و خشک می‌باشد. دوره بارندگی از اواخر مهر ماه شروع و تا خرداد ماه ادامه می‌یابد. پارامترهای هواشناسی منطقه در طول مدت اجرای طرح از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه که نزدیک‌ترین ایستگاه به محل انجام طرح بود، به‌دست آمدند (جدول ۱). لازم به ذکر است که برای برآورد بارش مؤثر از روش اداره احیاء اراضی ایالات متحده (U.S.B.R) که برای نواحی خشک و نیمه-خشک توصیه شده، استفاده گردید. نمونه‌ها در سایه به دور از نور خورشید به مدت یک هفته خشک گردید. سپس قسمت‌های مختلف اندام‌های گیاه از یکدیگر جدا شده و آسیاب شدند.

تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافت خاک

به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی خاک با استفاده از سیلندرهای نمونه‌برداری و آگر (Auger)، نمونه‌های خاک تهیه گردید (جدول ۲). قبل از کاشت محصول، از اعماق مختلف خاک مزرعه جهت تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه‌گیری

[1] Food and Agriculture Organization (FAO)
[2] World Health Organization (WHO)

انجام گرفت. شوری و pH خاک به ترتیب با EC متر و pH متر اندازه‌گیری شدند. سایر پارامترهای شیمیایی خاک در جدول ۳ ارائه شده است. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده گردید. بافت خاک با استفاده از مثلث بافت خاک که توسط سازمان کشاورزی ایالات متحده (USDA) توسعه داده شده، تعیین گردید. در تحقیق حاضر بافت سطحی از نوع لوم-رسی-سیلتی و در اعماق پایین از نوع لوم-رسی به‌دست آمد.

جدول ۱- متوسط و مجموع ماهانه پارامترهای هواشناسی طی دوره رشد سال زراعی ۱۳۹۶

Table 1. Average and monthly total meteorological parameters during the growing period of the 2017 crop year

ماه (Month) / پارامتر (Parameter)	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October
متوسط دمای هوا (°C) Average air temperature	16.9	22.3	26.3	27.6	24.9	15.7
متوسط حداکثر دما (°C) Average maximum temperature	22.7	29.7	33.4	34.6	32.4	22.3
متوسط حداقل دما (°C) Average minimum temperature	11.1	14.9	19.3	20.6	17.3	9.1
متوسط رطوبت نسبی (%) Average relative humidity	51	39	39	39	41	52
متوسط سرعت باد ($m\ s^{-1}$) Average wind speed	6	6	4	3	4	4
مجموع بارش (mm) Total precipitation	19.9	1.8	0	2.2	0	2.1
بارش مؤثر (mm) Effective precipitation	19.26	1.79	0	2.19	0	2.09
مجموع ساعات آفتابی ($Hrs\ d^{-1}$) Total sunshine hours	273.2	360.2	350.4	348.8	306.9	273.4

جدول ۲- خواص فیزیکی خاک مورد آزمایش

Table 2. Physical properties of the tested soil

عمق خاک Soil depth (cm)	توزیع اندازه ذرات (٪) Particle size distribution			بافت خاک Soil texture	FC	PWP	BD (gcm^{-3})
	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand				
					($cm^3\ cm^{-3}$)		
0-30	44	50	6	Silt Clay Loam	0.349	0.241	1.328
30-60	39	33	28	Clay Loam	0.366	0.279	1.530

Note: FC, Field capacity; PWP, Permanent wilting point; BD, Bulk density

جدول ۳- خواص شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 3. Chemical properties of the tested soil

عمق خاک Soil depth (cm)	$CaCO_3$ (%)	OM	OC	ECe ($dS\ m^{-1}$)	K ($mg\ kg^{-1}$)	P	pH (-)
0-30	13.5	1.97	1.14	1.42	470.79	23	8.2
30-60	13.0	1.07	0.62	0.94	138.38	12	7.9

Note: EC, Electrical conductivity; K, Potassium; P, Phosphorus; OM, Organic matter; OC, Organic carbon

تهیه عصاره متانولی

برای انجام عصاره‌گیری مقدار ۲ گرم از نمونه‌های خشک شده گیاه (برگ، گل، ساقه و ریشه) به صورت جداگانه با ۲۵ میلی‌لیتر متانول مرک آلمان به عنوان حلال انتخابی مخلوط شدند. عصاره‌گیری نمونه‌ها در دمای اتاق و تاریکی (بشرها با ورقه آلومینومی پوشانده شدند) به مدت ۳ ساعت بر روی دستگاه شیکر مغناطیسی انجام شد. محلول حاصل به‌وسیله کاغذ صافی واتمن صاف شده و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش‌ها نگه‌داری شد (Wijeratne *et al*., 2006).

تعیین محتوای فنول‌کل

محتوای فنول کل موجود در عصاره‌ها با استفاده از معرف Folin-Ciocalteu تعیین شد. مطابق این روش یک میلی‌لیتر از معرف Folin-Ciocalteu (که به نسبت ۱:۱۰ رقیق شده بود) به ۵۰ میکرولیتر از عصاره گیاهی افزوده شد و پس از ۳ دقیقه، محلول حاصل با یک میلی‌لیتر کربنات سدیم (۱۰٪) مخلوط شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه گردید. در نهایت جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Oki *et al*., 2002). محتوای فنول کل برحسب میلی‌گرم اکی والان‌های گالیک‌اسید در یک گرم عصاره با استفاده از منحنی استاندارد گالیک‌اسید بیان گردید.

تعیین محتوای فلاوونوئیدکل

محتوای فلاوونوئید موجود در عصاره طبق روش Zhishen و همکاران (۱۹۹۹)، تعیین شد (Zhishen *et al*., 1999). در لوله آزمایش ۲۰ میکرولیتر عصاره با یک میلی‌لیتر آب مقطر رقیق‌سازی شد، سپس ۰/۰۷۵ میلی‌لیتر نیتریت سدیم (۵٪) با آن مخلوط گردید، بعد از ۵ دقیقه ۰/۱۵ میلی‌لیتر محلول $AlCl_3$ (۱۰٪) اضافه شده و پس از ۶ دقیقه ۰/۵ میلی‌لیتر سود یک مولار مخلوط گردیده و در نهایت مخلوط با آب مقطر به حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب مخلوط بلافاصله در طول موج ۵۱۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل بلانک خوانده شد. محتوای فلاوونوئیدی کل بر حسب میلی‌گرم اکی والان‌های کوئرستین موجود در یک گرم عصاره با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین بیان گردید.

سنجش درصد جمع آوری رادیکال ۲،۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH)

میزان پاداکسایندگی رادیکال پایدار DPPH (۲،۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) طبق روش Burits و Bucar (۲۰۰۰) با کمی تغییر تعیین گردید (Burits and Bucar, 2000). مقدار ۲۰ میکرولیتر از عصاره با ۲ میلی لیتر محلول متانولیDPPH (۰/۰۰۴٪) مخلوط شد، جذب مخلوط بعد از ۱۵ دقیقه انکوباسیون (در دمای اتاق و تاریکی) در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد فعالیت جاروب کنندگی عصاره ها طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱: $$I\% = [(A_{Blank} - A_{Sample}) / A_{Blank}] \times 100$$

در این رابطه A_{Blank} جذب کنترل بوده و A_{Sample} میزان جذب نوری عصاره‌ها را نشان می‌دهد. سپس برای تعیین غلظتی از عصاره که دارای درصد مهار رادیکالی ۵۰ (IC50) است، چهار غلظت مختلف از عصاره‌ها (۵۰،۲۰۰،۶۰۰،۸۰۰) میکرولیتر با یک میلی‌لیتر متانول مرک آلمان رقیق‌سازی شده و مطابق روش فوق با اضافه کردن آنها به محلول DPPH جذب آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۱۷ نانومتر قرائت و توسط نمودار محاسبه گردید.

اندازه‌گیری عناصر سرب و کادمیوم با دستگاه جذب اتمی

ابتدا جهت هضم خشک، یک گرم ماده‌ی خشک پودر شده گیاه (برگ، گل، ساقه و ریشه) به طور جداگانه درون بوته‌های

چینی (کروزه) ریخته شد و به مدت شش ساعت درون کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت. بعد از خارج کردن از کوره مقدار ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید ۲ مولار به تمامی نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها صاف و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند و میزان هر یک از عناصر سرب و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل (AGILENT240 SERIESAA240, USA) در عصاره حاصل قرائت شد (Emami, 1996).

آنالیز آماری

قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف[3] ارزیابی شد (Bahmankar *et al*., 2017). نتایج این آزمون نشان داد که تمامی صفات مطالعه شده دارای توزیع نرمال بودند. مطالعه حاضر، به صورت آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره بر مبنای طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار آنالیز شد. به منظور انجام مقایسه میانگین از آزمون Student Newman-Keuls a.b - در سطح احتمال $p \leq ۰/۰۵$ استفاده شد. نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۲۰) و SAS (نسخه ۹) جهت آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند و به منظور ترسیم نمودارها از برنامه Excel استفاده گردید.

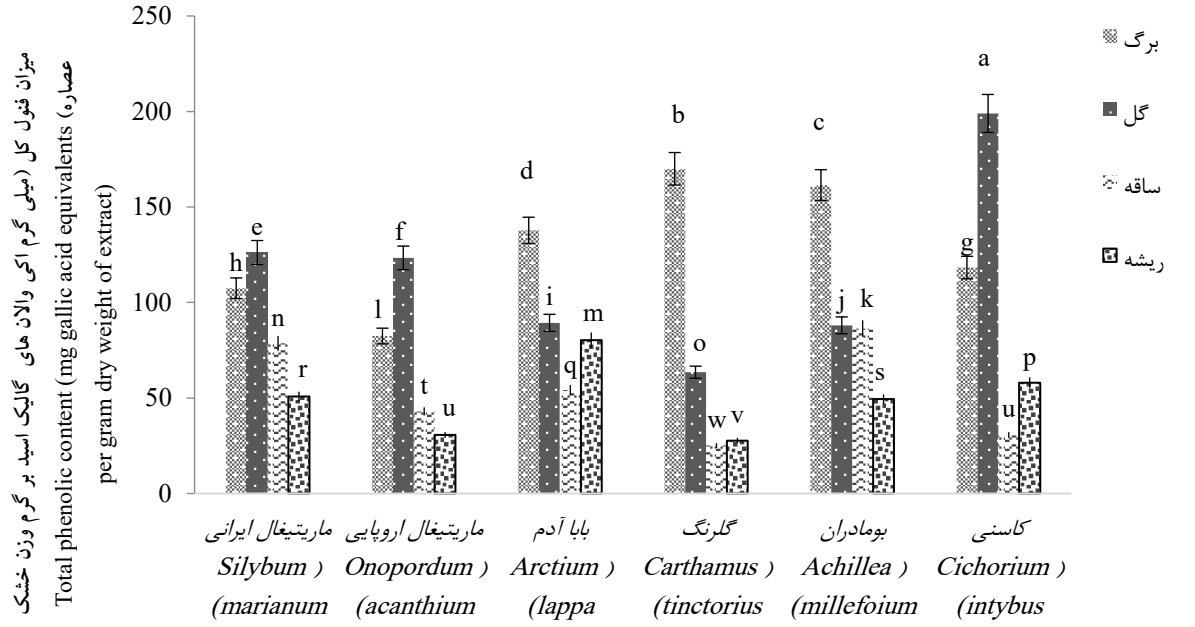
نتایج و بحث

محتوای فنول‌کل

مقایسه میانگین محتوای فنول‌کل عصاره متانولی اندام‌های مختلف شش گونه گیاهی متعلق به تیره کاسنی در شکل ۱ نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت (۰/۰۱۴۷۴ ± ۱۹۸/۹۹۵۹ میلی‌گرم اکی والان‌های گالیک‌اسید در گرم وزن خشک) مربوط به گل کاسنی و کم‌ترین مقدار آن (۰/۴۱۸۴ ± ۲۴/۶۹ میلی‌گرم اکی والان‌های گالیک‌اسید در گرم وزن خشک) در ساقه گلرنگ بود. گل کاسنی که بیشترین مقدار فنول را داشت، با اندام‌های دیگر کاسنی و دیگر گونه‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان داد ($p\leq0.05$). محتوای فنول کل ریشه ماریتیغال اروپایی و ساقه کاسنی در یک گروه آماری قرار داشت. محتوای فنول در برگ‌ها به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل گلرنگ > بومادران > بابا آدم > کاسنی > ماریتیغال ایرانی > ماریتیغال اروپایی بود. همچنین ترتیب محتوای فنول در گل به ترتیب از بیشترین به کمترین عبارت بودند از: کاسنی > ماریتیغال ایرانی > ماریتیغال اروپایی > بابا آدم > بومادران > گلرنگ. محتوای فنول در ساقه به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل بومادران > ماریتیغال ایرانی > بابا آدم> ماریتیغال اروپایی > کاسنی > گلرنگ و محتوای فنول در ریشه به ترتیب از بیشترین به کمترین عبارت بودند از: بابا آدم > کاسنی > ماریتیغال ایرانی > بومادران> ماریتیغال اروپایی > گلرنگ. اثرات درمانی و حفاظتی بسیاری برای ترکیبات فنولی گزارش شده است، این ترکیبات در درمان و حفاظت سلول‌های کبدی در برابر آسیب‌های اکسیداتیو مورد توجه می‌باشند (Machado *et al*., 2023; Rahman *et al*., 2021). با توجه به تحقیقات انجام گرفته در طب سنتی و

[3] Kolmogorov–Smirnov test

فارماکولوژی بیشترین اندام مورد استفاده در گیاه بابا آدم ریشه آن است. در نتایج این پژوهش نیز از شش ریشه مورد مطالعه، ریشه این گیاه دارای بیشترین محتوای فنولی بود.



شکل ۱- محتوای فنول کل عصاره‌های متانولی (بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک) شش گونه از تیره کاسنی. ستون‌ها دارای میانگین سه تکرار ± SE می‌باشند و بارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار بوده و حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون s.n.k می‌باشد.

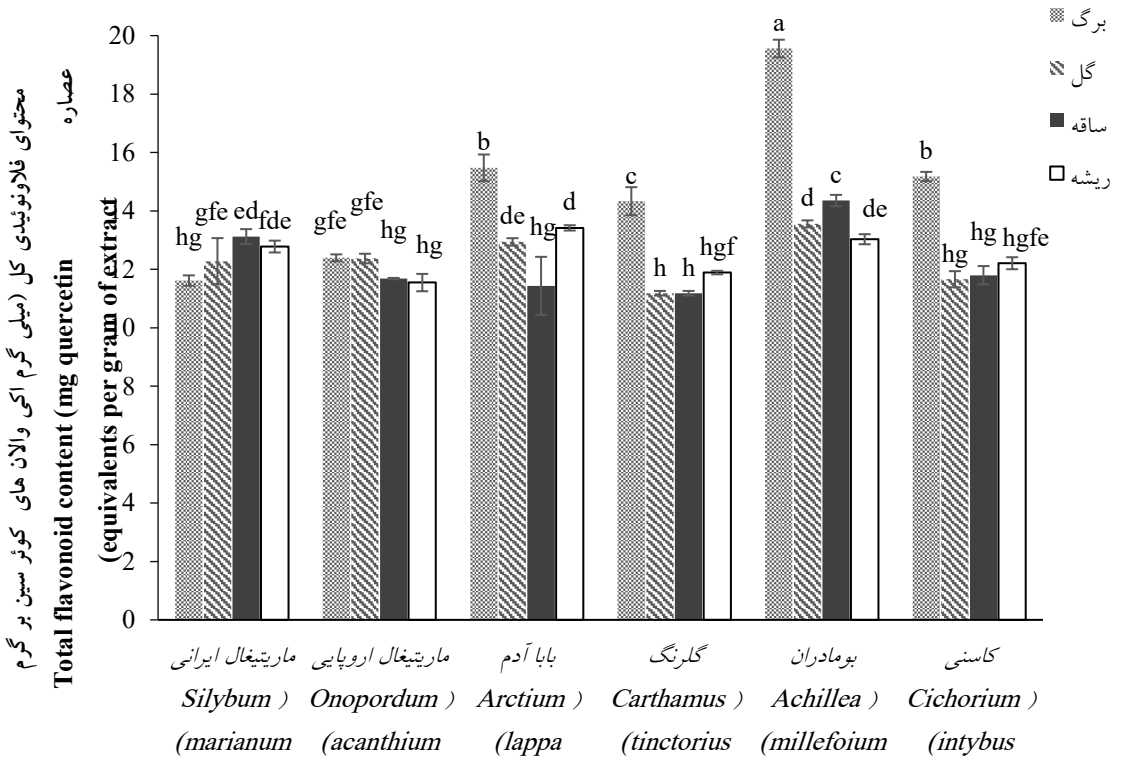
Figure 1 - Total phenolic content of methanolic extracts (in mg gallic acid/g dry weight) of six species of the Chicory family. Columns are the mean ± SE of three replicates, vertical bars indicate standard deviation, and different letters indicate significant differences at the 5% probability level based on the s.n.k. test

علاوه‌بر این، تحلیل مقایسه‌ای پروفایل‌های فنولی ریشه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنج گونه بومی و مهاجم *Solidago* L. از تیره کاسنی نشان داد محتوای فنولی ریشه‌های *S. virgaurea*، *S. gigantea* و *S. niederederi* از نظر آماری مشابه بودند، در حالی که ریشه‌های *S. canadensis* و *S. snarskisii* حاوی مقادیر کمتری از ترکیبات نسبت به سایر گونه‌ها بودند. این محققان نتیجه گرفتند، پروفایل‌های فنولی و فعالیت رادیکال‌زدایی مشاهده‌شده در عصاره‌های ریشه گونه‌های *Solidago*، بینش‌های ارزشمندی در مورد کاربردهای بالقوه آنها در زمینه‌های مختلف ارائه می‌دهد (Nalewajko-Sieliwoniuk *et al*., 2019).

محتوای فلاونوئیدکل

مقایسه میانگین محتوای فلاونوئید کل عصاره متانولی اندام‌های مختلف شش گونه از تیره کاسنی در شکل ۲ نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در برگ بومادران (۰/۳۰۱ ± ۱۹/۵۵ میلی‌گرم اکی‌والان کوئرستین بر گرم وزن خشک) و کمترین

مقدار محتوای فلاوونوئید کل مربوط به گل و ساقه گلرنگ (۰/۰۷۹ ± ۱۱/۱۸ میلی‌گرم اکی‌والان کوئرستین بر گرم وزن خشک) که با هم در یک گروه آماری قرار داشتند و اختلاف معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) نداشتند.



شکل ۲- محتوای فلاوونوئیدی عصاره‌های متانولی (بر حسب میلی‌گرم کوئرسین بر گرم وزن خشک) شش گونه از تیره کاسنی. ستون‌ها دارای میانگین سه تکرار ± SE می‌باشند و بارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار بوده و حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون s.n.k می‌باشد.

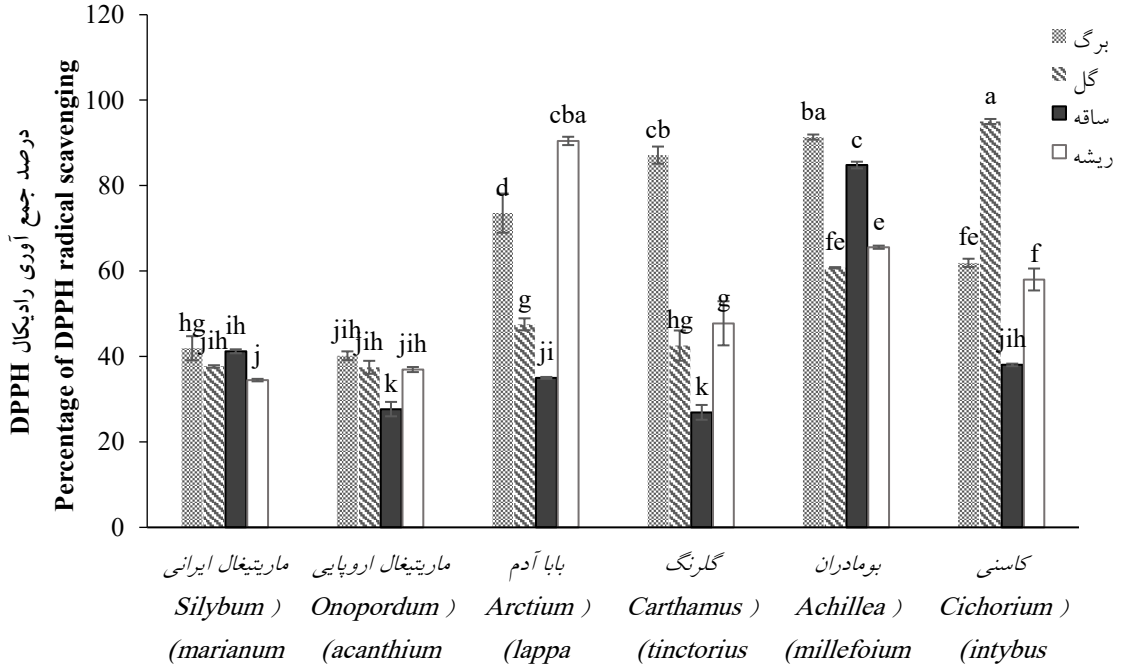
Figure 2. Flavonoid content of methanolic extracts (in mg quercetin/g dry weight) of six species of the Chicory family. Columns are the mean ± SE of three replicates, vertical bars indicate standard deviation, and different letters indicate significant differences at the 5% probability level based on the s.n.k. test.

در مقایسه بین میانگین داده‌های محتوای فلاوونوئیدی کل عصاره برگی شش تا گونه از تیره کاسنی بیشترین محتوای فلاوونوئید مربوط به برگ بومادران (۰/۲۹ ± ۱۹/۵۵ میلی‌گرم اکی‌والان‌های کوئرستین در گرم وزن خشک) و کمترین مقدار مربوط به عصاره متانولی برگ مارتیغال ایرانی (۰/۱۷ ± ۱۱/۶۱ میلی‌گرم اکی‌والان‌های کوئرستین در گرم وزن خشک) مشاهده گردید. عصاره متانولی برگی همه گونه‌ها از نظر این صفت دارای تفاوت معنی‌دار بودند و به ترتیب از بالاترین به پایین‌ترین شامل بومادران > باباآدم > کاسنی > گلرنگ > ماریتیغال اروپایی > ماریتیغال ایرانی بود. محتوای فلاوونوئید کل در گل شش گونه کاسنی نیز به ترتیب از بیشترین به کمترین به صورت بومادران > بابا آدم > ماریتیغال اروپایی و ایرانی > کاسنی > گلرنگ بود. محتوای فلاوونوئید کل در ساقه شش گونه از تیره کاسنی از بیشترین به کمترین عبارت بود از: بومادران > ماریتیغال ایرانی > ماریتیغال اروپایی و کاسنی و بابا آدم> گلرنگ و محتوای فلاوونوئید کل در ریشه شش گونه مورد مطالعه بصورت بابا آدم >

بومادران > ماریتیغال ایرانی > کاسنی و گلرنگ > ماریتیغال اروپایی بود. در تحقیقی دیگر که توسط رضایی و جامعی (۱۳۹۶) بر روی چند گونه از بومادران انجام گردید، میزان فلاوونوئید کل عصاره متانولی *A. millefoliu* (۰/۲ ± ۱۲/۰۳ میلی گرم اکی والان‌های کوئرستین بر گرم عصاره) و در گونه *A. setacea* (۰/۴ ± ۱۸/۵ میلی گرم اکی والان‌های کوئرستین بر گرم عصاره) گزارش شد.

درصد جمع‌آوری رادیکال DPPH

سنجش درصد رادیکال آزاد DPPH عصاره متانولی شش گونه از تیره کاسنی در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصله بیشترین درصد جمع آوری رادیکال آزاد DPPH مربوط به عصاره گل کاسنی (۰/۱۴۲۴۵ ± ۹۵/۰۱۴۲) و کمترین درصد مربوط به ساقه گلرنگ (۰/۲۱۷۶۰ ± ۲۶/۹۲) که اختلاف معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) با ساقه ماریتیغال اروپایی نداشت، نشان دادند. ارتباط مستقیمی بین محتوای فنولی یک عصاره با درصد جمع‌آوری رادیکال آزاد DPPH وجود دارد یعنی هر چه میزان فنول در یک عصاره گیاهی بیشتر باشد، توانایی آن عصاره برای جمع آوری رادیکال آزاد DPPH بیشتر خواهد بود.



شکل ۳- درصد جمع‌آوری رادیکال DPPH عصاره‌های متانولی شش گونه از تیره کاسنی؛ ستون‌ها دارای میانگین سه تکرار ± SE می‌باشند و بارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار بوده و حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون s.n.k می‌باشد.

Figure 3. Percentage of DPPH radical scavenging of methanolic extracts of six species of the Chicory family; columns are the mean ± SE of three replicates, and vertical bars indicate standard deviation, and different letters indicate significant differences at the 5% probability level based on the s.n.k. test

در مقایسه بین درصد جمع آوری رادیکال آزاد DPPH عصاره برگی شش گونه تیره کاسنی بیشترین درصد جمع آوری رادیکال آزاد DPPH در عصاره برگ بومادران (۰/۵۹۴۹۷± ۹۱/۳۵۸۰ درصد) و کمترین مقدار در برگ ماریتیغال اروپایی (۱/۰۲

± ۴۰/۱۷ درصد) مشاهده گردید که با برگ ماریتیغال ایرانی اختلاف معنی‌داری داشت. درصد جمع آوری رادیکال DPPH در برگ شش گونه از تیره کاسنی به ترتیب از بیشترین به کمترین به‌صورت: بومادران و گلرنگ > بابا آدم > کاسنی > ماریتیغال ایرانی و اروپایی بود. همچنین درصد رادیکال DPPH اندام زایشی شش گونه از تیره کاسنی به ترتیب از بیشترین به کمترین عبارت بود از کاسنی > بومادران > گلرنگ > باباآدم > ماریتیغال ایرانی و اروپایی. درصد رادیکال DPPH در ساقه شش گونه از تیره کاسنی به‌ترتیب از بیشترین به کمترین، بومادران > ماریتیغال ایرانی > کاسنی و بابا آدم> ماریتیغال اروپایی بود و در ریشه شش گونه از تیره کاسنی درصد رادیکال DPPH به ترتیب از بیشترین به کمترین بابا آدم > بومادران > کاسنی > گلرنگ > ماریتیغال ایرانی و اروپایی بود.

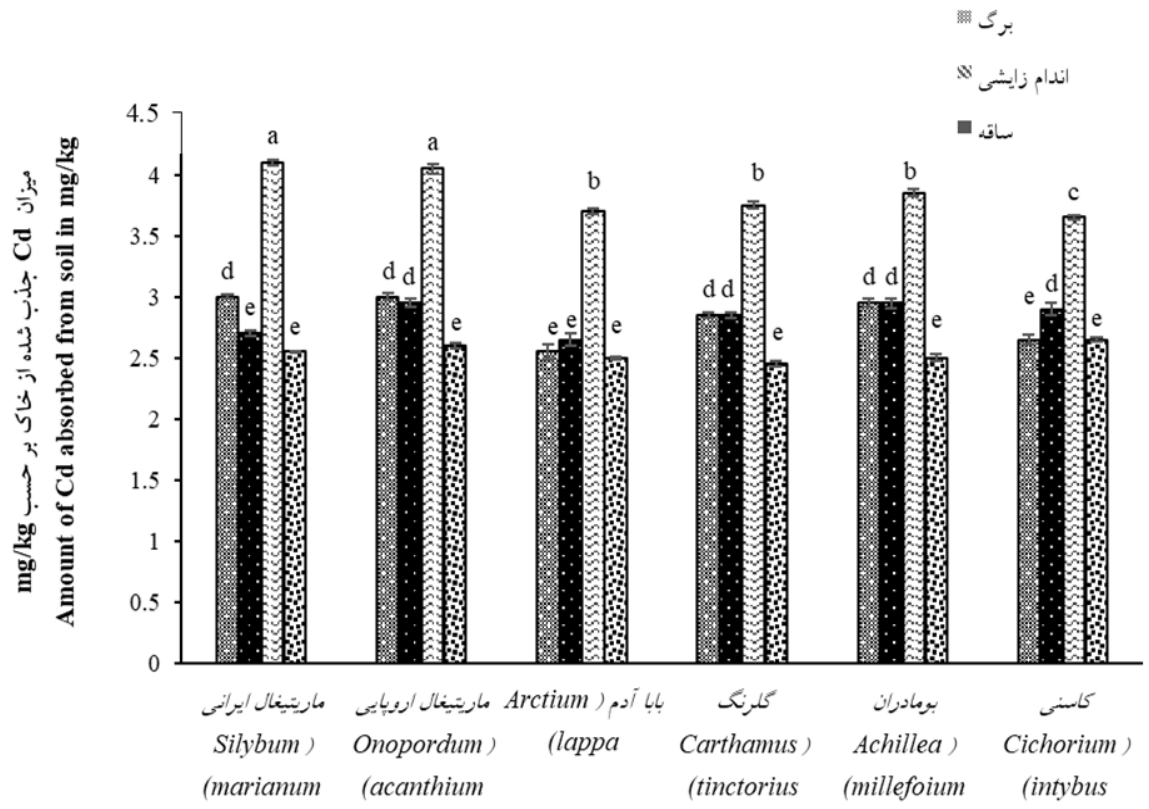
بررسی میزان غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در اندام‌های شش گونه از تیره کاسنی

میانگین‌های غلظت عنصر سمی کادمیوم را در بخش‌های مختلف شش گونه از تیره کاسنی در شکل ۴ نشان داده شده است. طبق بررسی‌های انجام شده غلظت اندازه‌گیری شده در اندام‌های برگ ماریتیغال ایرانی و برگ و زایشی ماریتیغال اروپایی و برگ و گل گلرنگ و برگ وگل بومادران و گل کاسنی از نظر آماری در یک گروه بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند. ساقه ماریتیغال ایرانی و اروپایی بیشترین غلظت کادمیوم را در بین گیاهان و اندام‌های مورد بررسی داشتند. نکته جالب توجه در اینجاست که غلظت کادمیوم در ساقه هر شش گونه بالاتر از بقیه از اندام‌های گیاهان و از حداکثر مقدار مجاز کادمیوم که سازمان بهداشت جهانی ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده، بیشتر است. Al-Khayri و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود، تجمع زیادی از عناصر کادمیوم و روی در گیاهان علفی وحشی خانواده Asteraceae در مقایسه با *Triticum aestivum* مشاهده کردند. شناسایی هر نوع فلز سنگین و سمی در گیاهان آلوده بخصوص در مورد گیاهان دارویی و برجسته کردن آن برای کنترل سلامت مصرف کنندگان لازم است (Zárate-Quiñones *et al*., 2021). از بین فلزات سنگین شناخته شده مختلف، کادمیوم به دلیل تحرک بالا و سمیت در غلظت‌های پایین، یکی از خطرناک‌ترین فلزات است. کادمیم (Cd) یکی از خطرناکترین آلاینده‌های خاک است که اثرات سوء آن شامل جلوگیری از رشد ریشه و اندام هوایی گیاه، کاهش شدید عملکرد محصول، تأثیر بر جذب عناصر غذایی و تعادل زیستی می‌باشد. کاهش زیست توده‌ی گیاه، پیامد مستقیم مسمومیت ناشی از کادمیم است که به واسطه‌ی جلوگیری کادمیم از سنتز کلروفیل و انجام فتوسنتز رخ می‌دهد. ممکن است که غلظت‌های بسیار بالای کادمیم منجر به کاهش جذب عناصر غذایی، جلوگیری از فعالیت‌های آنزیمی و القای تنش، که شامل دگرگونی در آنزیم‌های مربوط به فتوسیستم II اکسیداتیو است، شود. به علاوه، این فلز با تجمع در محصولات زراعی مهم و متعاقباً ورود به زنجیره‌های غذایی، معضلات بسیار جدی را برای سلامت و بهداشت انسان‌ها و حیوانات ایجاد می‌کند.

میزان غلظت سرب در اندام‌های گیاهان مورد مطالعه

سرب از فلزات سنگین بوده که دارای کارکرد زیستی مشخصی نمی‌باشد و از پتانسیل ایجاد مسمومیت برای گیاهان و سایر

موجودات زنده برخوردار است (Zulfiqar *et al*., 2019). فلز سمی سرب به اعصاب آسیب رسانده و موجب بیماری‌های خونی و عفونی می‌شود (Mitra *et al*., 2022). گیاهان توانایی زیادی در جذب سرب از طریق ریشه‌های خود دارند در حالی‌که انتقال سرب به بخش‌های هوایی گیاهان بسیار محدود انجام می‌گیرد (Mitra *et al*., 2020).

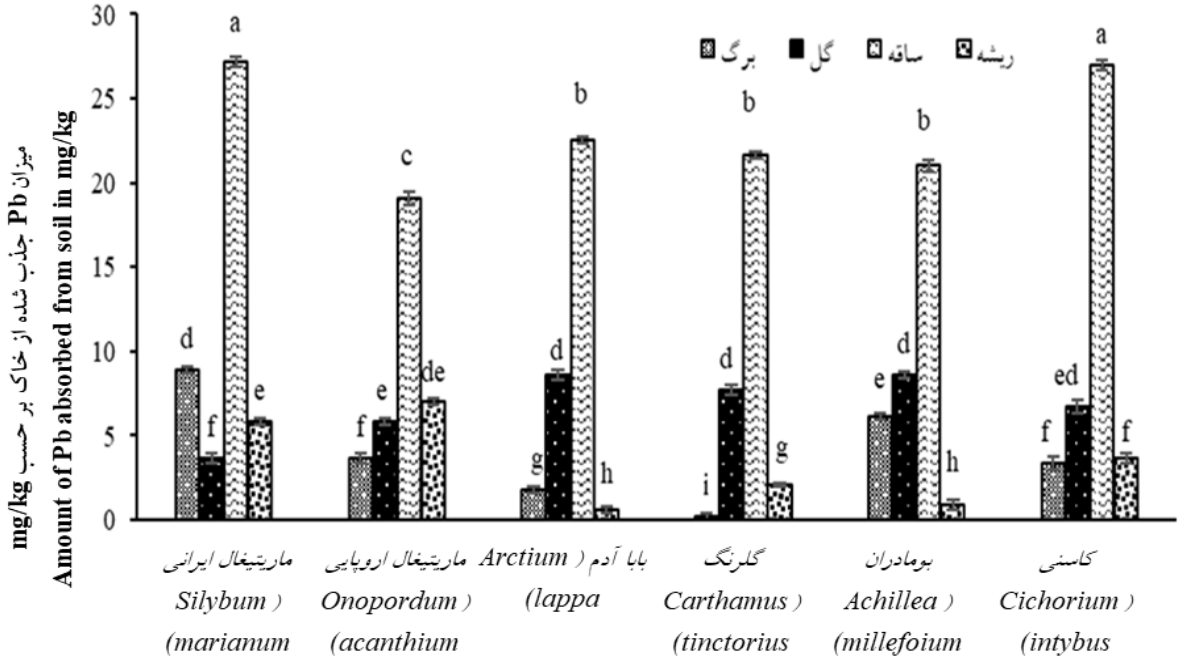


شکل ۴- غلظت عنصر کادمیوم در اندام‌های شش گونه از تیره کاسنی؛ ستون‌ها دارای میانگین سه تکرار ± SE می‌باشند و بارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار بوده و حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون s.n.k می‌باشد.

Figure 4. Cadmium concentration in organs of six species of the Chicory family; columns are the mean ± SE of three replicates, and vertical bars indicate standard deviation, and different letters indicate significant differences at the 5% probability level based on the s.n.k. test

این دستاورد محققان با نتایج این پژوهش که غلظت سرب در ساقه هر شش گونه بیشترین مقدار و بیشتر از غلظت آن در ریشه است، همخوانی ندارد. بیشترین غلظت فلز سرب در ساقه ماریتیغال ایرانی (۰/۲ ± ۲۷/۱۵) و کاسنی بود که با هم در یک گروه آماری بودند و با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. ساقه‌های ماریتیغال اروپایی و بابا آدم و گلرنگ نیز غلظت مشابهی از فلز سرب را داشته و در یک گروه آماری جای گرفتند. برگ ماریتیغال ایرانی و ریشه اروپایی، گل بابا آدم و گلرنگ و بومادران و کاسنی در یک گروه آماری بوده و دارای غلظت مشابهی بودند. ریشه ماریتیغال ایرانی و گل اروپایی و برگ بومادران در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). در پژوهش‌های محققان در کشور پاکستان از بررسی فلزات سنگین در گیاهان دارویی میانگین غلظت سرب (۰/۹۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده که با نتایج ما اختلاف زیادی دارد. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) در یک

مطالعه مروری روی گیاه پالایی گیاه آفتابگردان از تیره کاسنی نشان دادند که توزیع سرب در اندام‌های مختلف آفتابگردان از غلظت قابل جذب این عناصر در خاک تبعیت می‌کند و با افزایش غلظت سرب قابل جذب در خاک، غلظت آن در گیاه نیز افزایش می‌یابد و گزارش دادند که غلظت سرب و کادمیوم جذب شده در بخش‌های هوایی گیاه آفتابگردان نسبت به ریشه آن بیشتر بوده است و این نتایج با نتایج پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد. با توجه به برداشت نامعلوم گیاهان دارویی از طبیعت و عدم نظارت و نبود مقررات ملی برای جمع آوری گیاهان وحشی (طبیعی) و احتمال آلوده بودن خاک به فلزات سنگین و سمی، ممکن است در مواردی این عناصر در گیاهان دارویی انباشته شوند. لذا باید در مصرف گیاهان دارویی احتیاط‌های لازم صورت بگیرد.



شکل ۵- غلظت عنصر سرب در اندام‌های شش گونه از تیره کاسنی؛ ستون‌ها دارای میانگین سه تکرار ± SE می‌باشند و بارهای عمودی نشان‌دهنده‌ی انحراف معیار بوده و حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون s.n.k می‌باشد.

Figure 5. Concentration of lead in organs of six species of the Chicory family; columns are the mean ± SE of three replicates, and vertical bars indicate standard deviation, and different letters indicate significant differences at the 5% probability level based on the s.n.k. test

نتیجه‌گیری کلی

هزاران سال است که گیاهان دارویی از مهمترین منابع دارویی محسوب می‌شوند و با داشتن مواد مواد مؤثره ارزشمند در برخی از اندام‌های خود جهت درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌کار می‌روند. ترکیبات فنولی دسته‌ای از ترکیبات شیمیایی هستند که اثرات درمانی و حفاظتی بسیاری به آنها نسبت داده شده است. در بین گیاهان تیره کاسنی، انواع دارویی متجاوز از ۱۸۰ نمونه در دنیا وجود دارد که ۱۳ نوع از آن در کدکس ۱۹۳۷ ذکر گردیده است. از لحاظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی ریشه و شاخصاره شش گونه از تیره کاسنی دارای پتانسیل بالایی بوده و در مجموع همه گونه‌ها فعالیت پاداکسایشی بالایی را

نمایان ساختند، اما بالاترین این ویژگی به گل کاسنی تعلق داشت. اندام زایشی کاسنی با بیشترین ظرفیت جاروب کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۰/۱۴۲ ± ۹۵/۰۱۴) مفیدتر و پربازده‌تر از بقیه بود که این توانایی می‌تواند به ترکیبات فنولی مربوط باشد. حد مجاز آلودگی به کادمیوم و سرب در گیاهان بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، به ترتیب ۰/۰۲ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نکته جالب توجه در غلظت فلزات سمی کادمیوم و سرب در ساقه این گیاهان بود غلظت سرب و کادمیوم در ساقه هر شش گونه در حد بالاتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی بود. غلظت سرب در اندام‌های دیگر از حد مجاز پایین‌تر بود اما غلظت کادمیوم در اندام‌های دیگر نیز از حد مجاز بالاتر بود. مطالعات مختلف بر روی گیاهان دارویی مختلف نشان داده‌اند که مواد مؤثره و خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی هیچگاه ثابت نبوده و متناسب با مراحل رشد گیاه ونوع گیاه و شرایط متفاوت محیطی قابل تغییر است و بنابراین کاملاً وابسته به فاکتورهای محیطی (ارتفاع، خاک، دما و رطوبت و ...)، شرایط رویشگاهی، زمان برداشت، تنوع ژنتیکی گیاه است. به نظر می‌رسد انجام تحقیقاتی جامع در زمینه رویشگاه، مؤثر باشد تا این گیاهان بتوانند در صنایع دارویی و غذایی به بهترین نحو مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

Bahmankar, M., Mortazavian, S. M. M., Tohidfar, M., Sadat Noori, S. A., Izadi Darbandi, A., Corrado, G., and Rao, R. (2017). Chemical compositions, somatic embryogenesis, and somaclonal variation in cumin. *BioMed Research International* 2017: 7283806.

Briffa, J., Sinagra, E., and Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon* 6.

Burits, M., and Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy research* 14: 323-328.

Davis, C. C., and Choisy, P. (2024). Medicinal plants meet modern biodiversity science. *Current Biology* 34:158-173.

Duda, Ł., Kłosiński, K. K., Budryn, G., Jaśkiewicz, A., Kołat, D., Kałuzińska-Kołat, Ż., and Pasieka, Z. W. (2024). Medicinal use of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Scientia Pharmaceutica* 92: 31.

Emami, A. (1996). Plant Analysis Methods. Technical Publication No. 982. Water and Soil Institute Publications, Tehran. 202 pages.

Garsiya, E. R., Konovalov, D. A., Shamilov, A. A., Glushko, M. P., and Orynbasarova, K. K. (2019). Traditional medicine plant, *Onopordum acanthium* L.(Asteraceae): chemical composition and pharmacological research. *Plants* 8: 40.

Hosseini, S., Imenshahidi, M., Hosseinzadeh, H., and Karimi, G. (2018). Effects of plant extracts and bioactive compounds on attenuation of bleomycin-induced pulmonary fibrosis. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 107: 1454-1465.

Janda, K., Gutowska, I., Geszke-Moritz, M., and Jakubczyk, K. (2021). The common cichory (*Cichorium intybus* L.) as a source of extracts with health-promoting properties—a review. *Molecules* 26: 1814.

Jangjoo, M., Joshaghani, A., and Tahernejadgatabi, F. (2023). The role of *Achillea millefolium* in traditional medicine: A review of its use in different cultures. *Journal of Multidisciplinary Care* 12: 152-156.

Jia-Xi, L., Chun-Xia, Z., Ying, H., Meng-Han, Z., Ya-Nan, W., Yue-Xin, Q., Jing, Y., Wen-Zhi, Y., Miao-Miao, J., and De-An, G. (2019). Application of multiple chemical and biological approaches for quality assessment of *Carthamus tinctorius* L.(safflower) by determining both the primary and secondary metabolites. *Phytomedicine* 58: 152826.

Kumar, S., Yadav, M., Yadav, A., and Yadav, J. (2017). Impact of spatial and climatic conditions on phytochemical diversity and in vitro antioxidant activity of Indian *Aloe vera* (L.) Burm. f. *South African journal of botany* 111: 50-59.

La Bella, S., Tuttolomondo, T., Lazzeri, L., Matteo, R., Leto, C., and Licata, M. (2019). An agronomic evaluation of new safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for seed and oil yields under Mediterranean climate conditions. *Agronomy* 9: 468.

Machado, I. F., Miranda, R. G ,.Dorta, D. J., Rolo, A. P., and Palmeira, C. M. (2023). Targeting oxidative stress with polyphenols to fight liver diseases. *Antioxidants* 12: 1212.

Maleki, M., Ghorbanpour, M., and Kariman, K. (2017). Physiological and antioxidative responses of medicinal plants exposed to heavy metals stress. *Plant gene* 11: 247-254.

Marrelli, M. (2021). Medicinal plants. Vol. 10, pp. 1355. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

Mitra, A., Chatterjee, S., Voronina, A. V., Walther, C., and Gupta, D. K. (2020). Lead toxicity in plants: a review. *Lead in Plants and the Environment*, 99-116.

Mitra, S., Chakraborty, A. J., Tareq, A. M., Emran, T. B., Nainu, F., Khusro, A., Idris, A. M., Khandaker, M. U., Osman, H., and Alhumaydhi, F. A. (2022). Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University-Science* 34: 101865.

Mohammadi, M., Nisi, A., Vosoughi, M., Mohammadi, B., Naeemabadi, A., and Hashemzadeh B. (2014). Phytoremediation of heavy metals by sunflower: a review study. *Quarterly Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*, 2 (2).

Mukherjee, S., Chatterjee, N., Sircar, A., Maikap, S., Singh, A., Acharyya, S., and Paul, S. (2023). A comparative analysis of heavy metal effects on medicinal plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 195: 2483-2518.

Nalewajko-Sieliwoniuk, E., Pliszko, A., Nazaruk, J., Barszczewska, E., and Pukszta, W. (2019). Comparative analysis of phenolic compounds in four taxa of *Erigeron acris* sl (Asteraceae). *Biologia* 74: 1569-1577.

Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I., and Sato, T. (2002). Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7524-7529.

Osmani, M., Bani, A., & Hoxha, B. (2015). Heavy metals and Ni phytoextractionin in the metallurgical area soils in Elbasan. *Albanian Journal of Agricultural Sciences* 14(4): 414.

Rahman, M. M., Rahaman, M. S., Islam, M. R., Rahman, F., Mithi, F. M., Alqahtani, T., Almikhlafi, M. A., Alghamdi, S. Q., Alruwaili, A. S., and Hossain, M. S. (2021). Role of phenolic compounds in human disease: Current knowledge and future prospects. *Molecules* 27: 233.

Rezaei, F., and Jamei, R. (2017). Phytochemical and antioxidant evaluation of the essential oil of the roots of two species *Achillea millefolium* and *Achillea biebersteinii* in their natural habitat in Guilan Province. Quarterly Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants, 20(4): 45-55

Wang, X ,.Zhang, Z., and Wu, S.-C. (2020). Health benefits of *Silybum marianum*: Phytochemistry, pharmacology, and applications. *Journal of agricultural and food chemistry* 68: 11644-11664.

Wijeratne, S. S., Abou-Zaid, M. M., and Shahidi, F. (2006). Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 312-318.

Yosri, N., Alsharif, S. M., Xiao, J., Musharraf, S. G., Zhao, C., Saeed, A., Gao, R., Said, N. S., Di Minno, A., and Daglia, M. (2023). *Arctium lappa* (Burdock): Insights from ethnopharmacology potential, chemical constituents, clinical studies, pharmacological utility and nanomedicine. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 158: 114104.

Zárate-Quiñones, R. H., Custodio, M., Orellana-Mendoza, E., Cuadrado-Campó, W. J., Grijalva-Aroni, P. L., and Peñaloza, R. (2021). Determination of toxic metals in commonly consumed medicinal plants largely used in Peru by ICP-MS and their impact on human health. *Chemical Data Collections* 33: 100711.

Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry* 64: 555-559.

Zulfiqar, U., Farooq, M., Hussain, S., Maqsood, M., Hussain, M., Ishfaq, M., Ahmad, M., and Anjum, M. Z. (2019). Lead toxicity in plants: Impacts and remediation. *Journal of environmental management* 250: 109557.