Biochemical Characteristics and Medicinal Value of Some Native Plant Species in Khuzestan Province

Pages 23-37

F. Borna[1*] and K. Negarash[2]

1 & 2) Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

*Corresponding author**: borna@asnrukh.ac.ir**

Received date: 2024.03.18 **Accepted date: 2024.06.12**

Abstract

This study examined the biochemical characteristics and antioxidant properties of four native plant species from Khuzestan Province, including *Verbascum kochiiforme*, *Jurinea cartilaginea*, *Centaurea pabotii*, and *Phlomis bruguieri*. The results revealed significant differences among these species in terms of total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity. The species *Centaurea pabotii* exhibited the highest levels of total phenolics (591.98 mg per 100 g dry weight) and total flavonoids (186.16 mg per 100 g dry weight). Moreover, it demonstrated the lowest IC50 values in DPPH and ABTS assays, identifying it as the species with the highest antioxidant capacity. Other species also displayed notable amounts of phenolic and flavonoid compounds, but their potential was not as high as that of *C. pabotii*. Correlation analysis showed a strong positive relationship between total phenolic and flavonoid contents. Additionally, a moderate to strong negative correlation was observed between total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity (IC50), indicating a direct impact of these compounds on enhancing antioxidant capacity. This study underscores the significance of Khuzestan's native species as valuable natural resources and recommends their sustainable utilization in pharmaceutical, food, and cosmetic industries, along with biodiversity conservation efforts.

Keywords: Antioxidant activity, *Centaurea pabotii*, Total phenol and Total flavonoid.

بررسی خصوصات بیوشیمیایی و ارزش دارویی برخی گونه‌های بومی استان خوزستان

فاطمه برنا*[۱] و کاظم نگارش[۲]

۱ و ۲) گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

*نویسنده مسئول: **borna@asnrukh.ac.ir**

شماره صفحات
۲۳-۳۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

این پژوهش به بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی چهار گونه گیاهی بومی استان خوزستان شامل *Verbascum kochiiforme*، *Jurinea cartilaginea*، *Centaurea pabotii* و *Phlomis bruguieri* پرداخته است. نتایج نشان داد که میان این گونه‌ها از نظر میزان فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت معناداری وجود دارد. گونه *Centaurea* pabotii بالاترین میزان فنل کل (۵۹۱.۹۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک) و فلاونوئید کل (۱۸۶.۱۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم ماده خشک) را دارا بود. همچنین، این گونه با کمترین مقدار IC50 در آزمون‌های DPPH و ABTS به‌عنوان برترین گونه از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شناخته شد. گونه‌های دیگر نیز مقادیر قابل‌توجهی از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی داشتند، اما به‌اندازه *C. pabotii*پتانسیل بالایی نشان ندادند. تحلیل همبستگی نشان داد که ارتباط قوی و مثبت بین محتوای فنل کل و فلاونوئید کل وجود دارد. همچنین، ارتباط منفی متوسط تا قوی بین فنل کل و فلاونوئید کل با فعالیت آنتی‌اکسیدانی (IC50) مشاهده شد، که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. این مطالعه بر اهمیت گونه‌های بومی خوزستان به‌عنوان منابع طبیعی ارزشمند تأکید داشته و استفاده پایدار از آن‌ها در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی و حفاظت از تنوع زیستی را پیشنهاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: فنل کل، فلاونوئید کل، خاصیت آنتی اکسیدانی و *Centaurea pabotii*.

مقدمه

استان خوزستان، با مساحتی حدود ۶/۵ میلیون هکتار، در جنوب‌غرب ایران واقع شده است و از نظر توپوگرافی شامل دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای است. بخش کوهستانی در شمال و شمال شرق استان، تحت تأثیر ناحیه گیاهی ایرانی-تورانی و بخش جلگه‌ای در جنوب استان، متعلق به ناحیه صحارا-سندی است که به ترتیب از قلمروهای گیاهی هولارکتیک و پالئوتروپیک محسوب می‌شوند (Zohary, 1963). این تنوع جغرافیایی، باعث تنوع اقلیمی در استان شده و وجود اقلیم‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌طور عمده، گونه‌های متنوعی از پوشش گیاهی را در این منطقه ایجاد کرده است. این استان با دارا بودن ۸ نوع شکل رویشی از جمله درختچه‌زارهای استپی، جنگل‌های زاگرس و گیاهان آبزی، از پوشش گیاهی منحصربه‌فردی برخوردار است که باعث شده است خوزستان به‌عنوان یک منطقه با غنای گیاهی خاص در ایران شناخته شود (Salehi *et al*., 1999; Fattahi, 1994; Dinarvand, and Sharifi, 2009). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های استان خوزستان، تنوع گونه‌های گیاهی آن است که با توجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافیک این منطقه، در مدت کوتاهی از سال، به ویژه از اسفندماه تا خرداد، به اوج خود می‌رسد. این تنوع گیاهی، فرصتی مناسب برای شناسایی و بهره‌برداری از گونه‌های دارویی بومی ایجاد کرده است (Khodayari *et al*., 2015). گیاهان دارویی، به دلیل خواص درمانی و استفاده‌های سنتی و صنعتی، از دیرباز مورد توجه بوده‌اند. اسانس‌ها و ترکیبات معطر و دارویی این گیاهان، علاوه بر کاربردهای طبی، در صنایع غذایی و آرایشی نیز جایگاه ویژه‌ای دارند (Shibamoto *et al*., 2010; Van Vuuren *et al*., 2009). این ترکیبات غالباً به متابولیت‌های ثانویه نسبت داده می‌شوند؛ موادی که به‌عنوان دفاع طبیعی گیاهان در برابر گیاه‌خواران و بیماری‌ها عمل می‌کنند و نقش مهمی در جذب گرده‌افشان‌ها ایفا می‌کنند (Patel and Krishnamurthy, 2013). خوزستان، با داشتن ۱۰۲۷ گونه گیاهی که به ۱۰۲ تیره تعلق دارند، از جمله تیره‌های مرکبان، حبوبات، گندمیان، چتریان و نعنائیان، یکی از استان‌های غنی از نظر تنوع گیاهی در ایران به شمار می‌آید (Dinarvand, 2021). تیره‌های مرکبان(Asteraceae)، با ۱۴۳ گونه و حبوبات (Fabaceae)، با ۸۸ گونه، سهم قابل‌توجهی از پوشش گیاهی استان را تشکیل می‌دهند (Parishani and Negaresh, 2018; Dinarvand, 2021). از این رو، انجام پژوهش‌های جامع برای شناسایی دقیق گونه‌های گیاهی و بررسی ویژگی‌های دارویی آنها در استان خوزستان اهمیت ویژه‌ای دارد. شناخت دقیق و علمی گونه‌های گیاهی، به‌ویژه گونه‌های بومی، اهمیت زیادی در حفظ تنوع زیستی و استفاده بهینه از منابع طبیعی دارد. استان خوزستان، با توجه به تنوع توپوگرافیک و اقلیمی، محیط مناسبی برای رشد گونه‌های مختلف گیاهی از جمله گیاهان دارویی است. از این رو، شناسایی و بررسی گیاهان دارویی بومی این استان می‌تواند در افزایش تعداد گونه‌های مقاوم و حفاظت از گونه‌های در حال انقراض نقش داشته باشد. همچنین، این تحقیقات می‌توانند به استفاده اصولی از گیاهان دارویی و توسعه کشت گونه‌های اقتصادی و مفید کمک کنند (Dinarvand *et al*., 2015). پژوهش‌های مختلف نشان داده‌اند که استان خوزستان، به‌ویژه در مناطق کوهستانی آن، دارای گونه‌های منحصربه‌فردی از گیاهان دارویی است. برای نمونه، در

تحقیقاتی که در منطقه حفاظت شده شیبمار انجام شده، بیش از ۱۸۹ گونه گیاهی شناسایی شده است که شامل خانواده‌های مهمی همچون Asteraceae ، Poaceae، Lamiaceae و Fabaceae هستند (Dinarvand *et al*., 2015). همچنین، پژوهش‌ها حاکی از آن است که این منطقه دارای گیاهانی با خواص دارویی منحصربه‌فردی است که می‌تواند در درمان بیماری‌های مختلف از جمله بیماری‌های دستگاه تنفسی، عصبی و گوارشی مؤثر باشد (Khodayari *et al*., 2014). اما این استان علی رغم داشتن یکی از غنی‌ترین مناطق از نظر تنوع گیاهی، با چالش‌هایی مانند کاهش تنوع زیستی، تخریب زیستگاه‌ها و بهره‌برداری غیر اصولی از منابع طبیعی مواجه است. با توجه به اهمیت و ارزش دارویی گیاهان بومی استان خوزستان، این پژوهش با هدف شناسایی و بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و خواص دارویی چهار گونه بومی استان خوزستان انجام شده است. در این راستا، گیاهان *Centaurea pabotii* ،*Jurinea cartilaginea* Mozaff. ،*Verbascum kochiiforme* Boiss. & Hausskn. Wagenitz و *Phlomis bruguieri* Desf. به‌عنوان نمونه‌های مورد بررسی انتخاب شده‌اند. هدف اصلی این پژوهش ارائه اطلاعات علمی دقیق در مورد ارزش دارویی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گونه‌های مورد مطالعه است. شناسایی گونه‌های باارزش از نظر دارویی و آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به اولویت‌بندی در حفاظت از گونه‌های در معرض خطر انقراض کمک کند. همچنین مستندسازی ویژگی‌های بومی گونه‌ها باعث افزایش آگاهی عمومی و مسئولین در مورد اهمیت حفظ این منابع می شود. نتایج این تحقیق می‌تواند راهنمایی برای بهره‌برداری اصولی و پایدار از گیاهان دارویی بومی، بدون آسیب به اکوسیستم‌های طبیعی، ارائه دهد. همچنین شناسایی گونه‌های با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا، می‌تواند منجر به توسعه استراتژی‌هایی برای کشت و استفاده پایدار از گونه‌ها به‌منظور کاهش فشار بهره‌برداری مستقیم از طبیعت شود و به توسعه محصولات دارویی، غذایی و آرایشی با استفاده از منابع طبیعی منطقه کمک کند. از سوی دیگر، استفاده از گونه‌های بومی مقاوم به شرایط سخت اقلیمی می‌تواند راهکاری برای مقابله با اثرات تغییرات اقلیمی و تخریب زیستگاه‌ها باشد. در نتیجه، این پژوهش نه‌تنها به شناخت بهتر از فلور بومی خوزستان کمک می‌کند، بلکه به ایجاد رویکردهای کاربردی برای حفاظت از منابع طبیعی و توسعه اقتصادی پایدار منطقه کمک می‌کند.

مواد و روش

پیکر رویشی گیاهان در سال ۱۴۰۳ از مناطق مختلف استان خوزستان با مختصات جغرافیایی مطابق جدول شماره ۱ جمع آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده براساس منابع فلوری جامع مانند فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1965-1988) و فلور ایران (Assadi *et al*., 1988-2010) شناسایی شدند. همچنین یک نمونه از هر گونه در هرباریوم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (KHAU) نگهداری شد. سپس در شرایط آزمایشگاه و در داخل خشک‌کن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو روز خشک شد و در جای سرد و خشک برای انجام کارهای بعدی نگهداری شد. مشخصات مناطق جمع آوری شده در جدول شماره آمده است.

جدول ۱. ویژگی‌های جغرافیایی مناطق جمع آوری گونه‌های مورد مطالعه در خوزستان

Table 1. Geographical features of areas where the studied species were collected in Khuzestan

No	Scientific name	Family name	Altitude (m)	Longitude/Latitude
1	*Verbascum kochiiforme*	Verbenaceae	30	30° 41′ 39.6″ N, 49° 46′ 49.6″ E
2	*Jurinea cartilaginea*	Asteraceae	650	30° 50′ 45.1″ N, 50° 13′ 22.2″ E
3	*Centaurea pabotii*	Asteraceae	350	31° 54′ 34.12″ N, 49° 70′ 81.59″ E
4	*Phlomis bruguieri*	Lamiaceae	780	32° 02′ 26.7″ N, 49° 20′ 44.5″ E

ارزیابی بیوشیمیایی

تهیه عصاره متانولی

برای تهیه عصاره متانولی ۰/۱ گرم نمونه خشک گیاهی پودر شده در ۱۰ سی سی متانول ۸۰ درصد حل گردید و محلول حاصل ۴۸ ساعت در انکوباتور شیکردار با دمای ۴۲ درجه قرار داده شد. سپس عصاره حاصل صاف شده و برای تعیین مقدار ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و خاصیت آنتی اکسیدانی استفاده شد.

تعیین مقدار فنل کل

مقدار فنل کل با معرف فولین-سیکالتو[1] تعیین شد (Ghasemnejad, *et al*., 2011). برای سنجش مقدار فنل کل، ابتدا آزمایش را برای دامنه بزرگی از یک نمونه به عنوان مثال ۵ تا ۲۰۰ میکرولیتر انجام داده تا حجم مناسب نمونه عصاره برای ادامه کار مشخص شود. مقدار ۱۲۵ میکرو لیتر از عصاره رقیق شده انتخاب و با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میکرولیتر رسانده شد. سپس به آن ۲/۵ میلی لیتر معرف فولین اضافه گردید و پس از ۶ دقیقه قراردادن در تاریکی، دو میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۹۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در تاریکی قرار گرفتند. در نهایت جذب آن در ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. منحنی استاندارد توسط غلظت‌های مختلفی ۵ تا ۱۰۰ میلی گرم در میلی لیتر از اسید گالیک تهیه و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط $y=0.002x+0.2331$ $R^2 = 0.9924$بدست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت بدست آمد. میزان فنل کل و استاندارد فنل از روی میزان جذب نمونه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰گرم ماده خشک بیان شد (Ghasemnejad, *et al*., 2011).

تعیین مقدار فلاونوئیدهای کل

برای تعیین مقدار فلاونوئید کل از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم (Chang *et al*., 2002) استفاده شد. هر کدام از عصاره‌های متانولی گیاهی (۲۰۰ میکرولیتر) به صورت جداگانه با ۱/۵ میلی لیتر متانول، ۰/۱ میلی لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰٪ متانولی)، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۱ میلی لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به

[1] Folin-Ciocalteu

مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب هر ترکیب واکنشی در ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. منحنی استاندارد با محلول روتین[۲] (ساخت شرکت سیگما) متانولی در غلظت‌های ۱۰-۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر تهیه شد و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط y=0.0743x+0.0413 بدست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت بدست آمد.

فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از رادیکال آزاد DPPH

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از رادیکال آزاد DPPH[3] (Sun *et al.*, 2007)، ابتدا عصاره‌های گیاهی در غلظت‌های متفاوت (۵-۵۰۰ میکرولیتر) در متلنل خالص تهیه شد. سپس آزمایش بر روی نمونه انجام تا غلظت مناسب تعیین گردد. در اینجا ۴۰ میکرولیتر غلظت مناسب تعیین شد. سپس نمونه با متانول ۱۰۰ درصد به حجم ۱۰۰ میکرولیتر رسانده و به آن ۳۵۰ میکرولیتر DPPH یک میلی مولار اضافه گردید. سپس کل حجم را به غلظت ۲میلی لیتر رسانده و جذب نمونه‌ها بعد از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در ۵۱۷ نانومتر اندازه گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد.

رابطه ۱: $R\% = AD - AS/AD \times 100$

R% = درصد مهارکنندگی، AD : جذب DPPH در ۵۱۷ نانومتر، AS : جذب نمونه ها در ۵۱۷ نانومتر برای مقایسه فعالیت عصاره ها از پارامتر IC50 استفاده شد (IC50 غلظتی از عصاره است که ۵۰ درصد رادیکال های آزاد را مهار می‌کند).

فعالیت آنتی اکسیدانی براساس مهار رادیکال آزاد ABTS

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس مهار رادیکال ABTS (Noshad *et al.*, 2021)، ابتدا حجم یکسانی از محلول ۷ میلی‌مولار ABTS و ۲/۴۵ میلی‌مولار K2S2O8 با هم مخلوط شده و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۶ ساعت در شرایط تاریک نگه‌داری شد. محلول کاتیونی رادیکال ABTS به دست آمده سپس با متانول رقیق شد تا به جذب ۰/۲ ± ۰/۷ در ۷۳۴ نانومتر برسد. پس از آن، عصاره (۰/۱ میلی‌لیتر) با محلول رادیکالABTS (۳/۹ میلی‌لیتر) مخلوط شد و محلول به‌دست‌آمده به مدت ۶ دقیقه در دمای محیط نگهداری شد و سپس جذب آن در ۷۳۴ نانومتر(AS) در برابر نمونه شاهد (متانول؛ AD) اندازه‌گیری شد. فعالیت مهار رادیکال ABTS عصاره مطابق رابطه ۲ محاسبه شد:

رابطه ۲: $I\% = ((AD - AS)/AD) \times 100$

فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر حسب IC ۵۰ نشان داده شد (غلظت مؤثر عصاره برای مهار ۵۰ درصد رادیکالهایABTS).

[2] Rutin
3 2,2-Diphenyl- Picryl- Hydrazyl

تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۴.۴.۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام شد و همبستگی میان داده‌ها براساس رابطه همبستگی پیرسون بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که گونه‌های بومی تأثیر معناداری بر همه صفات فیزیولوژیک مورد بررسی دارند (جدول ۲). برای همه صفات مورد مطالعه، شامل فنل کل(TP) ، فلاونوئید کل(TF) ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی براساس رادیکال‌های DPPHوABST بر مبنایIC50 اثر تیمارها در سطح احتمال ۱٪ ($p < 0.01$) معنی‌دار است. این نتیجه نشان می‌دهد که گونه های مختلف تفاوت قابل توجهی از نظر این صفات داشته‌اند. این اختلاف می‌تواند به‌دلیل تفاوت‌های ژنتیکی یا شرایط زیستی گونه‌های بومی باشد.

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیک در برخی گونه‌های بومی .

Table 2. The analysis of variance of some physiological characteristics in some native species.

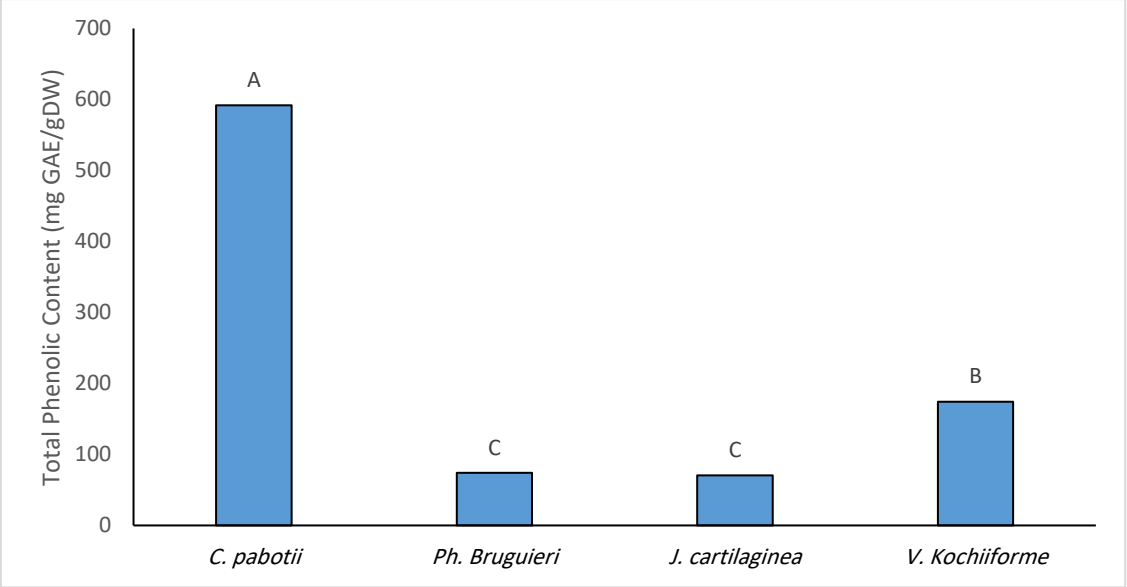
Source	DF	Mean Square			
		TP	TF	DPPH	ABST
Treat	3	367780.97**	40952.87**	0.106**	0.071**
Error	20	4027.92	154.05	0.001	0.051
C*V*. (%)	-	27.84	18.22	8.01	15.11

TP (فنل کل)، TF (فلاونوئید کل)، DPPH (IC50 براساس رادیکال DPPH)، ABST (IC50 براساس رادیکال ABST)

TP (Total Phenol), TF (Total Flavonoid), DPPH (IC50 based on DPPH), ABST (IC50 based on DPPH)

نتایج بررسی مقدار فنل کل نشان می دهد فنل کل در گونه‌های مختلف به‌طور معناداری تفاوت دارد. گونه *C. pabotii* با مقدار ۵۹۱/۹۸ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده‌خشک و رتبه A بالاترین میزان فنل کل را دارد. گونه *V. kochiiforme* با مقدار ۱۷۴/۰۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده‌خشک و رتبه B در جایگاه دوم قرار دارد. گونه‌های *J. cartilaginea* و *Ph.bruguieri* به ترتیب با مقادیر ۷۴/۰۳ و ۷۰/۵۵ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده‌خشک رتبه C کمترین میزان فنل کل را نشان داده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل بالای گونه *C. pabotii* برای تولید ترکیبات فنلی است. ترکیبات فنلی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی عمل می‌کنند. این ترکیبات از نظر بیولوژیکی و اکولوژیکی بسیار مهم‌اند. ترکیبات فنلی به‌دلیل داشتن ساختارهای شیمیایی خاص (گروه‌های هیدروکسیل)، توانایی بالایی در مهار رادیکال‌های آزاد دارند (Liu *et al*., 2023). این رادیکال‌ها در استرس اکسیداتیو نقش دارند که باعث آسیب به سلول‌ها و در نهایت پیری زودرس، سرطان و بیماری‌های مزمن می‌شوند (Kumar *et al*., 2020). در یک پژوهش سه گونه بومی *Centaurea pichleri* subsp. *pichleri*، *Conyza canadensis*و *Jasminum fruticans* از گیاهان سنتی مورد استفاده در ترکیه از نظر فعالیت‌های فارماکولوژیکی و تحلیل‌های فیتوشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفتند. فعالیت

آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با آزمون‌هایDPPH ، ABTS و FRAP بررسی شد. نتایج نشان داد غنی‌ترین عصاره از نظر ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها، عصاره متانولی گونه *C. pichleri* subsp. *pichleri* بود که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، سیتوتوکسیک و ضدالتهابی را نیز نشان داد. این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل بالای این گیاه به‌عنوان منبع ترکیبات زیست‌فعال برای کاربردهای صنعتی مانند تولید داروها، محصولات آرایشی و مکمل‌های غذایی است. همچنین عنوان کردند ترکیبات فنلی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند و دلیل این خاصیت را ساختار مولکولی ترکیبات فنلی بیان کردند که باعث مهار رادیکال‌های آزاد می‌شوند (Polat *et al*., 2022). همچنین در مطالعه دیگر، آنالیز فیتوشیمیایی و خواص آنتی اکسیدانی گونه *Centaurea albonitens* مورد ارزیابی قرار گرفت که براساس نتایج مقدار فنل موجود در این گونه ۲/۸۷ گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم ماده خشک برآورد (Hamedeyazdan *et al*., 2017) که در مقایسه با گونه مورد مطالعه ما (*C. pabotii*) مقدار کمتری را شامل شد. با این حال، مطالعه Hamedeyazdan و همکاران وجود ترکیبات فنلی و خواص آنتی اکسیدانی در گونه Centaurea را تایید کرد. در نتایج مطالعه حاضر، گونه *Centaurea pabotii* که مقادیر فنل بالاتری دارد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نشان داده است که در شاخص‌های DPPH و ABST نیز تأیید شده است.

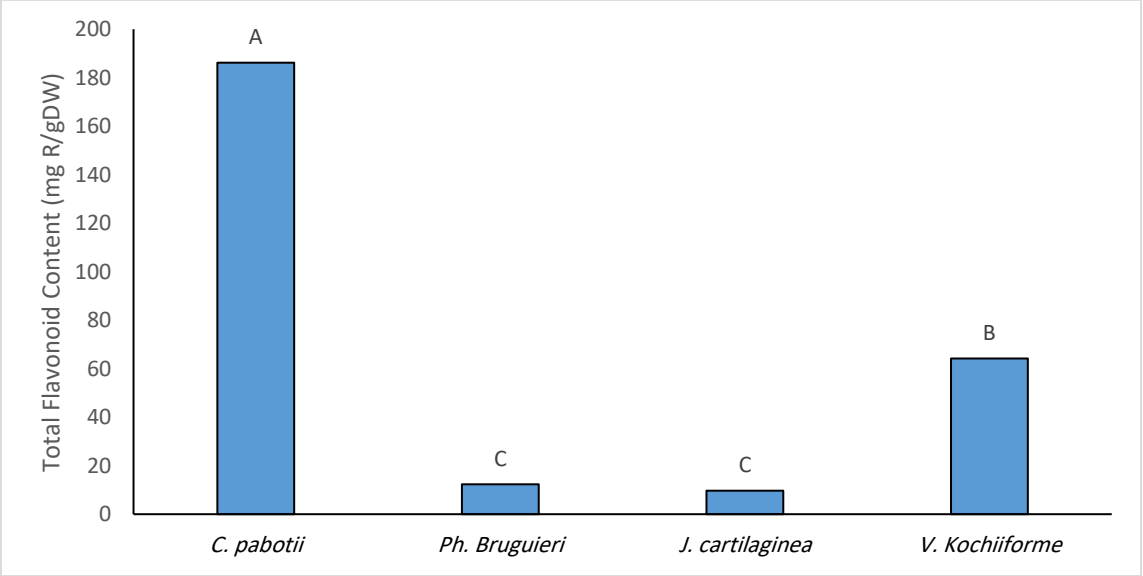


شکل ۱. نمودار مقایسه میانگین میزان محتوای فنل کل گونه‌های مختلف بومی خوزستان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵

Fig1. The mean Comparison of total phenol content of different native species in Khuzestan based on Duncan's test (p<0.05)

نتایج مقایسه میانگین مقدار فلاونوئید کل نشان می دهد مقادیر فلاونوئید کل نیز بین گونه‌ها تفاوت معناداری نشان می‌دهد گونه *C. pabotii* با مقدار ۱۸۶/۱۶ میلی‌گرم روتین بر گرم ماده خشک و رتبه A بالاترین میزان فلاونوئید را دارد. گونه *V. kochiiforme* با مقدار ۶۴/۱۹ میلی‌گرم روتین بر گرم ماده خشک و رتبه B در جایگاه دوم است. گونه‌های *J. cartilaginea* و *Ph. bruguieri* با مقادیر ۱۲/۳۸و ۹/۶۴ میلی‌گرم روتین بر گرم ماده خشک رتبه C کمترین مقادیر را

دارند. این نتایج نشـان می‌دهد که گونه *C. pabotii* از لحاظ فلاونوئید نیز بیشـترین فعالیت آنتی‌اکسـیدانی را دارد. ترکیبات فلاونوئیدی یکی از مهم‌ترین گروه‌های متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هسـتند که نقش‌های متعددی در فعالیت‌های زیسـتی و بیولوژیکی ایفا می‌کنند. فلاونوئیدها به دلیل سـاختار شـیمیایی خود (حلقه‌های آروماتیک و گروه‌های هیدروکسـیل)، توانایی قوی در مهار رادیکال‌های آزاد دارند (Abhinav *et al.*, 2024). در نتایج این مطالعه، گونه‌هایی با مقادیر بالای فلاونوئید (مانند گونه *C. pabotii* فعالیت آنتی‌اکسـیدانی بیشـتری نشـان داده‌اند. ترکیبات فلاونوئیدی به‌دلیل نقش چندجانبه در فعالیت‌های زیسـتی گیاه، حفاظت از آن در برابر تنش‌ها و کاربردهای گسـترده در صـنایع دارویی و غذایی، اهمیت بالایی دارند (Singh and Semwal, 2024). گونه‌هایی مانند گونه *C. pabotii* و *V. kochiiforme* که فلاونوئید بیشـتری دارند، می‌توانند اهداف ارزشـمندی برای حفظ، بهره‌برداری صـنعتی، و برنامه‌های اصـلاح نباتات باشـند. در مقابل، گونه‌های *J. cartilaginea* و *Ph. bruguieri* با مقادیر فلاونوئید پایین‌تر ممکن است از این نظر اولویت کمتری داشته باشند. در مطالعه Hamedeyazdan و همکاران (۲۰۱۷) وجود ترکیبات فلاونوئیدی در گونه‌ای از جنس Cetaurea را تایید کرد. این در حالی است که مقدار فلاونوئید اندازه‌گیری شده در این مطالعه (۰/۲۸ گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم ماده خشک) بسیار کمتر از مقدار فلاونوئید در مطالعه حاضر می باشد.

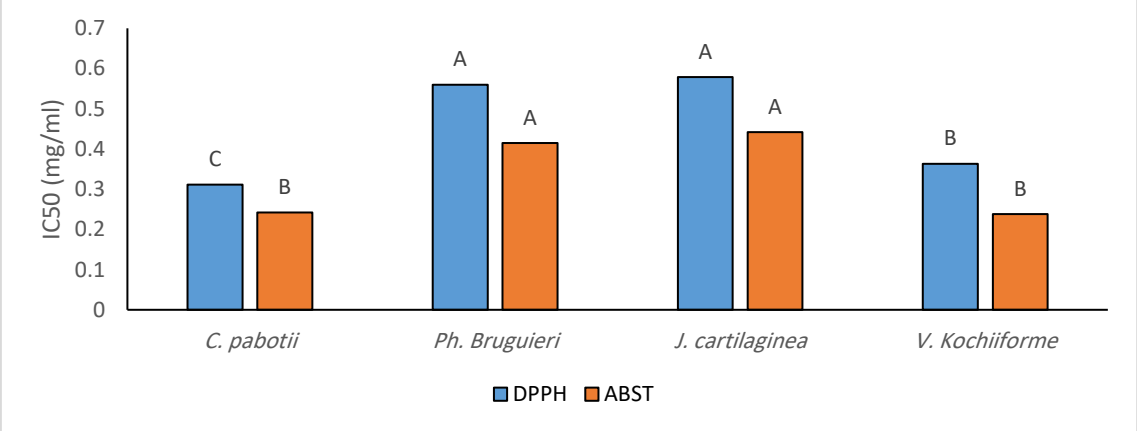


شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین میزان محتوای فلاونوئید کل گونه‌های مختلف بومی خوزستان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵

Fig2. The mean Comparison of the total flavonoid content of different native species in Khuzestan based on Duncan's test (p<0.05)

نتایج مقایسه میانگین فعالیت آنتی اکسیدانی براساس رادیکال‌های آزاد DPPH و ABST در گونه‌های مختلف بومی خوزستان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵(شکل ۳) نشان‌داد، مقادیر پایین‌تر IC50 (غلظتی که ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد را خنثی می‌کند) نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر است. براساس نتایج مقدار IC50 در هر دو آزمون

(DPPH وABTS) در گونه *J. cartilaginea* بالاتر است، این موضوع نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تر این گونه نسبت به سایر گونه‌ها است هرچند تفاوت معنی‌داری با گونه *Ph. bruguieri* نشان نداد. گونه *C. pabotii* دارای کمترین مقدار IC50 در آزمون DPPH و ABTS است، که نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاست. گونه *V. kochiiforme* از نظر رادیکال‌های آزاد DPPH فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتری را نسبت به *C. pabotii* نشان داد ولی با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار در آزمون ABST، می‌توان گفت این دو گونه به طور آماری در بالاترین سطح قرار دارند. در یک مطالعه دیگر، محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی سه گونه جنس *Centaurea* (*C. nigra, C. orientalis, C. Phrygia*) مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از بررسی عصاره‌های متانولی مشخص شد که گونه *C. orientalis* دارای بالاترین محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی است (Salachna *et al.*, 2021). نتایج این پژوهش وجود فعالیت آنتی اکسیدانی در گونه‌های جنس *Centaurea* را تایید می کند که با یافته‌های این تحقیق در رابطه با فعالیت آنتی اکسیدانی بالای گونه *C. pabotii* همخوانی دارد.

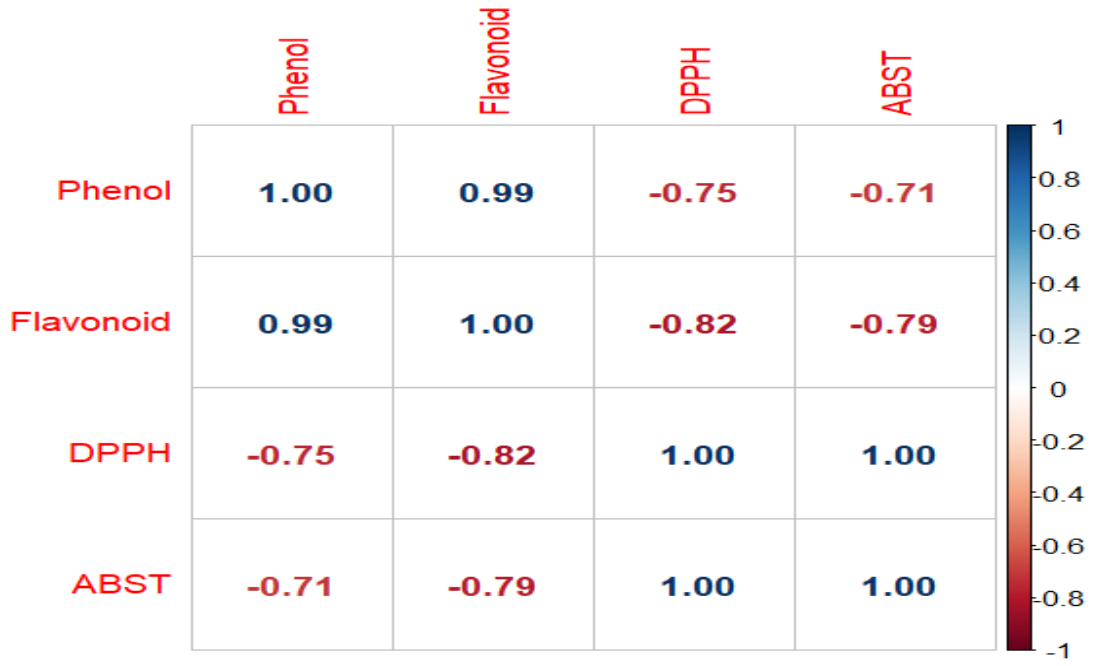


شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین فعالیت آنتی اکسیدانی براساس رادیکال‌های آزاد DPPH و ABST در گونه‌های مختلف بومی خوزستان براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵

Fig2. The mean Comparison of Antioxidant activity based on free radicals of DPPH and ABST in different native species in Khuzestan based on Duncan's test ($p<0.05$)

تجزیه و تحلیل همبستگی بین فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی (IC50) براساس رادیکال‌های آزاد DPPH وABST نشان داد (شکل ۴)، یک ماتریس همبستگی که ارتباط بین فنل کل، فلاونوئید کل، و فعالیت آنتی‌اکسیدانی براساس رادیکال‌های آزاد DPPH و ABST را نشان می‌دهد وجود دارد. به‌طوریکه بین فنل کل و فلاونوئید کل ارتباط قوی مثبت وجود دارد (ضریب همبستگی r=0.99)، که نشان می‌دهد افزایش یکی با افزایش دیگری مرتبط است. همچنین بین فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (بر مبنای IC50) براساس رادیکال‌های آزاد DPPH و ABST ارتباط منفی متوسط تا قوی مشاهده می‌شود(به ترتیب r=−0.75 و r=−0.71). فلاونوئید کل نیز ارتباط منفی قوی‌تری با فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد (r=−0.82 و r=−0.79). از سوی دیگر همبستگی بسیار قوی و مثبت بین DPPH و ABST دیده می‌شود (r=1.00) که نشان می‌دهد این

دو روش بسیار مشابه هم عمل می‌کنند. در این تحلیل، همبستگی منفی قوی بین محتوای فنل و فلاونوئید کل با فعالیت آنتی‌اکسیدانی (براساس IC50) مشاهده شد، به این معنا که هرچه محتوای فنل و فلاونوئید بیشتر باشد، مقدار IC50 کمتر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر است . مطالعات انجام شده روی گونه‌های *Centaurea orientalis* و *Centaurea damascena* نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در این تحقیقات، گونه‌هایی با محتوای بالاتر فنل و فلاونوئید کل فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری (و IC50 کمتری) نشان داده‌اند. این نتایج سازگار با داده‌های شکل ۴ است و تأیید می‌کند که ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نقشی کلیدی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. ضرایب همبستگی منفی نشان‌دهنده این است که با افزایش محتوای فنل و فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد (Jaafreh *et al*., 2019; Salachna *et al*., 2021).



شکل ۴. تجزیه و تحلیل همبستگی بین فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی (IC50) براساس رادیکال‌های آزاد DPPH و ABST(رنگ آبی برای مقادیر مثبت قوی و رنگ قرمز برای مقادیر منفی قوی می‌باشد)

Figure 4. Correlation analysis among total phenol, total flavonoid, and antioxidant activity based on IC50 on DPPH and ABTS free radicals (Colors are blue for strongly positive values and red for strongly negative values)

نتیجه گیری کلی

پژوهش حاضر با بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی چهار گونه بومی استان خوزستان، نقش این منطقه را به‌عنوان یک منبع غنی از تنوع زیستی و گیاهان دارویی برجسته کرده است. نتایج نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه از نظر محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت معناداری دارند. گونه *Centaurea pabotii* با بیشترین مقادیر ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و کمترین مقدار IC50 در آزمون‌های DPPH وABTS ، به‌عنوان گونه‌ای با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا شناسایی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که شناسایی و بهره‌برداری اصولی از گونه‌های بومی، مانند *C.*

pabotii، می‌تواند به حفاظت از تنوع زیستی و استفاده پایدار از منابع طبیعی کمک کند. همچنین، این گونه‌ها پتانسیل بالایی برای استفاده در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی دارند. یافته‌های این پژوهش، با تأیید نتایج تحقیقات پیشین، نشان‌دهنده پتانسیل بالای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بویژه *Centaurea pabotii* در تولید ترکیبات زیستی فعال با خواص دارویی و تغذیه‌ای است. مطالعات پیشین نیز به اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی این ترکیبات اشاره کرده‌اند که می‌تواند در طراحی و تولید داروهای طبیعی برای مقابله با بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو و التهاب مؤثر باشد. این پژوهش با ارائه اطلاعات علمی دقیق درباره ارزش دارویی این گونه‌ها، گامی مؤثر در جهت مدیریت بهتر منابع طبیعی، مقابله با چالش‌های ناشی از کاهش تنوع زیستی و توسعه پایدار منطقه برداشته است. اگرچه مواد موثره دارویی تحت کنترل ژن‌های گیاهی هستند، اما عوامل محیطی می‌توانند بر بیان این ژن‌ها و میزان تولید ترکیبات موثره اثرگذار باشند. در همین راستا، برای بررسی بیشتر اثر محیط بر ترکیبات دارویی، پژوهش‌های جداگانه‌ای در زمینه بررسی تنوع زیستی و متابولیکی جمعیت‌های گیاهی آنها پیشنهاد می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، بررسی‌های جامع‌تری در زمینه کاربردهای صنعتی و اکولوژیکی این ترکیبات با مقایسه گونه‌های بومی و غیربومی صورت گیرد. همچنین، بهینه‌سازی استخراج ترکیبات زیستی فعال با استفاده از روش‌های سبز، پایدار و اقتصادی، به‌ویژه در جهت کاربردهای تجاری، مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۱۴۰۱/۰۹ می‌باشد لذا نویسندگان مقاله برخود لازم می‌دانند از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی از طرح صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

Abhinav, S., P., Narendra, and Rao, T. R. (2024). An updated review on flavonoids. *Pharma innovation*, doi: 10.22271/tpi.2024.v13.i2a.25347

Assadi, M. (Ed.). (1988–2010). ***Flora of Iran*** **(Volumes 1–74).** Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands. (In Persian).

Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods, *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.

Dinarvand, M. (2021). Flora of Khuzestan province. *Research Institute of Forests and Rangelands*, Tehran (in Persian).

Dinarvand, M., Ejtehadi, H., Jankju, M. and Andarzian, B. (2015). A new record of the genus *Vitis* (Vitaceae) for the flora of Iran. *The Iranian Journal of Botany*, 21(2): 100–102.

Dinarvand, M., Ejtehadi, H., Jankju, M., & Andarzian, B. (2015). Study of floristics, life form and chorology of plants in Shimbar protected area (Khuzestan Province). *Iranian Journal of Plant Biology*, 7(23), 1-15. SID.

Dinarvand, M.M., & Sharifi, M. (2009). An outlook on vegetation of habitats in southwest of Iran (Khuzestan province). *Pajouhesh-va Sazandegi*, 21(4 (81 In natural resources)), 77-86. SID.

Fattahi, M. (**1994**)**.** Survey of Zagros oak forests and the most important factors of their destruction. *Publications of the National Forest and Rangeland Research Institute*, Tehran (In Persian)

Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., Payvast, Gh. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods*. 3, 44-49.

Hamedeyazdan, S., Niroumand, F., & Fathiazad, F. (2017). Phytochemical analysis and antioxidative properties of Centaurea albonitens. *Research Journal of Pharmacognosy*, *4*(4), 57-64.

Jaafreh, M., Khleifat, K.M., Qaralleh, H., Al-limoun, M.O. (2019). Antibacterial and Antioxidant Activities of Centeurea damascena Methanolic Extract. *Journal of basic and applied Research in Biomedicine*, 5(1): 55-63

Khodayari, H. and Amani, Sh. (2014). Ethnobotanical study of medicinal plants of Izeh County (Khuzestan Province). First National Conference on Medicinal Plants, Traditional Medicine and Organic Agriculture. *Hamadan, Permanent Secretariat of the Conference*. Pp. 3716. (In Persian)

Khodayari, H., Amani, SH., & Amiri, H. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants in different regions of Khuzestan province. *Eco-phytochemical journal of medical plants*, 2(4 (8)), 12-26. SID.

Kumar, S., Abedin, M. M., Singh, A. K., & Das, S. (2020). Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. *Plant phenolics in sustainable agriculture: volume*, *1*, 517-532.

Liu, W., Cui, X., Zhong, Y., Ma, R., Liu, B., & Xia, Y. (2023). Phenolic metabolites as therapeutic in inflammation and neoplasms: Molecular pathways explaining their efficacy. *Pharmacological research*, *193*, 106812.

Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H., Rahmati-Joneidabad, M., Hemmati Kaykha, M. E., & Ghodsi Sheikhjan, M. (2021). Utilization of Plantago major seed mucilage containing *Citrus limon* essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. *Food Science* & *Nutrition*, 9(3), 1625-1639.

Patel, H. and Krishnamurthy, R. (**2013**)**.** Elicitors in plant tissue culture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(2): 60-65.

Polat, D. Ç., İlgün, S., Karatoprak, G. Ş., Akkol, E. K., & Capasso, R. (2022). Phytochemical Profiles, Antioxidant, Cytotoxic, and Anti-Inflammatory Activities of Traditional Medicinal Plants: Centaurea pichleri subsp. pichleri, Conyza canadensis, and Jasminum fruticans. *Molecules*, *27*(23), 8249.

Prishani, M, R. and Negaresh, K. (**2018**)**.** *Tricholepis khuzestanica* sp. nov. (Asteraceae, Cardueae–Centaureinae) from Iran. *Nordic Journal of Botany*, 2018: e02069.

Rechinger, K. H. (Ed.). (1965–1998). *Flora Iranica* (Vols. 1–178). Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt.

Salachna, P., Pietrak, A., & Łopusiewicz, Ł. (2021). Antioxidant potential of flower extracts from *Centaurea* spp. depends on their content of phenolics, flavonoids and free amino acids. *Molecules*, *26*(24), 7465.

Salehi, H., Hoveizeh, H. and Shekouei, M. (**1999**)**.** Vegetation of Ahvaz-Azadegan Plain. *Publications of the National Forest and Rangeland Research Institute*, Tehran.

Shibamoto, K., Mochizuki, M. and Kusuhara, M. (**2010**)**.** Aroma therapy in anti-aging medicine. *Anti-Aging Medicine*; 7(6):55-59.

Singh, B., & Semwal, B. C. (2024). A Compressive Review on Source, Toxicity and Biological Activity of Flavonoid. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, *24*(24), 2093-2116.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., & Prinyawiwathul W., N.O.H.K. (**2007**). Antioxidant activities of different colored Sweet bell peppers (Capsicum annum L.). *J. Food Sci.* 72, S98-S102.

Van Vuuren, S. F., Suliman, S. and Viljoen, A. M. (**2009**). The antimicrobial activity of four commercial essential oils in combination with conventional antimicrobials. *Letters in Applied Microbiology*, 48(4):440-6.

Zohary, M. (**1963**). On the geobotanical structure of Iran, *Weizman Science Press of Israel*, vol. 11D, 113pp.