Archive of SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Evaluation of antioxidant activity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) aquatic plant from anzali wetland using immersion extraction method

Alireza Rabiepoor[1], Aria Babakhani[*2], Eshagh Zakipour Rahimabadi[3]

1. Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. E-mail: rabiepooralireza@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran and Dept. of Marine Science, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: babakhani@guilan.ac.ir
3. Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. E-mail: e_zakipour@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.17.2022
Revised: 07.01.2022
Accepted: 07.16.2022

Keywords:
Antioxidant,
Anzali wetland,
Eichhornia crassipes

ABSTRACT

Eichhornia crassipes is one of the invasive and non-native aquatic plants of the Anzali wetland. In the present study, the effect of aqueous, aqueous-ethanolic (50:50), and ethanolic solvents was investigated on the amount of antioxidant properties of extracts obtained of different parts (leaf, stem, and root) of water hyacinth with Immersion (solvent) extraction method. Total phenol content, free radical scavenging activity, total antioxidant activity, and iron reducing power were measured. The results showed that the highest amount of total phenol and the highest free radical neutralizing activity was related to the aqueous extract of the leaf, which had a significant difference with other treatments ($P<0.05$). The highest total antioxidant activity was related to the aqueous-ethanolic extract of the leaf, which had a significant difference with other treatments ($P<0.05$), and the highest iron reducing power was related to the aqueous extract of the leaf ($P<0.05$). The extract obtained from the leaf had higher antioxidant properties than the stem and root. According to the results, aquatic water hyacinth can be use as a cheap and suitable natural antioxidant source.

Cite this article: Rabiepoor, Alireza, Babakhani, Aria, Zakipour Rahimabadi, Eshagh. 2023. Evaluation of antioxidant activity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) aquatic plant from anzali wetland using immersion extraction method. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (1), 1-14.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20230.1662
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه آبزی سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*) تالاب انزلی با استفاده از روش استخراج غوطه‌وری

علیرضا ربیع‌پور[۱]، آریا باباخانی*[۲]، اسحق زکی‌پور رحیم‌آبادی[۳]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: rabiepooralireza@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران و گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: babakhani@guilan.ac.ir
۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: e_zakipour@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۲/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰٤/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰٤/۲٥

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان،
تالاب انزلی،
Eichhornia crassipes

چکیده

سنبل‌آبی *Eichhornia crassipes* یکی از گیاهان آبزی مهاجم و غیربومی تالاب انزلی است. در مطالعه حاضر تأثیر حلال‌های آبی، آبی- اتانولی (۵۰:۵۰) و اتانولی بر میزان خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های به‌دست آمده از قسمت‌های مختلف (برگ، ساقه و ریشه) سنبل‌آبی با روش استخراج غوطه‌وری (حلالی) بررسی شد. محتوای فنول کل، فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و قدرت کاهندگی آهن مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار فنول کل و بالاترین فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد مربوط به عصاره آبی برگ بوده که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره آبی- اتانولی برگ بوده که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P<۰/۰۵$) و بالاترین قدرت کاهندگی آهن مربوط به عصاره آبی برگ بود ($P<۰/۰۵$). عصاره به‌دست آمده از برگ نسبت به ساقه و ریشه خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری را داشت. با توجه به نتایج، گیاه سنبل‌آبی می‌تواند به عنوان یک منبع آنتی‌اکسیدانی طبیعی ارزان‌قیمت و مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: ربیع‌پور، علیرضا، باباخانی، آریا، زکی‌پور رحیم‌آبادی، اسحق (۱۴۰۲). ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه آبزی سنبل‌آبی (*Eichhornia crassipes*) تالاب انزلی با استفاده از روش استخراج غوطه‌وری. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۱)، ۱۴-۱.
DOI: 10.22069/japu.2022.20230.1662

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

رادیکال‌های آزاد را می‌توان به‌عنوان گونه‌های شیمیایی واکنش‌پذیر با یک الکترون منفرد جفت نشده در مدار بیرونی تعریف کرد (۱). در شرایط طبیعی، اغلب بین تولید رادیکال‌های آزاد از یک سو و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی از سوی دیگر، حالت تعادل وجود دارد که در صورت تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد و یا ضعف سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، تعادل فوق مختل و حالت استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود. اثرات مضر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) با عملکرد آنتی‌اکسیدان‌ها متعادل می‌شود (۲ و ۳). به عبارتی آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که می‌توانند از تولید پرواکسیدانت‌ها و رادیکال‌ها جلوگیری کرده و در نتیجه از ایجاد بیماری‌ها جلوگیری کنند (٤). در حضور این ترکیبات، اکسید شدن یک ماده به تأخیر افتاده یا از آن جلوگیری می‌شود (٥). پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده گسترده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی برای کنترل پراکسیداسیون لیپید در غذاها، اثرات مضری بر سلامتی انسان دارد (٦ و ٧). بنابراین، مناسب‌ترین راهکار برای جلوگیری از مصرف آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی و مهار رادیکال‌های آزاد تولید شده در بدن، یافتن منابع گیاهی است که حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی زیاد باشد (٨). در واقع گیاهان می‌توانند سلول‌ها را از استرس‌های اکسیداتیو محافظت کرده (٩) و منبع اصلی متابولیت‌های ثانویه در صنایع شیمیایی و دارویی باشند (١٠). هم‌چنین به‌دلیل دارا بودن ترکیبات فیتوشیمیایی برای درمان بیماری‌های انسان مفید هستند (١١). فعالیت‌های زیستی مختلف مانند اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، آرام‌بخش و ضداضطراب و دیگر فعالیت‌های عصاره‌های گیاهی ممکن است به دلیل وجود ترکیبات زیست‌فعال باشد (١٢).

تالاب انزلی زیستگاه گونه‌های بی‌نظیر و ارزشمند ماهی و سایر گیاهان و جانوران بوده (١٣) که در سالیان اخیر تحت‌تأثیر عواملی چون تبدیل قسمت‌هایی از زمین‌های تالاب به زمین‌های زراعی، ریزش فاضلاب‌های صنعتی و شهری و تخلیه آب آلوده مزارع، زه‌کشی‌های کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌های مورد استفاده در مزارع، ته‌نشینی رسوبات آب‌های وارده، نفوذ آب از دریای خزر از طریق کانال‌های کشتی‌رانی و نشت نفت از قایق‌های موتوری توریستی و ماهی‌گیری، رشد بی‌رویه گیاهان آبزی وغیربومی قرار گرفته که این عوامل باعث کاهش سطح تالاب گردیده‌اند (١٤ و ١٥). ورود و گسترش گونه‌های غیربومی و به ویژه مهاجم از چالش‌های اساسی در زیست‌بوم‌های طبیعی به شمار می‌رود. به عنوان مثال افزایش زیتوده گیاه سنبل آبی در تالاب انزلی ممکن است مرگ نهایی تالاب را در زمان اندکی رقم بزند (١٦). اولین گزارش برای وجود سنبل آبی (*E. crassipes*) در ایران به سال ۱۳۹۱ در طی بررسی ترکیب فلور شالیزارها و اکوسیستم‌های آبی استان گیلان (شمال ایران) برمی‌گردد (١٧). این گیاه مهاجم به عنوان یک گیاه آبزی چند ساله، متعلق به زیررده تک‌لپه‌ای‌ها، راسته Commelinales، خانواده Pontederiaceae و بومی کشورهای آمریکای جنوبی (حوضه آمازون برزیل) می‌باشد (١٨). این گیاه، در شرایط محیطی مناسب به دلیل باروری و سرعت رشد فوق‌العاده‌ای که دارد، تهدیدکننده گونه‌های بومی محلی، تغییردهنده محیط فیزیکی و شیمیایی آب، مسدودکننده راه‌های آبی، ایجادکننده اختلال در حمل و نقل آبی، محصولات کشاورزی، فعالیت‌های گردشگری، دریانوردی، ماهی‌گیری و آبیاری مزارع کشاورزی بوده و باعث کاهش سطح اکسیژن در بدنه‌های آبی و در نهایت کاهش کیفیت آب و تولید آبزیان می‌شود (١٩، ٢٠ و ٢١).

در مقابل، تعداد قابل‌توجهی از مطالعات برای استفاده بالقوه و تبدیل سنبل‌آبی به محصولات با ارزش افزوده انجام شده است که جنبه مثبت این گیاه

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

را نشان می‌دهد (۲۲ و ۲۳). در چندین سال اخیر استفاده دارویی از علف‌های هرز به یک نوآوری جدیدی در جهت جلوگیری از چالش‌های ایجاد شده توسط آن‌ها تبدیل شده است (۲٤). بنابراین سنبل‌آبی می‌تواند منبع خوبی جهت تولید داروهای جدید برای بیماری‌های مختلف باشد (۲۵). این گیاه می‌تواند کاربردهای متعددی در صنایع مختلف از جمله فرمولاسیون خوراک ماهی و دام، اصلاح گیاهان، حذف گازهای گلخانه‌ای (۲٦، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰)، حذف آلاینده‌های آلی سمی (۳۱)، کود آلی (۱۹)، جاذب زیستی ارزان فلزات سنگین از محلول‌های آبی (۳۲)، منبع سوخت جایگزین (۳۱، ۳۲ و ۳۳)، تولید شیکمیک‌اسید (۳٤ و ۳۵)، تولید کامپوزیت (۳٦) و بستر جایگزین برای کشت قارچ (۳۷) داشته باشد. هم‌چنین استفاده از این داروی زیستی گیاهی به عنوان یک محرک ایمنی در آبزی‌پروری تا حدودی اثرات نامطلوب اقتصادی و اکولوژیکی آن را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد (۳۸). وجود ترکیبات فیتوشیمیایی در بدترین علف هرز آبزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی و بسیاری از خواص مفید قابل‌توجه آن را به گیاهی با ارزش تبدیل می‌کند که راه را برای ارزش‌گذاری این گونه مهاجم با رشد سریع باز می‌کند (۳۹ و ٤۰). از آن‌جایی‌که این گیاه در چند سال اخیر مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی متعددی را برای تالاب انزلی فراهم آورده است، بنابراین در این پژوهش خواص آنتی‌اکسیدانی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت تا علاوه بر استفاده از این گیاه به عنوان یک داروی گیاهی و ایجاد محصولاتی با ارزش افزوده، بحث مسائل زیست‌محیطی آن هم کاهش پیدا کند.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی: آب مقطر، اتانول (شرکت تولیدی لیان فیدارکیا، ساخت ایران)، متانول (Merck, Germany)، اسید سولفوریک (Merck, Germany)، فسفات سدیم (Merck, Germany)، آمونیوم‌مولیبدات (Merck, Germany)، آسکوربیک‌اسید (Merck, Germany)، Na_2Co_3 (Merck, Germany)، فولین- سیوکالتو (Sigma-Aldrich, America)، ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱ پیکریل- هیدرازیل (Sigma-Aldrich, America)، بافر فسفات‌پتاسیم (Merck, Germany)، فری‌سیانیدپتاسیم (Merck, Germany)، اسید تری‌کلرواستیک (Merck, Germany)، کلرید آهن (Merck, Germany)، گالیک‌اسید (Merck, Germany).

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه گیاه: نمونه‌های تازه گیاه سنبل‌آبی (*E. crassipes*) از تالاب شهرستان بندرانزلی (جنوب غربی دریای خزر، گیلان، ایران) از منطقه حفاظت شده تالاب، شناسایی و جمع‌آوری شدند. سپس جهت از بین بردن اپی‌فیت‌ها، شن‌ها، گل‌ها، رسوبات تالاب و جانوران چسبیده به گیاه، با آب تالاب شست و شو داده شده و سپس با آب شیرین شرب به‌منظور از بین رفتن ناخالصی‌ها، شست‌وشو داده شده و به آزمایشگاه فرآوری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل و جهت خشک کردن در آون (شرکت تولیدی تجهیزات پزشکی بهداد، مدل BM55E، ساخت ایران) در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌های خشک شده با استفاده دستگاه آسیاب الکتریکی (هاردستون، مدل GCS2700W، ساخت انگلستان) به صورت پودر درآمدند. در نهایت نمونه‌های گیاهی پودر شده در داخل کیسه پلاستیکی زیپ‌کیپ قرار داده شدند و تا آزمایش‌های بعدی در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند.

عصاره‌گیری از گیاه سنبل‌آبی با استفاده از روش حلالی (غوطه‌وری): در این روش، ۲ گرم پودر سنبل‌آبی در ۵۰ میلی‌لیتر حلال استخراج شامل آب/ اتانول با نسبت‌های ۰:۱۰۰ (آب: اتانول)، ۵۰:۵۰ (آب: اتانول) و ۱۰۰:۰ (آب: اتانول) قرار داده شدند. سپس توسط دستگاه شیکر (پرزان پژوه، مدل ۳۰۰۸، ساخت

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ایران) به مدت ۵ ساعت با دور ۱۵۰ rpm در دمای اتاق هم‌زده شدند. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی واتمن شماره ٤٠ عبور داده شدند و به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰rpm سانتریفیوژ شدند. هم‌چنین حلال‌های استفاده شده با استفاده از دستگاه روتاری (Buchi، مدل R-100، ساخت سوییس) از عصاره‌ها حذف گردیدند. در نهایت عصاره‌های به دست آمده تا زمان ارزیابی‌های بعدی در داخل یخچال و در بطری‌های تیره نگهداری شدند. هر استخراج در سه بار تکرار انجام گردید.

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC): فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) عصاره‌های سنبل‌آبی با استفاده از روش پریتو و همکاران (٤١) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۱ میلی‌لیتر محلول معرف (۰/٦ مولار اسید سولفوریک، ۲۸ میلی‌مولار فسفات سدیم و ٤ میلی‌مولار آمونیوم مولیبدات) مخلوط شده و در لوله‌های شیشه‌ای درب‌دار قرار داده گردید. محلول حاصل به مدت ۹۰ دقیقه در حمام آبی (دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها در دمای اتاق، میزان جذب نمونه‌ها در دستگاه الایزاریدر در طول موج ٦۹۵ نانومتر خوانده شد. نتایج بر حسب اسیدآسکوربیک بر گرم بیان گردید.

میزان فنول کل (TPC): میزان فنول کل (TPC) عصاره‌های سنبل‌آبی با استفاده از روش تاگا و همکاران (٤٢) اندازه‌گیری شد. در این روش، ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه با ۲ میلی‌لیتر Na_2Co_3، ۲ درصد مخلوط شده و به‌مدت ۲ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی باقی ماند. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از معرف فولین سیوکالتو ۵۰ درصد به آن اضافه و مخلوط شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی قرار داده شد. در نهایت جذب نمونه در طول موج ۷۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الایزاریدر اندازه‌گیری شد. نتایج بر حسب اسیدگالیک بر گرم عصاره بیان گردید.

قدرت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH): بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رادیکال‌های پایدار ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱ پیکریل-هیدرازیل (DPPH)، با استفاده از روش برند ویلیامز و همکاران (٤٣) اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۱ میلی‌لیتر از عصاره به ۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی ۰/۱٦ میلی‌مولار رادیکال آزاد DPPH افزوده و به خوبی مخلوط شده و ۳۰ دقیقه در دمای محیط و در تاریکی نگهداری شد. سپس میزان جذب نمونه‌ها در دستگاه الایزاریدر در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. میزان فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) عصاره مطابق رابطه زیر محاسبه شد. نتایج به صورت درصد RSA بیان گردید.

$$RSA\%=[1-(A_{sample}- A_{sample\ blank})/A_{control})]\times 100$$

که در آن، A_{sample} جذب نمونه و محلول DPPH بعد از زمان موردنظر، $A_{control}$ جذب محلول DPPH بدون نمونه، $A_{sample\ blank}$ جذب نمونه بدون محلول DPPH.

قدرت کاهندگی (احیاکنندگی) آهن (FRAP): برای اندازه‌گیری قدرت احیاءکنندگی آهن (FRAP) در عصاره‌های سنبل‌آبی، از روش چیو و همکاران (٤٤) استفاده شد. برای انجام این آزمایش ابتدا ۰/۱ مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=٦/٦) (۲/۵ میلی‌لیتر) و ۱ درصد فری سیانات پتاسیم (۲/۵ میلی‌لیتر) با ۱ میلی‌لیتر از نمونه مخلوط شد. این محلول در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری گردید. سپس به این محلول ۲/۵ میلی‌لیتر اسید تریکلرواستیک اضافه شد. در ادامه، ۲/۵ میلی‌لیتر از آب و ۰/۵ میلی‌لیتر از کلرید آهن ($FeCl_3$) ۰/۱ به ۲/۵ میلی‌لیتر از مخلوط اضافه گردید. سپس این محلول در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دمای ثابتی به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد تا در آن ایجاد رنگ صورت گرفت. سپس جذب نمونه‌ها در دستگاه الایزاریدر در طول موج ۷۰۰ نانومتر خوانده شد و FRAP بر حسب میلی‌گرم اسیدگالیگ بر گرم عصاره بیان گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. به منظور بررسی معنی‌دار بودن آزمایش‌ها، داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت بررسی پاسخ‌ها در هر روش به‌صورت جداگانه انجام گرفت. سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ($P<0/05$) انجام شد. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده گردید.

نتایج

نتایج تست فنول کل در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مقایسه میزان فنول کل (TPC) بین عصاره‌های آبی، آبی - اتانولی (۵۰:۵۰) و اتانولی قسمت‌های مختلف (برگ، ساقه و ریشه) سنبل‌آبی (*E. crassipes*) به روش حلالی.

قسمت‌های مختلف گیاه / حلال	برگ	ساقه	ریشه
آب	۲٤/۳۵±۲/۵۲٦^{a}	۱۹/۱۲±۳/۸۷٦^{b}	۱۳/۰۹۱±۱/۵٤٦^{c}
آب/ اتانول (۵۰:۵۰)	۲۰/٦۰±۳/۳٦٦^{b}	۱۳/٤٦±۱/۵۸۸^{c}	۷/۲٦±۰/۳٤٦^{d}
اتانول	۱۵/۰۹±۱/۷۰۸^{c}	۵/۸۰±۰/۳۲٤^{d}	٤/۲۳±۰/۷۷۳^{d}

نتایج بر حسب انحراف معیار ± میانگین بیان شده است

حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها است

بیش‌ترین میزان فنول کل، مربوط به عصاره آبی برگ است که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر عصاره‌ها است ($P<0/05$) و کم‌ترین میزان فنول کل، مربوط به عصاره اتانولی ریشه است که با عصاره‌های اتانولی ساقه و آبی- اتانولی ریشه دارای اختلاف معنی‌دار نیست ($P>0/05$).

نتایج تست خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مقایسه قدرت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد (DPPH) بین عصاره‌های آبی، آبی - اتانولی (۵۰:۵۰) و اتانولی قسمت‌های مختلف (برگ، ساقه و ریشه) سنبل‌آبی (*E. crassipes*) به روش حلالی.

قسمت‌های مختلف گیاه / حلال	برگ	ساقه	ریشه
آب	۰/۷٦±۰/۰۵۳^{a}	۰/٦۵±۰/۰۷۲^{b}	۰/٤۷±۰/۰۲۷^{c}
آب/اتانول (۵۰:۵۰)	۰/۷۲±۰/۰۵۱^{ab}	۰/٤۹±۰/۰۲۸^{c}	۰/۲۹±۰/۰۵۱^{e}
اتانول	۰/۷۱±۰/۰۰۳^{ab}	۰/۳۸±۰/۰۵٦^{d}	۰/۲۲±۰/۰۱۹^{e}

نتایج بر حسب انحراف معیار ± میانگین بیان شده است

حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها است

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بیش‌ترین میزان خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد، مربوط به عصاره آبی برگ است که با عصاره‌های آبی- اتانولی و اتانولی برگ دارای اختلاف معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵) و کم‌ترین میزان خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد، مربوط به عصاره اتانولی ریشه است که با عصاره آبی- اتانولی ریشه دارای اختلاف معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵).

نتایج تست فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) بین عصاره‌های آبی، آبی و اتانولی (۵۰:۵۰) و اتانولی قسمت‌های مختلف (برگ، ساقه و ریشه) سنبل‌آبی (*E. crassipes*) به روش حلالی.

قسمت‌های مختلف گیاه / حلال	برگ	ساقه	ریشه
آب	۷/۶۷±۰/۹۴۰ ^{c}	٤/۱٦±۰/٦۲٦ ^{de}	۳/۹٦±۰/٦۷۸ ^{de}
آب/اتانول (۵۰:۵۰)	۲٦/۸۸±۳/۷۳٤ ^{a}	۵/۸۰±۰/۹۱۸ ^{cd}	۵/۸۲±۰/۷۵۷ ^{cd}
اتانول	۱۲/۱۳±۱/۵۳۵ ^{b}	۱/۳٦±۰/۸۷۷ ^{e}	۱۲/٦۱±۰/۷۲۸ ^{b}

نتایج بر حسب انحراف معیار ± میانگین بیان شده است

حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها است

بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، مربوط به عصاره آبی- اتانولی برگ است که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر عصاره‌ها است (P<۰/۰۵) و کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، مربوط به عصاره اتانولی ساقه است که با عصاره‌های آبی ساقه و ریشه دارای اختلاف معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵).

نتایج تست قدرت کاهندگی آهن در جدول ٤ آورده شده است.

جدول ٤- مقایسه قدرت کاهندگی آهن (FRAP) بین عصاره‌های آبی، آبی و اتانولی (۵۰:۵۰) و اتانولی قسمت‌های مختلف (برگ، ساقه و ریشه) سنبل‌آبی (*E. crassipes*) به روش حلالی.

قسمت‌های مختلف گیاه / حلال	برگ	ساقه	ریشه
آب	۷۳/۰٦±۱۳/۳۰۵ ^{a}	۳/٤۱±۰/۷٤٤ ^{de}	٤/۵٤±۰/۹۷۸ ^{de}
آب/اتانول (۵۰:۵۰)	۵۰/۷۹±۳/۵۱۹ ^{c}	۷/۷٤٤±۱/۸۲٦ ^{de}	٤/۵۹±۱/۲۹۳ ^{de}
اتانول	٦۰/۳٦±۷/۹۷۷ ^{b}	۱۲/۹۲±۰/۹٤۰ ^{d}	۲/۲۲±۰/۳٤۱ ^{e}

نتایج بر حسب انحراف معیار ± میانگین بیان شده است

حروف لاتین متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها است

بیش‌ترین میزان قدرت کاهندگی آهن، مربوط به عصاره آبی برگ است که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر عصاره‌ها است (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان قدرت کاهندگی آهن، مربوط به عصاره اتانولی ریشه است که با عصاره‌های آبی و آبی- اتانولی ریشه و عصاره‌های آبی و آبی- اتانولی ساقه دارای اختلاف معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بحث

اهمیت ترکیبات زیست‌فعال به عنوان عناصر کاربردی در ارتقاء سلامت و کاهش خطر بیماری به خوبی شناخته شده است. در بین ترکیبات کارکردی در صنایع غذایی بیش‌ترین پژوهش‌ها روی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی انجام شده است (٤٥). امروزه از حلال‌های مختلفی برای استخراج ترکیبات فنولی استفاده می‌شود و عواملی مانند دسترسی به حلال مورد نظر، قابلیت حل شدن ترکیب مورد نظر در حلال و هم‌چنین عدم سمیت حلال مورد استفاده بسیار مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است (٤٦ و ٤٧). بنابراین در این پژوهش، از اتانول به خاطر سمیت کم و هزینه نسبتاً پایین به عنوان حلال استفاده شد.

معرف فولین- سیوکالتو به طور گسترده جهت تخمین فنول کل موجود در عصاره‌های گیاهی استفاده می‌شود (٤٨). نتایج وی و همکاران (٤٩) که بر روی نانو ذرات آهن بیوسنتز شده در عصاره آبی گیاه *E. crassipes* و مکانیسم آن در حذف کروم شش ظرفیتی کار کردند، نشان داد که برگ‌های گیاه حاوی سطوح نسبتاً بالایی از عناصر آهن، روی، مس و کروم بوده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌ملاحظه‌ای را دارا هستند. ژو و همکاران (٤٦)، بر روی خواص آنتی‌اکسیدانی گیاه *Vigna radiate* کار کردند، عصاره اتانولی با غلظت ۳۰ درصد بیش‌ترین میزان ترکیبات فنولی را به خود اختصاص داد. دلیل این امر تأثیر قطبیت حلال‌ها در میزان استخراج می‌باشند یا به‌عبارتی با افزایش درصد آب اضافه شده به حلال، میزان استخراج ترکیبات فنولی زیاد می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل افزایش قطبیت و ماهیت قطبی ترکیبات فنولی باشد که سبب انحلال بیش‌تر این ترکیبات در محیط‌های قطبی می‌شود که مشابه پژوهش حاضر بود. نتایج پژوهش سیلوا و همکاران (۳۹) نشان داد که قطبیت حلال می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر بازده استخراج داشته باشد و برگ‌ها بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیداتی و بیش‌ترین فنول کل را نشان دادند و بعد از آن به ترتیب ساقه و ریشه دارای فعالیت کم‌تری بودند که مشابه نتایج مطالعه حاضر بود. در مطالعه‌ای که توسط تولیکا و همکاران (۲۵)، بر روی عصاره متانولی *E. crassipes* را انجام گرفت، حداکثر مقدار فنول کل در برگ و حداقل در دمبرگ (ساقه) مشاهده شد؛ در حالی که در پژوهش حاضر، بیش‌ترین مقدار فنول کل، مربوط به عصاره آبی برگ و کم‌ترین مربوط به عصاره اتانولی ریشه است. ماملونا و همکاران (۵۰)، در پژوهشی که بر روی عصاره خیار دریایی *Cucumaria frondosa* کار کردند که نشان‌دهنده ارتباط بسیارکم بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار کل ترکیبات فنولی بود؛ که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد؛ در پژوهش حاضر ارتباط مستقیمی بین محتوای فنول کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. بنابراین نمی‌توان به‌طور قطع در این خصوص اظهار نظر نمود؛ زیرا عوامل مختلف دیگری هم‌چون شرایط محیطی بر روی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی یک نمونه تأثیرگذار می‌باشند.

DPPH یک رادیکال آزاد پایدار است که به طور گسترده‌ای به عنوان ابزاری جهت تخمین مهار رادیکال آزاد توسط ضداکسیدان به کار برده می‌شود (۵۱). برزویی و طبرسا (۵۲)، در پژوهشی متابولیت‌های ثانویه استخراج شده از ریشه و برگ گیاه سنبل‌آبی در جلوگیری از فعالیت‌های اکسایشی رادیکال‌های DPPH، ABTS و قدرت کاهندگی یون آهن را مورد بررسی قرار دادند. متابولیت‌های برگ بیش‌ترین درصد مهار رادیکال‌های آزاد را از خود نشان دادند که در نتیجه برگ دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری از ریشه بود که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت. در مطالعه نقدی و باباخانی (۵۳)، که بهینه‌سازی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با روش امواج فراصوت از گیاه آزولا را بررسی کردند، نتایج نشان داد که بیش‌ترین درصد خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد در عصاره اتانولی بود که بالاتر از عصاره آبی- اتانولی و عصاره آبی بود در حالی که در پژوهش حاضر، بیش‌ترین درصد خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد در عصاره‌های آبی بود. نتایج مطالعه شناب و شلابی (۲۱) نشان داد که در گیاه *E. crassipes*، بالاترین درصد مهار DPPH، مربوط به اتیل استات بود که بیش‌تر از متانول و هگزان بود، در حالی‌که در پژوهش حاضر بالاترین درصد مهار رادیکال آزاد، مربوط به عصاره آبی برگ بود. لوپز و همکاران (٥٤) در مطالعه‌ای عصاره‌های دانه و برگ گیاه *Amaranthus hypochondriacus* L را به دو روش همزن مغناطیسی و سوکسله استخراج کردند؛ عصاره اتانولی برگ به دلیل بالا بودن ترکیبات پلی‌فنولی دارای بالاترین مقدار مهار رادیکال DPPH را دارا بود و بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های حاصل از روش استخراج سوکسله تعیین شد. متانول، حلال استخراج بهتری برای دانه‌های *A. hypochondriacus* بود در حالی که اتانول حلالی بهتری برای برگ‌ها بود. به‌طورکلی، عصاره‌های برگ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری نسبت به عصاره‌های دانه‌ها از خود نشان دادند که با نتایج پژوهش حاضر مشابهت داشت. در یک بررسی نشان داده شد که عصاره برگ گیاه آبزی نیلوفر آبی دارای فعالیت مهار رادیکال DPPH بالاتری در مقایسه عصاره گل بود که این ممکن است به محتوای بالای پلی‌فنل‌ها و کاروتنوئیدها نسبت داده شود (٥٥). در واقع، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های برگ نیلوفر آبی ممکن است تحت‌تأثیر عوامل خارجی، مانند روش خشک کردن و شرایط خاص فرآوری قرار گیرد (٥٦). در پژوهش حاضر هم عصاره برگ سنبل آبی، فعالیت مهار رادیکال بالاتری را نسبت به ساقه و ریشه نشان داد. مطالعه مرزوک و همکاران (٥٧) بر روی فعالیت ضداکسایشی و قابلیت پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد گیاه ابوجهل نشان داد که در میان عصاره‌های اندام‌های مختلف گیاه (برگ، ساقه، ریشه، میوه و بذر)، عصاره بذر نسبت به عصاره‌های دیگر دارای بیش‌ترین قابلیت پاک‌سازی رادیکال آزاد می‌باشد، در حالی‌که در پژوهش حاضر، عصاره برگ بالاترین درصد مهار رادیکال آزاد را نشان داد.

در پژوهش گرمسیری و همکاران (٥٨)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی جلبک قرمز *Hypnea hamulosa* با روش استخراج غوطه‌وری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که عصاره استونی ٥٠ درصد، بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل را داراست؛ در حالی‌که در پژوهش حاضر بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره‌های آبی- اتانولی برگ بود. بر اساس یافته‌های مور و همکاران (٥٩)، کیفیت عصاره‌های طبیعی و اثرات آنتی‌اکسیدانی آن‌ها؛ نه تنها به مدت ذخیره‌سازی و نگهداری، منشأ جغرافیایی، زمان و عمل‌آوری آن‌ها، بلکه به عوامل محیطی و تکنولوژی مورد استفاده در عصاره‌گیری نیز بستگی دارد. برادران و همکاران (٦٠)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف برگ و گل گیاه *Artemisia Annua* را بررسی کردند، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره متانولی برگ و کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره آبی گل بود. در صورتی که در مطالعه حاضر، بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، مربوط به عصاره آبی- اتانولی برگ بود.

آزمایش FRAP بر اساس توانایی فنول‌ها جهت کاهش رنگ زرد کمپلکس به کمپلکس آبی رنگ به‌وسیله عمل اهدای الکترون توسط آنتی‌اکسیدان می‌باشد (٦١). سوتو مالدونادو و همکاران (٦٢)، در مطالعه‌ای، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی برگ

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Maytenus boaria، را با روش استخراج حلالی مورد بررسی قرار دادند. بالاترین قدرت کاهندگی آهن مربوط به عصاره‌های آبی بود؛ که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. جایانتی و لالیتا (۶۳)، قدرت کاهندگی عصاره آبی *E. crassipes* را در شرایط آزمایشگاهی بررسی کردند، عصاره آبی قدرت کاهندگی بیش‌تری را نشان داد که مشابه نتایج پژوهش حاضر بود. الام و همکاران (۶۴)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی برگ گیاه *Nymphaea capensis* را از نظر ظرفیت قدرت کاهندگی آهن مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره متانولی، قدرت کاهندگی آهن افزایش یافت. نتایج هدهدی و همکاران (۶۵)، که بر روی عصاره‌گیری از جلبک قهوه‌ای *Sargassum angustifolium* کار کردند، نشان داد که بالاترین قدرت کاهندگی آهن، مربوط به عصاره آب- اتانولی (۳۰:۷۰) بود؛ در مطالعه حاضر بالاترین قدرت کاهندگی آهن مربوط به عصاره‌های آبی برگ بود. مارموزی و همکاران (۶۶)، در پژوهشی عصاره برگ گیاه *Zizyphus lotus* را از نظر قدرت کاهندگی آهن مورد سنجش قرار دادند، عصاره برگ گیاه بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در مقایسه با عصاره میوه نشان داد، در مطالعه حاضر هم عصاره برگ بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را دارا بود.

نتیجه‌گیری

سنبل‌آبی یکی از گیاهان آبزی و غیربومی تالاب انزلی است که مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را در طی چند سال اخیر برای تالاب انزلی رقم زده است. در این پژوهش، قسمت‌های مختلف این گیاه (برگ، ساقه و ریشه) از نظر خاصیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار فنول کل و بالاترین فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد مربوط به عصاره آبی برگ بوده که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($P<0/05$). بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مربوط به عصاره آبی- اتانولی برگ بوده که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P<0/05$) و بالاترین قدرت کاهندگی آهن مربوط به عصاره آبی برگ بود ($P<0/05$). عصاره استخراج شده از برگ نسبت به ساقه و ریشه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری بود. با توجه به نتایج می‌توان گفت که گیاه سنبل‌آبی می‌تواند به عنوان یک منبع آنتی‌اکسیدانی طبیعی ارزان‌قیمت و مناسب می‌تواند منبع مناسبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی باشد که در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نقش مهمی را ایفا کرده و برای سلامتی انسان و استفاده در ترکیبات غذا- دارو مفید می‌باشد. از این‌رو پیشنهاد می‌گردد که به جای از بین بردن سنبل‌آبی با روش‌های گوناگون از اکوسیستم تالاب، با روش‌های مختلف فرآوری، آن را به محصولاتی با ارزش افزوده تبدیل کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقایان دکتر مجید موسی‌پور و مهندس حسینعلی زمانی که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

منابع

1. Riley, P.A. 1994. Free radicals in biology: oxidative stress and effects of ionizing radiation, International Journal of Radiation Biology, 65: 27-33.
2. Halliwell, B. 1996. Antioxidants in human health and disease, Annual review of nutrition, 16: 1. 33-50.
3. Sindhi, V., Gupta V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., and Dhaka, N. 2013. Potential applications of antioxidant- A review. Journal of Pharmacy Research. 7: 828-835.
4. Collins, A.R. 2005. Antioxidant intervention as a route to cancer prevention. European Journal of Cancer. 41: 13. 1923-1930.
5. Halliwell, B. 2007. Biochemistry of oxidative stress. Biochemical society transactions. 35: 5. 1147-1150.
6. Linderschmidt, R., Trylka, A., Goad, M., and Witschi, H. 1986. The effects of dietary butylated hydroxytoluene on liver and colon tumor development in mice. Toxicology. 38: 151-160.
7. Olukemi, O.A., Olukemi, I.O., Oluwatoyin, S.M., Austin, A.O., Mansurat, L.B., and Olufunmilola, T.I. 2005. Antioxidant activity of Nigerian dietary spices. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 4: 6. 1086-1093.
8. Saviz, A., and Pourmoradi, S. 2013. Importance and application of antioxidants. Third National Conference on Food Safety, Islamic Azad University, Savadkuh Branch, Savad Kooh, Iran. (In Persian)
9. Ebrahimzadeh, M.A., Nabavi, S.M., Nabavi, S.F., and Eslami, B. 2010. Antioxidant activity of the bulb and aerial parts of *Ornithogalum sintenisii* L (Liliaceae) at flowering stage. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 9: 2. 141-148.
10. Mishra, N.B., and Ranjan, R. 2008. Growth of hairy-root culture in variuth bioreactors for the production of secondary metabolites. Biotechnology and Applied Biochemistry. 49: 1-10.
11. Kumar, G.D., and Rajakumar, R. 2016. Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Bioactive Components from the Ethanol Extract of *Avicennia Marina* Leaves. Innovare Journal of Science. 4: 4. 9-12.
12. Keshari, R.B., Kumar R.S., and Madhab K.D. 2011. Mental health challenges and possible solutions with special reference to anxiety. International Research Journal of Pharmacy. 2: 9. 37-42.
13. Vesali Naseh, M.R., Karbassi, A.R., Ghazaban, F., and Baghvand, A. 2012. Evaluation of heavy metal pollution in Anzali wetland. Guilan, Iran, Iranian Journal of Toxicology. 15: 5. 565-576.
14. Khosheghbal, M.Z., Charkhabi, A.H., Sharifi, F., and Ghazban, F. 2013. An investigation of sediment pollution in the Anzali wetland. Polish Journal of Environmental Studies, 22: 1. 283-288.
15. Zamani Hargalani, F., Karbassi, A., and Monavari, S.M., and Abroomand Azar, P. 2014. A novel pollution index based on the bioavailability of elements: a study on Anzali wetland bed sediments. Environmental Monitoring and Assessment. 186: 4. 2329-2348.
16. Mirzajani, A., Naderi, S., and Parvaneh Moghadam, D. 2019. Distribution survey and some biological aspects of Water Hyacinth in Anzali Wetland, Guilan province. Iranian Journal of Plant Biology. 11: 4. 51-62. (In Persian)
17. Rufchaie, R., Mirvaghefei, A., and Abdollahi, V. 2016. Evaluation of native phytobiotic effects on immune response of fish and shellfish. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics. 5: 2. 1-16. (In Persian)
18. Parsons, W.T., Parsons, W.T., and Cuthbertson, E. 2001. Noxious weeds of Australia. CSIRO publishing.
19. Gunnarsson, C.C., Petersen, and C.M. 2007. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review. Waste Manage. 27: 117-129.
20. Laranjeira, C.M., and Nadais, G. 2008. *Eichhornia crassipes* control in the largest Por-tuguese natural freshwater lagoon. EPPO Bulletin. 38: 3. 487-495.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

21. Shanab, S.M.M., and Shalaby, E.A. 2012. Biological activities and anticorrosion efficiency of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Journal of Medicinal Plants Research. 23: 6. 3950-3962.
22. Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A., Madhavan, A., Alphonsa, J.A., Vivek, N., Gnansounou, E., Castro, E., and Faraco, V. 2017. Water hyacinth a potential source for value addition: An overview. Bioresource Technology. 230: 152-162.
23. Gaurav, G.K., Mehmood, T., Cheng, L., Klemes, J.J., and Shrivastava, D.K. 2020. Water hyacinth as a biomass: A review. Journal of Cleaner Production. 277: 122214.
24. Haggag, M.W., Abou El Ella, S.M., and Abouziena, H.F. 2017. Phytochemical Analysis, antifungal, antimicrobial activities and application of *Eichhornia crassipes* against some plant pathogens. Planta Daninha, 35p.
25. Tulika, T., Puneet, P., and Mala, A. 2017. Qualitative phytochemical analysis and antioxidant activity of methonolic extract of *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms and *Pistia stratiotes* L. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 9: 632-636.
26. Agunbiade, F.O., Olu-Owolabi, B.I., and Adebowale, K.O. 2009. Phytoremediation potential of *Eichornia crassipes* in metal-contaminated coastal water. Bioresource Technology. 100: 19. 4521-4526.
27. Jafari, N. 2010. Ecological and socio-economic utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 14: 2. 43-49.
28. Pandey, D.K. 2015. Allelochemicals from *Parthenium* for water hyacinth control. Indian Journal of Weed Science. 47: 3. 321-328.
29. Tham, H.T. 2015. Utilization of water hyacinth as animal feed. Nova Journal of Engineering and Applied Sciences. 4: 1. 1-6.
30. Li, X., Zhou, Y., Yang, Y., Yang, S., Sun, X., and Yang, Y. 2015. Physiological and proteomics analyses reveal the mechanism of *Eichhornia crassipes* tolerance to high-concentration cadmium stress compared with *Pistia stratiotes*. PLoS One. 10: 4. 1-22.
31. Patel, S. 2012. Threats, management and envisaged utilizations of aquaticweed *Eichhornia crassipes*: an overview. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 11: 3. 249-259.
32. Komy, Z.R., Abdelraheem, W.H., and Ismail, N.M. 2013. Biosorption of Cu^{2+} by *Eichhornia crassipes*: Physicochemical characterization, biosorption modeling andmechanism. Journal of King Saud University-Science. 25: 1. 47-56.
33. Gunja, Vipin, G., Priyanka, J., Kant, S.C., Dixit, A.K., and Jain, R.K. 2016. Production of bioethanol from water hyacinth by isolated thermotolerant bacteria. International Journal of Current Science and Technology. 4: 219-223.
34. Cardoso, S.F., Lopes, L.M.X., and Nascimento, I.R. 2014. *Eichhornia crassipes*: an advantageous source of shikimic acid. Revista Brasileira de Farmacognosia. 24: 439-442.
35. Lenora, L.M., Babu, D.S., Kumar, J.S., and Kumar, N.S. 2016. Eicchornia crassipes (Mart.) Solems – an alternative renewable source for shikimic acid, a precursor for Tamiflu, a swineflu drug. Journal Pharmacognosy Phytochemistry. 5: 1. 178-181.
36. Ramirez, N.F., Hernandez, Y.S., Leon, J.C., Garcia, S.R.V., Lvova, L.D., and Gonzalez, L.G. 2015. Composites from water hyacinth (*Eicchornia crassipes*) and polyester resin. Fibres and Polymers. 16: 1. 196-200.
37. Onchonga, N.A., Oima, D., and Oginda, M. 2013. Utilization of water hyacinth as an alternative substrate for mushroom farming: a study of vihiga mushroom project in western Kenya. International Journal of Educational Research. 1: 1-10.
38. Rufchaie, R., Mirvaghefi, A., Hoseinifar, S.H., and Valipour, A. 2019. Anti-microbial Activity of *Echhornia*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Crasippes Aquatic and Hydromethanolic Leaves Extract. Journal of Fisheries. 71: 1. 31-41. (In Persian)

39. Silva, R.P., de Melo, M.M., Silvestre, A.J., and Silva, C.M. 2015. Polar and lipophilic extracts characterization of roots, stalks, leaves and flowers of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), and insights for its future valorization. Industrial Crops and Products. 76: 1033-1038.
40. Khalid, S., Shaheen, S., Hussain, K., Shahid, N., and Sarwar, S. 2020. Pharmacological analysis of obnoxious water weed: *Eichhornia crassipes* (Mart) Solis. The Journal of Animal & Plant Sciences. 30: 6. 1465-1475.
41. Prieto, P., Pineda, M., and Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Analytical biochemistry. 269: 2. 337-341.
42. Taga, M.S., Miller, E.E., and Pratt, D.E. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society. 61: 5. 928-931.
43. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C.L. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology. 28: 1. 25-30.
44. Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M., and Khoo, K.S. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. LWT-Food Science and Technology. 41: 6. 1067-72.
45. Mendiola, J.A., Rodriguez- Meizoso, I., Senorans, F.J., Reglero, G., Cifuentes, A., and Ibannez, E. 2008. Antioxidants in plant foods and microalagae extracted using compressed fluids. Electronic Journal of Environment. Agricultural and Food Chemistry. 7: 10. 3301-3309.
46. Zhou, Y., Zheng, J., Gan, R.Y., Zhou, T., Xu, D.P., and Bin Li, H. 2017. Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidants from the mung bean coat. Molecules. 22: 4. 1-13.
47. Yang, Q.Q., Gan, R.Y., Ge, Y.Y., Zhang, D., and Corke, H. 2019. Ultrasonic treatment increases extraction rate of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) antioxidants. Antioxidants. 8: 4. 83.
48. Sopee, M.S.M., Azlan, A., and Khoo, H.E. 2019. Comparison of antioxidants content and activity of Nephelium mutabile rind extracted using ethanol and water. Journal of Food Measurement and Characterization, 13: 3. 1958-1963.
49. Wei, Y., Fang, Z., Zheng, L., and Tsangb, E.P. 2017. Biosynthesized iron nanoparticles in aqueous extracts of *Eichhornia crassipes* and its mechanism in the hexavalent chromium removal. Applied Surface Science. 399: 322-329.
50. Mamelona, J., Pelletier, E., Girard-Lalancette, K., Legault, J., Karboune, S., and Kermasha, S. 2007. Quantification of phenolic contents and antioxidant capacity of Atlantic sea cucumber *Cucumaria frondosa*. Food Chemistry. 104: 1040-1047.
51. Zhang, G., He, L., and Hu, M. 2011. Optimized ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Prunella vulgaris* L. and evaluation of antioxidant activities in vitro. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 12: 1. 18-25.
52. Borzoie, H., and Tabarsa, M. 2017. The use of secondary metabolites of *Eichhornia crassipes* in neutralizing free radicals, The Second National Conference on Science and Technology of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran, Tehran, Iran. (In Persian)
53. Naghdi, S., Babakhani Lashkan, A., and Rashidiyan, G. 2021. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Azolla filiculoides* using Taguchi method: Antioxidant and antibacterial capabilities. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 20: 5. 1354-1370.
54. López-Mejía, O.A., López-Malo, A., and Palou, E. 2014. Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) seeds or leaves. Industrial Crops and Products. 53: 55-59.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

55. Wong, K.W.A. 2017. Antioxidant properties of wild *Nelumbo nucifera* (lotus plant) grown in Ipoh. Universiti Tunku Abdul Rahman.
56. Gao, H., Zhang, L., Zhu, A., Liu, X., Wang, T., Wan, M., Yang, X., Zhang, Y., and Zhang, Y. 2020. Metabolic profiling of nuciferine in vivo and in vitro. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 68: 48. 14135-14147.
57. Marzouk, Z., Marzouk, B., Mahjoub, M.A.A, Haloui, E., Mighri, Z., Aouni, M., and Fenina, N. 2010. Screening of the antioxidant and the free radical scavenging potential of Tunisian *Citrullus colocynthis* Schrad. from Mednine. Journal of Food Agricuture and Environment, 8: 2. 261-265.
58. Garmsiri, E., Rezaei, M., Shaviklo, A., and Babakhani Lashkan, A. 2013. Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Persian Gulf Red Algae (*Hypnea hamulosa*). Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics. 2: 3. 37-48. (In Persian)
59. Moure, A., Franco, D., Sineiro, J., Domĭngguez, H., Nūñez, M.J., and Lema, J.M. 2001. Antioxidant activity of extracts from *Gevuina avellana* and *Rosa rubiginosa* defatted seeds. Food Research International. 34: 2.103-109.
60. Baradaran, M., Ashrafpour, M., Rezaei, H., Sefidgar, A.A., and Sharifi, H. 2014. Antioxidant activity of different extracts of *Artemisia Annua* growing in an area of Babol city, Sabzevar University of Medical Sciences, 21: 4. 529-539. (In Persian)
61. Karadag, A., Ozcelik, B., and Saner, S. 2009. Review of methods to determine antioxidant capacities. Food analytical methods. 2: 1. 41-60.
62. Soto-Maldonado, C., Fernández-Araya, B., Saavedra-Sánchez, V., Santis-Bernal, J., Alcaíno-Fuentes, L., Arancibia-Díaz, A., and Zúñiga-Hansen, M.E. 2022. Antioxidant and antimicrobial capacity of *Maytenus boaria* leaves, recovery by infusion and solvent extraction. Electronic Journal of Biotechnology. 56: 47-53.
63. Jayanthi, P., and Lalitha, P. 2011. Determination of the in vitro reducing power of the aqueous extract of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Journal of Pharmacy Research. 4: 4003-4005.
64. Alam, M., Biozid, M.S., Faruk, M., Abeden, M.J., Ferdous, K.U., Nitul, I.A., and Islam, M.R. 2020. Anti-oxidant activity of methanolic extract of aquatic flowering plant *Nymphaea capensis* leaf.
65. Hodhodi, A., Babakhani, A., and Rostamzad, H. 2020. Extraction of brown alga *Sargassum angustifolium* and evaluation of fluorotanine compounds and its antioxidant properties, Journal of Fisheries Science and Technology. 9: 3. 156-169. (In Persian)
66. Marmouzi, I., Kharbach, M., El Jemli, M., Bouyahya, A., Cherrah, Y., Bouklouze, A., Vander Heyden, Y., and Faouzi, M.E.A. 2019. Antidiabetic, dermatoprotective, antioxidant and chemical functionalities in *Zizyphus lotus* leaves and fruits. Industrial Crops and Products. 132: 134-139.

Archive of SID.ir