Research Article

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research
Vol. 41, No. 2, Page 293-307 (2025)

DOI:10.22092/ijmapr.2025.365354.3435

Comparison of antioxidant properties and phenol-flavonoid content of *Boswellia thurifera* Roxb. and *Pistacia lentiscus* L. gum extracts prepared by different solvents

Mohammad Ali Zarei[1]* and Narges Nourbakhsh[2]

1*. Corresponding author, Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, Email: mazarei@uok.ac.ir
2. M.Sc student, Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Received: March 2024 Revised: March 2025 Accepted: May 2025

Abstract

Background and Objectives: Antioxidants are a group of chemical compounds naturally present in many foods. These compounds help protect the body's cells and tissues from oxidative damage by neutralizing free radicals. The most important natural antioxidants are found in grains, vegetables, fruits, and spices. Frankincense (*Boswellia thurifera*) is a medicinal plant traditionally used in Arabic medicine to enhance memory. Mastic gum, derived from the shrub *Pistacia lentiscus*, possesses numerous medicinal properties and is considered a medicinal plant. The chemical compounds extracted from frankincense and mastic gums using various solvents may exhibit different antioxidant properties. Consequently, this research aimed to investigate the reducing power, as well as the phenolic and flavonoid contents, of frankincense and mastic extracts prepared using different solvents.

Methodology: Acetone, ethyl acetate, hexane, ethanol, methanol, and ether were selected as solvents for extracting frankincense and mastic gums using a rotary evaporator. The resulting extracts were analyzed to evaluate their reducing power, antioxidant activity, and free radical scavenging ability using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay. Additionally, the total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method, and the total flavonoid content was measured using the aluminum chloride colorimetric method.

Results: In the experiments performed with extracts obtained using various solvents (acetone, hexane, ethyl acetate, methanol, ether, and ethanol), the lowest EC_{50} value was observed in the hexane extract of frankincense (2.24 mg/mL), and the acetone extract of mastic (3.10 mg/mL), indicating the highest reducing power. Conversely, the highest EC_{50} values—indicative of the lowest reducing power—were found in the hexane extracts of frankincense (64.75 mg/mL) and mastic (12.59 mg/mL).

Regarding total phenolic content, the ethanolic extract of frankincense had the highest value (0.2675 mg/mL), while the hexane extract had the lowest (0.0825 mg/mL). For mastic extracts, the acetone extract exhibited the highest phenolic content (0.261 mg/mL), and the methanolic extract showed the lowest (0.086 mg/mL).

Copyright: © 2025 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijmapr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

As for total flavonoid content, the highest amounts were recorded in the ether extracts of mastic (0.133 mg/mL) and frankincense (0.161 mg/mL). The lowest flavonoid content was found in the methanolic extract of mastic (0.0185 mg/mL) and the ethanolic extract of frankincense (0.0435 mg/mL).

Conclusion: The findings of this study indicate that extracts of mastic and frankincense obtained using acetone, ethanol, methanol, ethyl acetate, hexane, and ether exhibited significant antioxidant activity. Among the frankincense extracts, the methanolic extract, with the highest EC_{50} value, demonstrated the lowest antioxidant activity, while the hexane extract, with the lowest EC_{50}, had the highest antioxidant activity. Similarly, for mastic, the hexane extract showed the lowest antioxidant activity (highest EC50), while the acetone extract exhibited the highest antioxidant activity (lowest EC_{50}).

Another objective of the study was to assess the phenolic and flavonoid content of mastic and frankincense extracts in different solvents. The highest phenolic content was found in the ethanolic extract of frankincense and the acetone extract of mastic, while the lowest was observed in the hexane extract of frankincense and the methanolic extract of mastic.

For flavonoids, the ether extracts of both mastic and frankincense gums contained the highest levels, whereas the methanolic extract of mastic and the ethanolic extract of frankincense contained the lowest. Given the strong correlation between phenolic and flavonoid content and antioxidant activity in frankincense and mastic, these plants can serve as valuable natural sources of antioxidants for human health and have potential applications as effective medicinal agents.

Keywords: Frankincense gum, Mastic gum, Phenol, Flavonoid, Antioxidant.

مقایسه خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول – فلاونوئیدی عصاره صمغ کندر (*Boswellia thurifera* Roxb.) و صمغ مصطکی (*Pistacia lentiscus* L.) تهیه شده به وسیله حلال‌های مختلف

محمد علی زارعی[۱*] و نرگس نوربخش [۲]

۱– نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم زیستی دانشکده علوم، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، پست‌الکترونیک: mazarei@uok.ac.ir

۲– دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم زیستی دانشکده علوم، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۴۰۳ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۴

چکیده

سابقه و هدف: آنتی‌اکسیدان‌ها گروهی از ترکیبات شیمیایی هستند که به‌صورت طبیعی در بسیاری از مواد غذایی وجود دارند. این ترکیبات با از بین بردن رادیکال‌های آزاد به سلول و بافت‌های بدن کمک می‌کنند تا از آسیب‌های اکسیداتیو جلوگیری کنند. مهمترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در غلات، سبزیجات، میوه‌ها و ادویه‌جات هستند. کندر با نام علمی (*Boswellia thurifera*) گیاهی دارویی است که از صمغ آن در طب سنتی عربی برای تقویت حافظه استفاده می‌شود. صمغ مصطکی از درختچه‌ای به نام پسته مصطکی (*Pistacia lentiscus*) تهیه می‌شود. این صمغ دارای خواص دارویی متعددی بوده، از این‌رو گیاه مصطکی ازجمله گیاهان دارویی محسوب می‌گردد. عصاره‌های استخراج شده از صمغ گیاه کندر و صمغ گیاه مصطکی توسط حلال‌های مختلف ممکن است توانایی‌های متفاوتی از نظر احیاکنندگی داشته باشند. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول– فلاونوئیدی عصاره صمغ کندر (*B. thurifera*) و عصاره صمغ مصطکی (*P. lentiscus*) تهیه شده بوسیله حلال‌های مختلف است. با این رویکرد که حلال‌های مختلف قادر به استخراج درصدهای متفاوتی از مواد آنتی‌اکسیدانی موجود در صمغ کندر و صمغ مصطکی هستند.

مواد و روش‌ها: حلال‌های استون، اتیل‌استات، هگزان، اتانول، متانول و اتر برای استخراج عصاره صمغ کندر و عصاره صمغ مصطکی به روش ماسراسیون و به وسیله دستگاه روتاری اواپوراتور انتخاب شدند. از عصاره‌های حاصل به منظور بررسی توان احیاکنندگی عصاره صمغ کندر و عصاره صمغ مصطکی توسط حلال‌های مختلف و با استفاده از فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال آزاد ۲و۲– دی فنیل– ۱– پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده شد. میزان کل ترکیبات فنولی با روش فولین سیوکالچیو اندازه‌گیری شد و فلاونوئید تام با روش ایجاد رنگ کمپلکس آلومینیوم کلراید سنجش گردید.

نتایج: مطابق نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی عصاره‌های صمغ کندر و مصطکی در غلظت‌های مختلف و با استفاده از حلال‌های (استون، هگزان، اتیل‌استات، متانول، اتر و اتانول)، کمترین مقدار EC_{50} برای عصاره استونی کندر با (EC_{50} =۲/۲۴mg.ml^{-1}) و عصاره استونی مصطکی با (EC_{50} =۳/۱۰ mg.ml^{-1}) ثبت شد که طبق این نتایج دارای بیشترین قدرت احیاءکنندگی بودند. بیشترین مقدار EC_{50} ثبت شده مربوط به عصاره هگزانی صمغ کندر با (EC_{50} = ۶۴/۷۵ mg.ml^{-1}) و عصاره هگزانی مصطکی با (EC_{50} =۱۲/۵۹ mg.ml^{-1}) بود که بر این مبنا دارای کمترین قدرت احیاءکنندگی بودند. عصاره اتانولی کندر حاوی بیشترین مقدار فنول تام (۰/۲۶۷۵ mg.ml^{-1}) و عصاره هگزانی آن حاوی کمترین مقدار فنول تام (۰/۰۸۲۵ mg.ml^{-1}) بود. عصاره استونی مصطکی حاوی بیشترین مقدار فنول تام (۰/۲۶۱ mg.ml^{-1}) و عصاره متانولی آن حاوی کمترین مقدار فنول تام بود (۰/۰۸۶ mg.ml^{-1}). بیشترین مقدار فلاونوئید تام مربوط به عصاره اتری مصطکی (۰/۱۳۳ mg.ml^{-1}) و عصاره اتری کندر (۰/۱۶۱ mg.ml^{-1}) و کمترین مقدار فلاونوئید تام مربوط به عصاره متانولی مصطکی (۰/۰۱۸۵ mg.ml^{-1}) و عصاره اتانولی کندر (۰/۰۴۳۵ mg.ml^{-1}) بود.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که عصاره استونی، اتانولی، متانولی، اتیل استات، هگزانی و اتری مصطکی و کندر به صورت قابل توجهی دارای اثرهای آنتی اکسیدانی بودند که در آزمایش‌های مربوط به کندر، عصاره متانولی کندر با بالاترین EC_{50} کمترین توان آنتی‌اکسیدانی را داشت و عصاره هگزانی کندر با کمترین EC_{50} دارای بیشترین توان آنتی اکسیدانی بود. در آزمایش‌های

مربوط به مصطکی نیز عصاره مصطکی هگزان با بیشترین مقدار EC_{50} دارای کمترین توان آنتی‌اکسیدانی و عصاره استونی مصطکی با کمترین مقدار EC_{50} دارای بیشترین توان آنتی‌اکسیدانی بود. از اهداف دیگر این مطالعه، بررسی محتوای فنول و فلاونوئیدی عصاره‌های مصطکی و کندر در حلال‌های مختلف بود که درصد فنول در عصاره اتانولی کندر و عصاره استونی مصطکی دارای بیشترین مقدار و در عصاره هگزان کندر و عصاره متانولی مصطکی دارای کمترین مقدار بود. در بررسی انجام شده برای مقدار فلاونوئید عصاره‌ها، بیشترین مقدار فلاونوئید برای عصاره اتری صمغ هردو گیاه مصطکی و کندر بود و کمترین مقدار استخراج فلاونوئید مربوط به عصاره متانولی مصطکی و عصاره اتانولی کندر بود. با توجه به رابطه میان محتوای فنول و فلاونوئید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی، گیاه مصطکی و گیاه کندر می‌توانند در تأمین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بدن استفاده شوند. در نتیجه می‌توان از این خاصیت به عنوان منابع دارویی مفید استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید، فنول، صمغ کندر، صمغ مصطکی

مقدمه

کندر با نام علمی (*Boswellia thurifera*) گیاهی دارویی، از راسته افراسانان (Sapindales) بوده که در طب سنتی عربی از صمغ آن برای تقویت حافظه استفاده می‌شود. مهمترین ماده موجود در صمغ کندر بوسولیک اسید است که ماده‌ای فعال بوده و ساختار آن به استروئیدها شبیه می‌باشد و تأثیری مشابه مسکن دارد. ازجمله مشتقات مختلف بوسولیک اسید می‌توان به بتا- بوسولیک اسید، ۱۱-کتو-بتا-بوسولیک اسید و استیل-۱۱-کتو-بتا-بوسولیک اسید اشاره نمود. بوسولیک اسید یک ضدالتهاب مؤثر است و ممکن است مانع از بین رفتن غضروف شود. برخی مطالعات نشان داده‌اند که حتی ممکن است در درمان برخی سرطان‌ها نیز مفید باشد. بوسولیک اسید اثر ضدتکثیری بر تومورها داشته و از تکثیر سلول‌های توموری جلوگیری می‌کند (Johnson & Moore, 2012). از صمغ کندر در زمان مصریان باستان برای درمان ترک پوستی استفاده شده است (Salter & Kimball, 2006)، همچنین در صنعت عطرسازی و تولیدِ دارو (Tolera *et al.*, 2013)، برای درمان بیماری‌های التهابی مختلف مانند آرتریت روماتوئید در چین (Chevrier *et al.*, 2005) و هند (Safayhi *et al.*, 1996) از این صمغ استفاده شده است. رزین‌های صمغ کندر حاوی مواد فعالی هستند که فعالیت ضد سرطانی (Ni *et al.*, 2012)، ضدمیکروبی (Camarda *et al.*, 2007)، ضد افسردگی (Moussaieff *et al.*, 2012) و اثرهای محافظتی کبد (Wang *et al.*, 2021) و اثرهای تعدیل‌کننده سیستم ایمنی ازجمله آنها می‌باشد (Chevrier *et al.*, 2005).

مصطکی یک نوع صمغ طبیعی است که از درختچه پسته مصطکی (*Pistacia lentisus*) به دست می‌آید و غنی از ترپنوئیدها و پلی‌فنول‌ها است (Quartu *et al.*, 2012, Park *et al.*, 2020). این درختچه در کشورهای یونان، ترکیه و مناطقی از خاورمیانه و شمال آفریقا رشد می‌کند. در ایران نیز به‌طور گسترده در مناطق شمال‌غربی و جنوب‌غربی رشد می‌نماید (Rauf *et al.*, 2017). صمغ مصطکی از درختچه‌ای به نام پسته مصطکی (*Pistacia lentiscus*) تهیه می‌شود (Lee *et al.*, 2008). این صمغ دارای خواص دارویی متعددی بوده، از این‌رو گیاه مصطکی ازجمله گیاهان دارویی محسوب می‌گردد (Bozorgi *et al.*, 2013). از این گیاه در مصر باستان برای مومیایی کردن اجساد و خوش‌بو کردن محیط استفاده شده است (Wei *et al.*, 2022). محصول عمده این درخت صمغی است که در اثر خراش‌هایی که بر درخت وارد می‌کنند استخراج و در داروسازی از آن استفاده می‌شود (Kounatidis & Ligoxygakis, 2012). طبع گیاه مصطکی گرم و خشک (صفراوی) است (Martincorena & Campbell, 2015). ازجمله خواص درمانی مصطکی می‌توان به درمان گرفتگی گوش، تقویت حافظه، تقویت قلب و اعصاب، درمان سرفه، رفع بوی بد دهان، تسکین درد مفاصل و شکستگی و خاصیت ضد سرطانی آن اشاره نمود (Spyridopoulou *et al*, 2017). صمغ مصطکی به عنوان یک ماده فعال در تولید برخی از محصولات دارویی و بهداشتی-آرایشی نیز به‌کار می‌رود

(Fathiazad *et al.*, 2010). علت رنگ زرد صمغ مصطکی، در واقع مربوط به محتویات شیمیایی آن است که در اثر اکسیداسیون این ترکیبات این تغییر رنگ اتفاق می‌افتد (Wang *et al.*, 2016). صمغ مصطکی که یک رزین طبیعی است از تنه و شاخه‌های بوته مصطکی با بریدن پوست با ابزار تیز ایجاد می‌شود. این صمغ در برش‌ها به صورت اشک ظاهر شده و به‌صورت قطراتی تراوش می‌کند (Dabos *et al.*, 2010). صمغ این درخت دارای خواص دارویی بسیاری بوده، از این‌رو جزو گیاهان مفید محسوب می‌شود (Wei *et al.*, 2022) و یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان در فارماکولوژی سواحل شرقی مدیترانه است (Lev, 2006). صمغ مصطکی، محافظت در برابر اختلالات دستگاه گوارش و عفونت‌های باکتریایی را فراهم می‌کند (Giaginis & Theocharis, 2011). در اردن برای مقابله با زردی استفاده می‌شود (Chen *et al.*, 2022). در الجزایر، آن را به عنوان عامل ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان، کاهش دهنده فشار خون و قند خون می‌شناسند (Missoun *et al.*, 2017). از دیگر خواص صمغ گیاه مصطکی خواص ضد التهابی، ضد باکتری، ضد ویروسی و ضد قارچی، تقویت حافظه، درمان سرفه، تسکین درد مفاصل و شکستگی، رفع بوی بد دهان و درمان زخم روده می‌باشد (Lin *et al.*, 2022).

عموماً گیاهان حاوی سطوح بالایی از ترکیبات زیست فعال مانند فنول‌ها و فلاونوئیدها هستند که نه تنها بهبود گیاه را کنترل می‌کنند، بلکه دارای مزایای سلامتی قابل توجهی برای انسان هستند. فنول‌ها عملکردهای مختلفی در گیاهان دارند، ازجمله محافظت در برابر گیاه‌خواران، علف‌ها و میکروب‌ها و پایداری مکانیکی و نیز باعث بهبود پذیرش گیاه در موقعیت‌های استرس‌زا ناشی از تغییرات محیطی مرتبط می‌شوند (Alotaibi & Abd-Elgawad, 2023). فنول‌های گیاهی در میوه‌ها و سبزیجات موجود می‌باشند، آنها مسئول رنگ میوه‌های قرمز، آب میوه‌ها و بستر قهوه‌ای شدن آنزیمی هستند و در خواص طعم‌دهنده‌ها نقش دارند (Cheynier, 2012). آنتی‌اکسیدان‌ها موجب حفاظت در برابر بیماری‌های قلبی و عروقی و سرطان می‌شود (López-Vélez *et al.*, 2003). تا به امروز بیش از ۶۰۰۰ فلاونوئید در میان گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده‌اند که براساس ساختار شیمیایی آنها به زیرگروه‌های متعددی طبقه‌بندی می‌شوند. فلاونوئیدها ترکیبات پلی‌فنولی هستند که در گیاهان به عنوان متابولیت‌های ثانویه زیست فعال سنتز می‌شوند، انتقال اکسین و کاتابولیسم آن و محافظت در برابر اشعه ماوراءبنفش از مهمترین عملکردهای این مواد شیمیایی گیاهی می‌باشند (Nabavi *et al.*, 2020). فلاونوئیدها دارای عملکردهای دیگری مانند جذب گرده‌افشان‌ها، برهم‌کنش با ریزوسفر و محافظت در برابر پاتوژن‌های گیاهی (که احتمالاً بعداً تکامل یافته‌اند) هستند، همچنین دارای خواص محافظت‌کننده عصبی، محافظت‌کننده کبد و محافظت از قلب نیز می‌باشند (Scarano *et al.*, 2018). به نظر می‌رسد این ویژگی به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی فلاونوئیدها و ظرفیت آنها برای از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) است که اگر بیش از حد باشد، باعث آسیب اکسیداتیو سلولی می‌شود؛ بنابراین، میوه‌ها و سبزیجات غنی از فلاونوئید باید به رژیم غذایی اضافه شوند (Vicente & Boscaiu, 2018). فلاونوئیدها دارای توانایی ضد باکتری، ضد ویروسی، آنتی‌اکسیدانی (Panche, 2016)، ضد حساسیتی (Batra, 2013) و ضد التهابی (Tapas *et al.*, 2008) هستند.

با توجه به اهمیت فراوان صمغ کندر و مصطکی از نظر خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل و فلاونوئیدی آنها، هدف از این پژوهش دستیابی به حلالی بود که قادر به استخراج بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان، فنل و فلاونوئید از عصاره صمغ کندر و عصاره صمغ مصطکی باشد تا بتوان آن حلال را به عنوان مؤثرترین حلال در استخراج انتخاب نمود.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره‌های گیاهی

صمغ‌های مصطکی و کندر از عطاری «شفا» (یکی از عطاری‌های معتبر در شهر سنندج) تهیه و به آزمایشگاه بیوشیمی منتقل گردید. برای تهیه عصاره صمغ‌های مصطکی و کندر، ۱۰ گرم پودر صمغ مورد نظر توزین و در ۱۰۰ میلی‌لیتر

حلال مورد نظر درون یک ظرف شیشه‌ای حل گردید، این محلول به مدت ۷۲ ساعت و روزی دو بار هم زده شد تا مواد ته‌نشین شود، پس از گذشت این زمان محلول از کاغذ صافی عبور داده شد تا رسوب آن گرفته شود. سپس با استفاده از دستگاه روتاری اواپوراتور مایع صاف شده مورد نظر تغلیظ گردید. با توجه به نقطه جوش حلال مورد نظر، دمای دستگاه روتاری اواپوراتور در نقطه جوش آن حلال تنظیم گردید و فرایند تغلیظ شدن در مدت ۶۰ دقیقه و چرخش ۵۰ دور در دقیقه انجام شد. پس از رسیدن به غلظت مناسب، دستگاه خاموش و مواد مورد نظر به ظرف شیشه ساعت منتقل شدند و در زیر هود به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس مواد خشک شده به کمک تیغ فولادی از روی شیشه ساعت برداشت شده و به میکروتیوب منتقل شدند، میکروتیوب‌های حاوی عصاره در فریزر دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تمام مراحل بالا برای تهیه عصاره دو صمغ کندر و مصطکی توسط شش حلال اتر، استون، اتانول، اتیل استات، متانول و هگزان به روش بالا تکرار شد.

سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی

برای بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال آزاد DPPH، از روش فو استفاده شد (Fu *et al.*, 2014). سنجش‌ها در میکروپلیت‌های ۹۶ چاهکی و در حجم کل µl ۲۰۰ و با استفاده از دستگاه میکروپلیت‌خوان به ترتیب زیر انجام شد. ابتدا ۱۰۰µl از محلول DPPH با غلظت mM ۰/۱ حل شده در متانول، به چاهک‌ها افزوده شد و بعد مقدار ۱۰۰µl از غلظت‌های مختلف عصاره حل شده در متانول به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. از محلول DPPH به عنوان کنترل منفی استفاده گردید. بعد از اتمام انکوباسیون، جذب در طول موج ۴۹۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. از اسید آسکوربیک به عنوان کنترل مثبت استفاده گردید. پس از پایان سنجش، جذب پلیت خالی از جذب چاهک‌های متناظرش کسر شده و بعد با تفریق جذب چاهک بلانک از جذب چاهک آزمایش، جذب نهایی محاسبه و با استفاده از رابطه زیر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی محاسبه شد.

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی = ((جذب عصاره - جذب کنترل منفی) / جذب کنترل منفی) ×۱۰۰

سنجش محتوی فلاونوئیدی عصاره‌های گیاهی

فلاونوئید تام با روش ایجاد رنگ کمپلکس آلومینیوم کلراید و مطابق شیوه‌نامه چانگ- یانگ با کمی تغییرات اندازه‌گیری شد (Chang *et al.*, 2002). طبق این روش، محلول ۰/۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از عصاره هریک از اندام‌های هوایی دو گیاه تهیه شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از نمونه در ۱/۵ میلی‌لیتر متانول حل گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر کلراید آلومینیوم ۱۰ درصد، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت و جذب مخلوط در ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. از کوئرستین به عنوان رسم منحنی استاندارد استفاده شد و نتایج براساس برابر میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره بیان گردید. بدین صورت که ابتدا یک محلول از کوئرستین با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. سپس غلظت‌های دیگر از آن به دست آمد. براساس یک نمودار کالیبراسیون کوئرستین، با به دست آوردن رابطه خط و قرار دادن جذب عصاره در آن، مقدار فلاونوئید تام عصاره ارزیابی شد. آزمایش‌ها ۳ بار تکرار شدند و میانگین این تکرارها گزارش شد. اساس این روش، رنگ ایجاد شده توسط کمپلکس اسیدی آلومینیوم کلراید با گروه هیدروکسیل فلاونوئیدها است که در صورت وجود فلاونوئید در عصاره این کمپلکس ایجاد می‌شود و بیشترین جذب را در طول موج ۴۱۵ نانومتر دارد.

تعیین مقدار فنول عصاره‌های گیاهی

میزان کل ترکیبات فنولی با روش فولین سیوکالچیو و مطابق

شیوه‌نامه Shahidi و Naczk (۱۹۹۵) با کمی تغییرات اندازه‌گیری شد. یک میلی‌گرم از عصاره هریک از اندام‌های هوایی گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول حل شد تا غلظت ۱۰۰ppm حاصل شود. فراکسیون‌های سه‌گانه ۰/۵ میلی‌لیتر در لوله آزمایش ریخته شد، سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالچیو به لوله‌ها اضافه و به مدت ۲ دقیقه هم‌زده شد. آنگاه ۱۰ میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات ۷ درصد اضافه گردید. جذب پس از ۱۵ دقیقه انکوباسیون نمونه‌ها در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها برای عصاره و استاندارد سه بار تکرار شدند. برای رسم منحنی استاندارد اسید گالیک، محلول پایه‌ای از این ماده با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه شد، سپس از این غلظت، رقت‌های مختلف برحسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید. پس از طی این مراحل، جذب نمونه‌ها قرائت شد. براساس یک نمودار کالیبراسیون اسید گالیک، با به دست آوردن رابطه خطی منحنی استاندارد و قرار دادن جذب عصاره در آن، مقدار فنول تام عصاره اندازه‌گیری شد.

نتایج

تعیین درصد احیاء DPPH در مقابل غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

سنجش اثر آنتی‌اکسیدانی DPPH بر اسید آسکوربیک که به عنوان کنترل مثبت در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، در چند غلظت مختلف انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار اکسل میزان درصد احیاء معرف توسط اسیدآسکوربیک محاسبه گردید. برای ارزیابی و مقایسه توان احیاکنندگی ترکیبات مختلف می‌توان از شاخصی به نام EC_{50} استفاده نمود که مخفف (Half maximal effective concentration) یا «غلظت با تأثیر نیمه حداکثری» است و به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت این شاخص، معیاری از توان و اثر زیستی یک ماده فعال است، اما برای بیان کمی این توان محققان غلظتی از ماده مورد نظر را بیان می‌کنند که پنجاه درصد از اثر حداکثری آن را نشان دهد و به این ترتیب قابل مقایسه با ترکیبات مشابه باشد. در اینجا این شاخص برای مقایسه توان آنتی‌اکسیدانی ترکیبات مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. برای تعیین این شاخص، ابتدا نمودار درصد احیا DPPH علیه لگاریتم غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک رسم شد و مقدار EC_{50} از روی رابطه خط نمودار محاسبه گردید. نتیجه محاسبات و مقدار میانگین غلظت اسید آسکوربیک (۲۷/۴۲ میکروگرم در میلی‌لیتر) در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- غلظت با تأثیر نیمه حداکثری (EC_{50}) برای اسید آسکوربیک در تست های مختلف

Table 1. Half maximal effective concentration (EC_{50}) for ascorbic acid in different tests

Test No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean±SD
EC_{50} ($\mu g.mL^{-1}$)	27.20	25.12	22.02	22.39	23.99	35.48	33.88	38.95	17.78	27.42±7

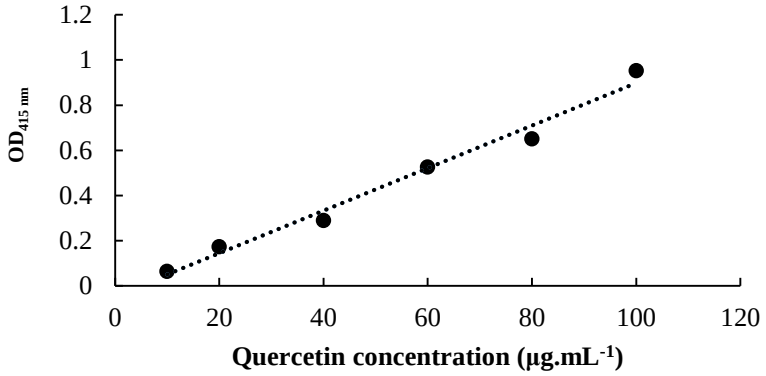
تعیین درصد احیاء DPPH توسط عصاره‌های کندر و مصطکی استخراج شده به وسیله حلال‌های مختلف

سنجش اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های کندر و مصطکی بر معرف DPPH در چند غلظت مختلف انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار اکسل میزان درصد آنتی‌اکسیدانی عصاره کندر و مصطکی محاسبه گردید. برای تعیین EC_{50} ابتدا از نمودار درصد احیا DPPH در غلظت‌های مختلف عصاره‌های کندر و مصطکی برای هریک از حلال‌ها استفاده شد (جدول ۲). کمترین مقدار برای هر دو عصاره کندر و مصطکی مربوط به عصاره استخراج شده توسط استن می‌باشد که می‌تواند نشان‌دهنده مقدار بیشتر ترکیبات آنتی‌اکسیدان استخراج شده توسط این حلال باشد.

جدول ۲- اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف کندر و مصطکی بر معرف **DPPH** (غلظت با تأثیر نیمه حداکثری (EC_{50}, **mg.ml^{-1}**) برای عصاره‌ها)

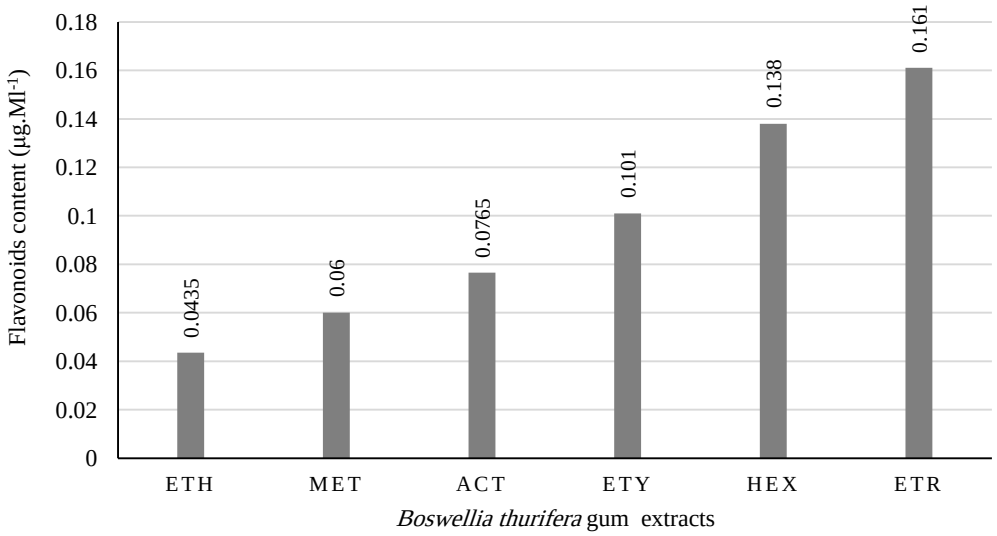
Table 2. Antioxidant effect of different frankincense and mastic extracts on DPPH (Half maximal effective concentration (EC_{50}, mg.ml^{-1}) for extracts)

	Hexane	Ethere	Ethanol	Methanol	Ethylacetate	Aceton
Frankincense	64.57	11.75	7.08	4.37	2.82	2.24
Mastic	12.59	6.31	5.01	5.50	3.80	3.10



شکل ۱- منحنی استاندارد تغییرات جذب نوری در مقابل غلظت‌های مختلف کوئرستین در طول موج ۴۱۵ نانومتر

Figure 1. Standard curve of optical absorption changes versus different quercetin concentrations at wavelength of 420 nm

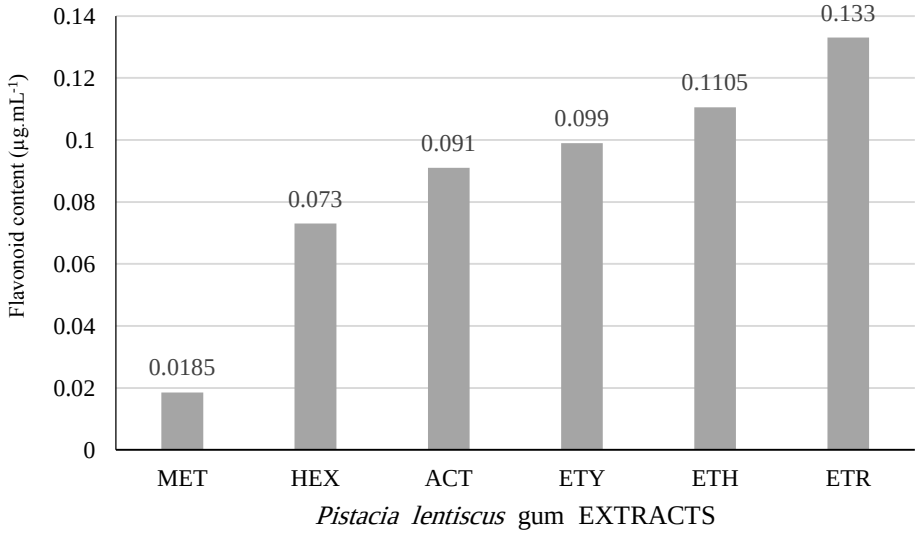


شکل۲- محتوی فلاونوئید عصاره‌های مختلف صمغ کندر

Figure 2. Flavonoids content of different *Boswellia thurifera* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.

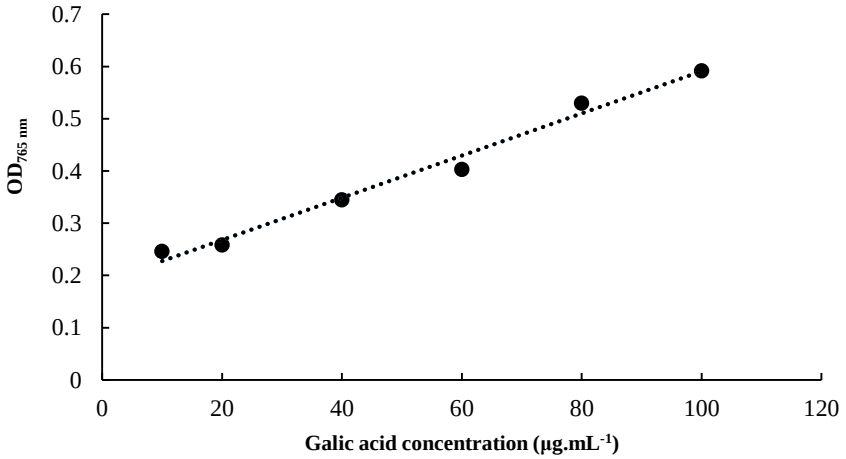
تعیین مقادیر فلاونوئید استخراج شده توسط حلال‌های مختلف از کندر و مصطکی

ابتدا منحنی استاندارد برای محلول کوئرستین به عنوان یک فلاونوئید خالص (شکل ۱) مطابق شیوه‌نامه چانگ- یانگ با کمی تغییرات تهیه شد (Chang *et al.*, 2002). آنگاه با انجام همین آزمایش بر روی عصاره‌ها و قراردادن میزان جذب عصاره‌های مختلف در رابطه خط منحنی استاندارد، مقدار فلاونوئید تام نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش محاسبه شد (شکل‌های ۲ و ۳). در مورد هر دو عصاره کندر و مصطکی بیشترین مقدار فلاونوئید توسط حلال اتر استخراج شده است.



شکل۳- محتوی فلاونوئید عصاره‌های مختلف صمغ مصطکی

Figure 3. Flavonoids content of different *Pistacia lentiscus* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.

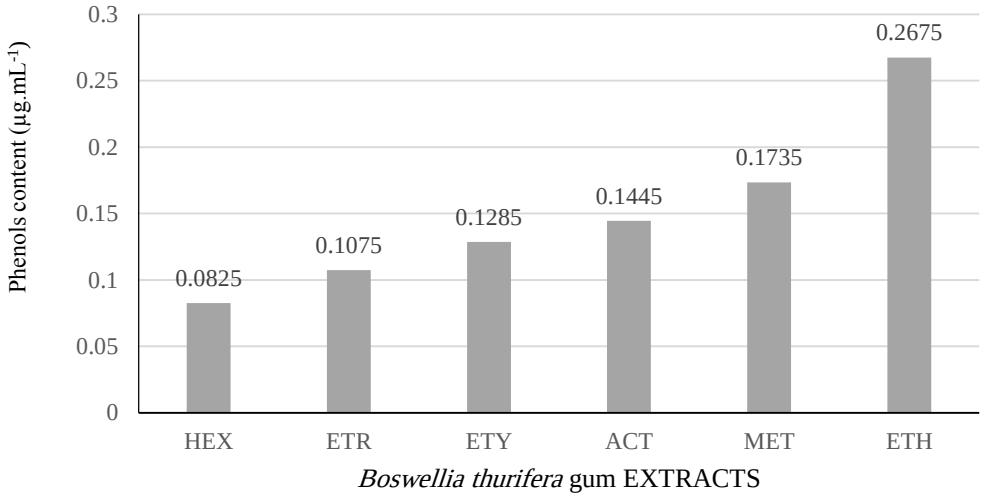


شکل ۴- منحنی استاندارد تغییرات جذب نوری در مقابل غلظت‌های مختلف اسیدگالیک در طول موج ۷۶۵ نانومتر

Figure 4. Standard curve of optical absorption changes versus different gallic acid concentrations at wavelength of 765 nm

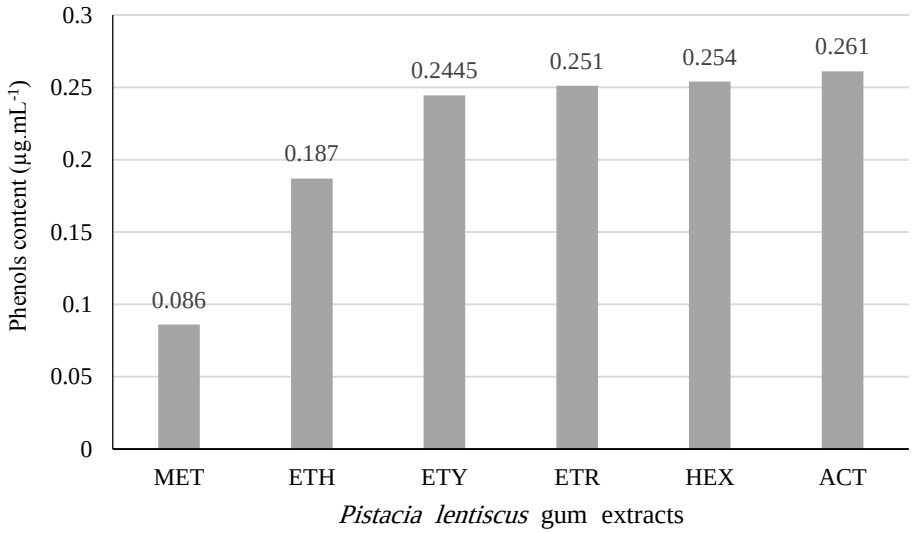
تعیین مقادیر فنول استخراج شده توسط حلال‌های مختلف از کندر و مصطکی

مقدار فنول تام عصاره‌های مختلف بدست آمده از صمغ گیاهان کندر و مصطکی بر مبنای مقایسه با نمودار استاندارد اسیدگالیک (شکل۴) محاسبه شد (شکل‌های ۵ و ۶). در اینجا ملاحظه می‌شود که بیشترین استخراج فنول از عصاره صمغ کندر توسط حلال اتانول و بیشترین استخراج فنول از عصاره صمغ مصطکی توسط حلال استن انجام شده است.



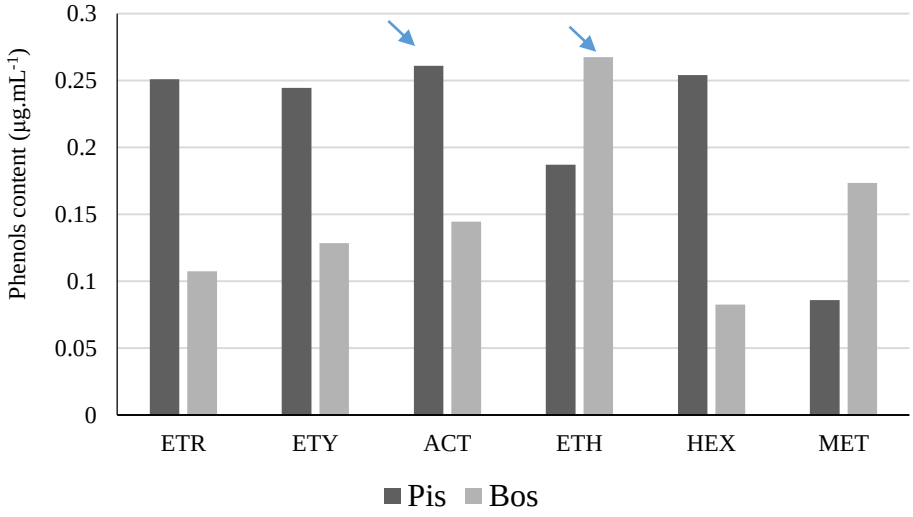
شکل ۵- محتوی فنول عصاره‌های مختلف صمغ کندر

Figure 5. Phenols content of different *Boswellia thurifera* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.



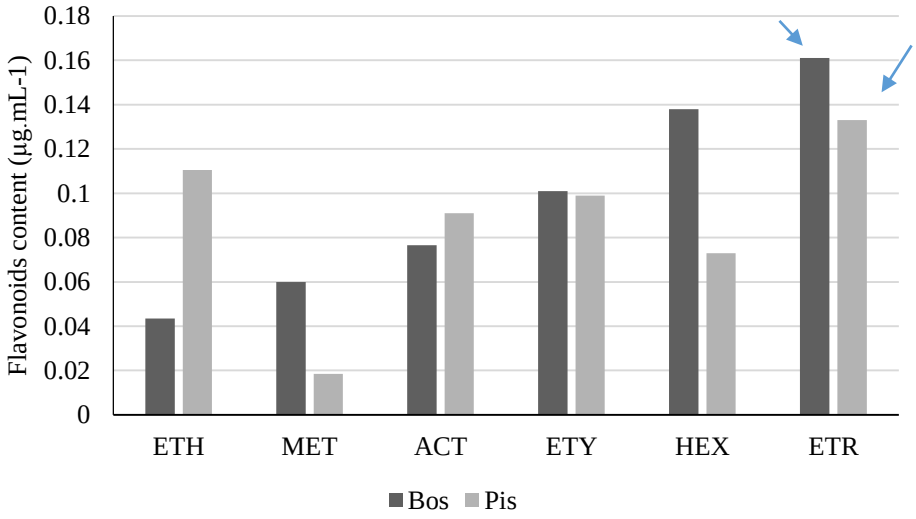
شکل ۶- محتوی فنول عصاره‌های مختلف صمغ مصطکی

Figure 6. Phenols content of different *Pistacia lentiscus* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.



شکل ۷- محتوی فنول عصاره‌های مختلف صمغ‌های کندر و مصطکی

Figure 7. Phenols content of different *Boswellia thurifera* or *Pistacia lentiscus* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.



شکل ۸- محتوی فلاونوئید عصاره‌های مختلف صمغ‌های کندر و مصطکی

Figure 8. Flavonoids content of different *Boswellia thurifera* or *Pistacia lentiscus* gum extracts
ETH: ethanol, MET: methanol, ACT: acetone, ETY: ethyl acetate, HEX: hexane, and ETR: ether.

بحث

هدف از انجام این پژوهش، مقایسه خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنول- فلاونوئیدی عصاره صمغ کندر *Boswellia thurifera* Rox. و عصاره صمغ مصطکی *Pistasia lentiscus* L. تهیه شده به وسیله حلال‌های مختلف بود. با این رویکرد که حلال‌های مختلف قادر به استخراج درصدهای متفاوتی از مواد آنتی‌اکسیدانی موجود در صمغ کندر و صمغ مصطکی بود. در همین راستا، Liu و همکارانش (۲۰۲۰) ترکیبات شیمیایی مختلف صمغ مصطکی را بررسی کردند، نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین درصد احیای DPPH

برای عصاره استونی مصطکی با EC_{50} ۳/۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و کمترین مقدار درصد احیای DPPH مربوط به عصاره هگزانی مصطکی با EC_{50} برابر ۱۲/۵۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. در سنجش عصاره‌های کندر بیشترین مقدار درصد احیای DPPH برای عصاره استونی کندر با EC_{50} برابر ۲/۲۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و کمترین درصد احیای DPPH مربوط به عصاره هگزانی آن با مقدار EC_{50} برابر ۶۴/۷۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود (جدول ۲). نکته جالب اینجاست که اثر حلال برای دو عصاره مورد مطالعه کاملاً مرتبط است، بدین معنی که عصاره استخراج شده توسط حلال استن از صمغ کندر و صمغ مصطکی، کمترین EC_{50} (یعنی بیشترین قدرت احیاکنندگی) را از خود نشان می‌دهد، به همین ترتیب عصاره استخراج شده توسط حلال هگزان، چه از صمغ مصطکی و چه از صمغ کندر بالاترین مقدار EC_{50} یعنی کمترین قدرت احیاکنندگی را از خود نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ماده احیاکننده استخراج شده از صمغ هر دو گیاه دارای ماهیت آبدوست و چربی‌گریز است. Pachi و همکارانش (۲۰۲۰) کاربردهای سنتی، فیتوشیمی و فارماکولوژی صمغ مصطکی را مطالعه کردند، مطابق نتایج کارهای آنان خواص مفید صمغ مصطکی در درمان اختلالات گوارشی، بهبود زخم، التهابات پوستی، کاهش چربی پلاسما و قند خون و مراقبت از دهان به تری‌ترپن‌ها و ترکیبات فرار نسبت داده می‌شود. با این حال، به دلیل پیچیدگی شیمیایی رزین و فقدان استانداردهای تجاری برای ترکیبات اصلی آن، شکاف قابل توجهی در ادبیات مربوط به ارزیابی بیولوژیکی اجزای جدا شده صمغ مصطکی وجود دارد. بنابراین، تحقیقات آینده باید بر توسعه تکنیک‌های استخراج، جداسازی و تجزیه کارآمد تمرکز کند تا ظرفیت کامل دارویی صمغ مصطکی را آشکار کند.

در مورد مقدار فنول تام برای عصاره مصطکی بالاترین مقدار مربوط به عصاره استون با مقدار ۰/۲۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر و کمترین مقدار مربوط به عصاره متانولی با مقدار ۰/۰۸۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. برای عصاره کندر بیشترین مقدار فنول مربوط به عصاره اتانولی با مقدار ۰/۲۶۷۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر و کمترین مقدار فنول برای عصاره هگزان با مقدار ۰/۰۸۲۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. پس می‌توان نتیجه گرفت که استون بیشترین مقدار فنول را از صمغ مصطکی استخراج می‌نماید، در حالی که اتانول بیشترین مقدار فنول را از صمغ کندر استخراج می‌کند (شکل ۷).

در سنجش مقدار فلاونوئید تام برای عصاره مصطکی، بیشترین مقدار مربوط به عصاره اتری با مقدار ۰/۱۳۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر و کمترین مقدار مربوط به عصاره متانولی با مقدار ۰/۰۱۸۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. در سنجش مربوط به محاسبه فلاونوئید استاندارد عصاره کندر، بیشترین مقدار فلاونوئید مربوط به عصاره اتری با مقدار ۰/۱۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر و کمترین مقدار مربوط به عصاره اتانولی با مقدار ۰/۰۴۳۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. بنابراین در اینجا یک حلال یعنی اتر بیشترین مقدار فلاونویید را از صمغ هر دو گیاه استخراج می‌نماید (شکل ۸). Soulaidopoulos و همکاران (۲۰۲۲) احتمال اثرهای صمغ مصطکی بر سلامت انسان را مطالعه و تأیید کردند. Fathiazadو همکاران (۲۰۱۰) عصاره متانولی چند گیاه بومی مازندران را از نظر میزان فلاونوئید و فنول مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه آنان نشان دادند که ارتباط مناسبی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی و فلاونوئید وجود دارد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که عصاره استونی، اتانولی، متانولی، اتیل‌استات، هگزانی و اتری مصطکی و کندر به صورت قابل توجهی دارای اثرهای آنتی‌اکسیدانی بودند که در آزمایش‌های مربوط به کندر، عصاره هگزانی کندر با بالاترین EC_{50} کمترین توان آنتی‌اکسیدانی را داشت و عصاره استونی کندر با کمترین EC_{50} دارای بیشترین توان آنتی‌اکسیدانی بود. در آزمایش‌های مربوط به مصطکی نیز عصاره هگزانی با بیشترین مقدار EC_{50} دارای کمترین توان آنتی‌اکسیدانی و عصاره استونی مصطکی با کمترین مقدار EC_{50} دارای بیشترین توان آنتی‌اکسیدانی بود. بنابراین، براساس نتایج ذکرشده ضمن تأکید بر ماهیت آبدوست آنتی‌اکسیدان‌های موجود در صمغ‌های کندر و مصطکی،

می‌توان استن را به عنوان حلال انتخابی برای استخراج آنتی‌اکسیدان‌های موجود در هر دو صمغ کندر و مصطکی پیشنهاد نمود.

درصد فنول در عصاره اتانولی کندر و عصاره استونی مصطکی دارای بیشترین مقدار و در عصاره هگزانی کندر و عصاره متانولی مصطکی دارای کمترین مقدار بود. در بررسی انجام شده برای مقدار فلاونوئید عصاره‌ها، بیشترین مقدار فلاونوئید برای عصاره اتری صمغ هر دو گیاه مصطکی و کندر بود و کمترین مقدار استخراج فلاونوئید مربوط به عصاره متانولی مصطکی و عصاره اتانولی کندر بود. با توجه به رابطه میان محتوای فنول و فلاونوئید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی، گیاه مصطکی و گیاه کندر می‌توانند در تأمین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بدن استفاده شوند، در نتیجه می‌توان از این خاصیت به عنوان منابع دارویی مفید استفاده کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت‌های آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاون پژوهشی دانشگاه کردستان به‌دلیل تأمین گرانت پایان‌نامه و پژوهشی که منبع مالی این پژوهش بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

- Alotaibi, M.O. and Abd-Elgawad, M.E., 2023. Soil structure influences proteins, phenols, and flavonoids of varied medicinal plants in Al Jubail, KSA. Saudi Journal of Biological Sciences, 30(3): 103567. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103567
- Batra, P., and Sharma, A.K., 2013. Anti-cancer potential of flavonoids: recent trends and future perspectives. Biotechnology, 3: 439-459. https:// doi.org/ 10.1007/s13205-013-0117-5
- Bozorgi, M., Memariani, Z., Mobli, M., Surmaghi, M.S., Shams-Ardekani, M.R. and Rahimi, R.F., 2013. A review of their traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. Science World Journal, 20: 1-33. https://doi.org/10.1002/edm2.504
- Camarda, L., Dayton, T., Di Stefano, V., Pitonzo, R. and Schillaci, D., 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of some oleogum resin essential oils from *Boswellia spp*. (Burseraceae). Annali di Chimica: Journal of Analytical, Environmental and Cultural Heritage Chemistry, 97(9): 837-844. https://doi.org/10.1002/adic.200790068
- Chang, C.C.; Yang, M.H.; Wen, H.M. and Chern, J.C., 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods, Journal of Food and Drug Analysis, 10(3): 3-10. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748
- Chen, Y., Zheng, W., Xu, S., Tebaldi, G. and Su, Y.M., 2022. Characteristics of mineral fillers and their effects on mastic fracture resistance at intermediate temperature 20℃. Construction and Building Materials, 323: 126568. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126568
- Chevrier, M.R., Ryan, A.E., Lee, D.Y.W., Zhongze, M., Wu-Yan, Z. and Via, C.S., 2005. *Boswellia carterii* extract inhibits TH1 cytokines and promotes TH2 cytokines in vitro. Clinical and Vaccine Immunology, 12(5): 575-580. https://doi.org/10.1128/CDLI.12.5.575-580.2005
- Cheynier, V., 2012. Phenolic compounds: from plants to foods. Phytochemistry reviews, 11(2-3): 153-177. http://dx.doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8
- Dabos, K.J., Sfika, E., Vlatta, L.J. and Giannikopoulos, G., 2010. The effect of mastic gum on *Helicobacter pylori*: a randomized pilot study. Phytomedicine, 17(3-4): 296-299. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.09.010
- Fathiazad, F., Ahmadi-Ashtiani, H.R., Rezazadeh, S.H., Jamshidi, M., Mazandarani, M. and Khaki, A., 2010. Study on phenolics and antioxidant activity of some selected plant of Mazandaran Province. Journal of Medicinal Plants, 9(34): 177-182.
- Fu, R., Zhang, Y., Guo, Y. and Chen, F., 2014. Antioxidant and tyrosinase inhibition activities of the ethanol-insoluble fraction of water extract of *Sapium sebiferum* (L.) Roxb. Leaves. South African Journal of Botany, 93: 98-104. https://doi.org /10.1016/j.sajb.2014.04.003
- Giaginis, C. and Theocharis, S., 2011. Current evidence on the anticancer potential of Chios mastic gum. Nutrition and cancer, 63(8): 1174-1184.

https://doi.org/10.1080/01635581.2011.607546
- Johnson, G. and Moore, S.W., 2012. Why has butyrylcholinesterase been retained? Structural and functional diversification in a duplicated gene. Neurochemistry international, 61(5): 783-797.
- Kounatidis, I. and Ligoxygakis, P., 2012. Drosophila as a model system to unravel the layers of innate immunity to infection. Open Biology, 2(5):120075. https://doi.org/10.1098/rsob.120075
- Lee, M.R., Duan, W. and Tan, S.L., 2008. Protein kinase C isozymes as potential therapeutic targets in immune disorders. Expert opinion on therapeutic targets, 12(5): 535-552. https://doi.org/10.1517/14728222.12.5.535
- Lev, E., 2006. Ethno-diversity within current ethno-pharmacology as part of Israeli traditional medicine–A review. Journal of Ethnobiology and ethnomedicine, 2: 1-12. https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-4
- Lin, J., Guo, Z., Hong, B., Xu, J., Fan, Z., Lu, G. and Oeser, M., 2022. Using recycled waste glass fiber reinforced polymer (GFRP) as filler to improve the performance of asphalt mastics. Journal of Cleaner Production, 336: 130357. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130357
- Liu, W., Chen, L., Wang, Z.G., Cui, H., and Yuan, T., 2020. Study on chemical constituents from Mastic (*Pistacia lentiscus*). China Journal of Chinese Materia Medica, 45(13): 3169-3174. https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcmm.20200403.201
- López-Vélez, M., Martínez-Martínez, F. and Del Valle-Ribes, C., 2003. The study of phenolic compounds as natural antioxidants in wine. Critical Review Food Science Nutrition, 43(3):233-44. https://doi.org/10.1080/10408690390826509
- Martincorena, I. and Campbell, P.J., 2015. Somatic mutation in cancer and normal cells. Science, 349(6255): 1483-1489. https://doi.org/10.1126/science.aab4082
- Missoun, F., Bouabedelli, F., Benhamimed, E., Baghdad, A. and Djebli, N., 2017. Phytochemical study and antibacterial activity of different extracts of *Pistacia lentiscus* L collected from Dahra Region West of Algeria. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 9(2): 669-684. http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v9i2.4
- Moussaieff, A., Gross, M., Nesher, E., Tikhonov, T., Yadid, G., and Pinhasov, A., 2012. Incensole acetate reduces depressive-like behavior and modulates hippocampal BDNF and CRF expression of submissive animals. Journal of psychopharmacology, 26(12): 1584-1593. http://doi.org/10.1177/0269881112458729
- Nabavi, S.M., Šamec, D., Tomczyk, M., Milella, L., Russo, D., Habtemariam, S. and Shirooie, S., 2020. Flavonoid biosynthetic pathways in plants: Versatile targets for metabolic engineering. Biotechnology advances, 38: 107316. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.00
- Ni, X., Suhail, M.M., Yang, Q., Cao, A., Fung, K.M., Postier, R.G. and Lin, H.K., 2012. Frankincense essential oil prepared from hydrodistillation of *Boswellia sacra* gum resins induces human pancreatic cancer cell death in cultures and in a xenograft murine model. BMC Complementary and Alternative Medicine, 12(1): 1-14. https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-253
- Pachi, V.K., Mikropoulou, E.V., Gkiouvetidis, P., Siafakas, K., Argyropoulou, A., Angelis, A. and Halabalaki, M., 2020. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of Chios mastic gum (*Pistacia lentiscus* var. Chia, Anacardiaceae): A review. Journal of ethnopharmacology, 254: 112485. https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112485
- Panche, A.N., Diwan, A.D., and Chandra, S.R., 2016. Flavonoids: an overview. Journal of nutritional science, 5: e47. https://doi.org/10.1017/jns.2016.41
- Park, D., Goh, C.J., Lee, J.S., Sebastiani, F. and Hahn, Y., 2020. Identification of Pistacia-associated flexivirus 1, a putative mycovirus of the family Gammaflexiviridae, in the mastic tree (*Pistacia lentiscus*) transcriptome. Acta virologica, 64(1): 28–35. https://doi.org/10.4149/av-2020-104
- Quartu, M., Serra, M.P., Boi, M., Pillolla, G., Melis, T., Poddighe, L., Del Fiacco, M., Falconieri, D., Carta, G., Murru, E., Cordeddu, L., Piras, A., Collu, M. and Banni, S., 2012. Effect of acute administration of *Pistacia lentiscus* L. essential oil on rat cerebral cortex following transient bilateral common carotid artery occlusion. Lipids in health and disease, 11: 8. https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-8
- Rauf, A., Patel, S., Uddin, G., Siddiqui, B.S., Ahmad, B., Muhammad, N. and Hadda, T.B., 2017. Phytochemical, ethnomedicinal uses and pharmacological profile of the genus Pistacia. Biomedicine and Pharmacotherapy, 86: 393-404. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.017
- Safayhi, H., Sailer, E.R. and Ammon, H.P.T., 1996. 5-Lipoxygenase inhibition by acetyl-11-keto-β-boswellic acid (AKBA) by a novel mechanism. Phytomedicine, 3(1): 71-72. https://doi.org/10.1016/s0944-7113(96)80013-4
- Salter, S.A. and Kimball, A.B., 2006. Striae gravidarum. Clinics in Dermatology, 24(2): 97-100. https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2005.10.008
- Scarano, A., Chieppa, M. and Santino, A., 2018.

Looking at flavonoid biodiversity in horticultural crops: A colored mine with nutritional benefits. Plants, 7(4): 98. https://doi.org/10.3390/plants7040098
- Shahidi, F. and Naczk, M., 1995. Food phenolics. Technomic Pub. Co. 432p.
- Soulaidopoulos, S., Tsiogka, A., Chrysohoou, C., Lazarou, E., Aznaouridis, K., Doundoulakis, I. and Lazaros, G., 2022. Overview of Chios mastic gum (*Pistacia lentiscus*) effects on human health. Nutrients, 14(3): 590. https://doi.org/10.3390/nu14030590
- Spyridopoulou, K., Tiptiri-Kourpeti, A., Lampri, E., Fitsiou, E., Vasileiadis, S., Vamvakias, M. and Chlichlia, K., 2017. Dietary mastic oil extracted from *Pistacia lentiscus* var. chia suppresses tumor growth in experimental colon cancer models. Scientific reports, 7(1): 3782. https://doi.org/10.1038/s41598-017-03971-8
- Tapas, A.R., Sakarkar, D.M. and Kakde, R.B., 2008. Flavonoids as nutraceuticals: a review. Tropical journal of Pharmaceutical research, 7(3): 1089-1099. http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14693
- Tolera, M., Sass-Klaassen, U., Eshete, A., Bongers, F. and Sterck, F.J., 2013. Frankincense tree recruitment failed over the past half century. Forest Ecology and Management, 304: 65-72. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.036
- Vicente, O. and Boscaiu, M., 2018. Flavonoids: Antioxidant compounds for plant defence and for a healthy human diet. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46(1): 14-21. http://dx.doi.org/10.15835/nbha46110992
- Wang, X., Ren, J., GU, X., Li, N., Tian, Z. and Chen, H., 2021. Investigation of the adhesive and cohesive properties of asphalt, mastic, and mortar in porous asphalt mixtures. Construction and Building Materials, 276: 122255. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122255
- Wang, Y.G., Ma, Q.G., Tian, J., Ren, J., Wang, A.G., Ji, T.F. and Su, Y.L., 2016. Hepatoprotective triterpenes from the gum resin of *Boswellia carterii*. Fitoterapia, 109: 266-273. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.12.018
- Wei, Z., Jia, Y., Wang, S., Zhou, Z., Zhang, Z., Wang, X. and Gao, Y., 2022. Influence of iron tailing filler on rheological behavior of asphalt mastic. Construction and Building Materials, 352: 129047. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129047