Archive of SID

بررسی ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های زیست فعالی مواد استخراجی گره چهار گونه بومزاد جنگل‌های هیرکانی

صهباء علی‌نیای لاکانی [۱]
سحاب حجازی [۲*]
علی عبدالخانی [۳]
بودو زاکه [۴]

[۱] فارغ التحصیل دکترا گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۳] دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۴] استاد گروه شیمی و فناوری چوب، دانشگاه هامبورگ

مسئول مکاتبات:
shedjazi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۵

چکیده

لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی، چهار گونه بومزاد و مهم جنگل‌های هیرکانی می‌باشند که اطلاعات اولیه‌ای در مورد حضور ترکیبات زیست فعال در آن‌ها موجود است، اما بااین وجود تاکنون مطالعه جامعی در زمینه شناسایی این ترکیبات شیمیایی صورت نپذیرفته است. ازآنجاکه ترکیبات زیست فعال در مواد استخراجی بافت گره بیشتر از سایر قسمت‌های درخت می‌باشند، در این پژوهش میزان مواد استخراجی، کربوهیدرات‌ها، لیگنین و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های استونی در بخش گره این گونه‌ها موردانداره گیری قرار گرفتند و ترکیب عصاره‌ها از طریق کروماتوگرافی گازی–طیف‌سنجی جرمی شناسایی شدند. نتایج نشان دادند که گره لرگ دارای بیشترین مقدار مواد استخراجی، کربوهیدرات‌ها و ترکیبات فنولی است و بیشترین توانایی را در مهار رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل–هیدرازیل دارد، درحالی که گره لیلکی دارای بیشترین مقدار لیگنین و ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن است. هر چهار گونه قدرت مهارکنندگی فوق‌العاده بیشتری در برابر رادیکال‌ها نسبت به آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیلیتد هیدروکسی‌تولوئن داشتند. هم‌چنین، ترکیبات فنولی و غیر فنولی با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی متفاوت و جالب‌توجه شناسایی شدند.

واژگان کلیدی: ترکیبات شیمیایی، مواد استخراجی، ترکیبات فنولی، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

مواد زیست فعال متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که برای سلامت مصرف‌کننده مفید می‌باشند. مواد استخراجی زیست فعال بیشتر شامل ترکیبات فنولی یا آب‌دوست هستند که از ساختار فنیل‌پروپانی مشتق می‌شوند. ترکیبات فنولی به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود از مهم‌ترین ترکیبات هستند. گره، بافت بین بافت شاخه و بافت تنه است که درنتیجه رشد تنه در اطراف شاخه ایجاد می‌شود و از طریق این بافت شاخه‌ها به تنه متصل می‌شوند. وقتی شاخه‌های درختان قطع می‌شوند، حشرات، باکتری‌ها، قارچ‌ها و سایر عوامل مخرب زیستی به‌آسانی می‌توانند در این ناحیه از درخت نفوذ کنند و باعث بیماری درخت شوند؛ به همین دلیل درخت بر اساس مکانیسم دفاعی خاصی که دارد؛ یک بافت ترمیمی در اطراف شاخه‌های قطع‌شده ایجاد می‌کند که باعث محافظت درخت در برابر عوامل مخرب زیستی شود. این

www.SID.ir

Archive of SID

بافت ترمیمی همان گره چوبی نامیده می‌شود. به همین خاطر انتظار می‌رود که ترکیبات فنولی و سمی موجود در مواد استخراجی بافت گره بیشتر از سایر قسمت‌های درخت باشد. در همین راستا، تحقیقات ثابت کرده که میزان مواد استخراجی آنتی‌اکسیدانی موجود در گره‌ها بیشتر از تنه است [۱]. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که مانع فعالیت رادیکال‌های آزادشده و از اکسایش توسط آن‌ها جلوگیری می‌کنند و به‌این‌ترتیب سلول‌های بدن را از اثرات مخرب این ترکیبات مصون نگاه می‌دارند. کشف داروهایی که از درختان در درمان سرطان مورداستفاده قرار می‌گیرند، انگیزه مضاعفی را جهت تحقیق در زمینه جستجوی داروهای ضدسرطان با منشأ گیاهی ایجاد کرده است. از طرفی، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی به علت امکان سمی و سرطان‌زا بودن محدود شده است. بنابراین مطالعات برای استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌عنوان جایگزینی برای آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲].

لرگ (*Pterocarya fraxinifolia*) یکی از درختان زیبا و بومزاد جنگل‌های هیرکانی است. برگ این گونه که به‌عنوان گیاه دارویی شهرت دارد، در خارج از ایران در بیهوش‌کردن ماهی کاربرد داشته و اثبات شده که دارای خواص معجزه‌آسایی در درمان طاسی سر و امراض جلدی، کوچک کردن تومورهای سرطانی، جلوگیری از رشد سلول‌های سرطانی و پیشرفت سرطان‌ها (مخصوصاً سرطان حنجره)، از بین بردن کرم‌های روده، درمان امراض قارچی، ترمیم التهاب و سوختگی پوست و درمان دیابت است [۳ و ۴]. لیلکی (*Gleditsia caspica*)، از گونه‌های باارزش و بومزاد جنگل‌های هیرکانی است. چوب این درخت بسیار بادوام و بوی خاصی دارد. چوب لیلکی خیلی سخت است و در مصارف روستایی برای پایه کندوج (انبار برنج) و پایه بنا به منظور جذب رطوبت به کار می‌رود [۳]. انجیلی (*Parrotia persica*) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و فراوان‌ترین گونه‌های بومزاد جنگل‌های هیرکانی است. چوب آن بسیار سخت است و در شمال کشور به مصرف تهیه زغال و مصارف تونلی می‌رسد. به علت سختی، چوب این درخت را در زبان‌های خارجی چوب آهن می‌نامند. گزارش شده که برگ و ریشه آن دارای خواص دارویی است [۳]. توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata*) دیگر گونه باارزش و بومزاد جنگل‌های هیرکانی است. در طب سنتی از پوست و برگ این گیاه در درمان خونریزی‌های داخلی، اسهال مزمن، ورم لوزتین، ورم جوف دهان، التهاب لثه، ترک‌خوردگی سینه و دمل‌ها، تسکین دردهای روماتیسمی و رفع تب استفاده می‌شود [۵ و ۳]. علت چنین خواصی در این چهار گونه بومزاد و انحصاری ایران را باید در نوع ترکیبات شیمیایی و مواد استخراجی آن جویا شد. با وجود ویژگی‌های خاص و اهمیت این گونه‌ها در صنایع مختلف و هم‌چنین طب سنتی، تاکنون مطالعه جامعی بر روی شناسایی دقیق ترکیبات شیمیایی به ویژه در بخش گره این گونه‌های بومزاد با روش‌های تجزیه دستگاهی پیشرفته انجام نگرفته، خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها موردپژوهش واقع نشده و مواد مؤثر آن‌ها شناسایی نشده است؛ اما مطالعات فراوانی در مورد سایر گونه‌ها در دنیا انجام شده و روزبه‌روز نیز درحال‌توسعه است. Veysi (۲۰۱۴) ترکیبات فنولی موجود در مواد استخراجی چوب اقاقیا و لیلکی را با استفاده از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی بررسی کرد. نتایج نشان دادند که در مواد استخراجی محلول در استون چوب اقاقیا حدود ۱۵۰ ترکیب وجود داشت که رزورسینول، ۱ و ۲-بنزن‌دی‌ال، ۹-اکتادکانوئیک‌اسید، گاما-سیتوسترول و گاما-ترپن از مهم‌ترین ترکیبات بودند. در مواد استخراجی محلول در استون چوب لیلکی، ۳۷ ترکیب شناسایی شد که ۱ و ۲-بنزن‌دی‌کربوکسیلیک‌اسید، رزورسینول، جیبرلین و فنل به‌عنوان مهم‌ترین ترکیبات بودند. نتایج نشان داد که مقادیر بالای رزورسینول در اقاقیا و ۱ و ۲-بنزن‌دی‌کربوکسیلیک‌اسید در لیلکی از عوامل مهم در دوام و مصرف این چوب‌ها می‌باشند [۶]. Sedaghat (۲۰۱۲) ترکیبات فنولی زیست فعال در بافت گره سرو سیمین، سرو زربین، نوئل، راش، افراپلت، توسکای قشلاقی و ممرز را بررسی کرد. نتایج نشان دادند که لیگنان‌ها فقط در سوزنی‌برگان وجود داشته و نوئل بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین نتایج حاصل از بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی مواد استخراجی نشان داد که این خاصیت به مقدار و نوع ترکیبات موجود در آن بستگی دارد [۷]. Pietarinen و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۲۰۰۶) ویژگی‌ها و خواص آنتی‌اکسیدانی مواد استخراجی آب‌دوست گره چوبی چندین گونه از جنس‌های اقاقیا، نراد، اکالیپتوس، راش، لاریکس، نوئل، کاج، صنوبر، سرو، کاج شوکران، توس و سرخدار را به وسیله آزمون‌های جلوگیری از پراکسیدشدن لیپیدها و توانایی به دام انداختن پراکسیل ارزیابی کردند. نتایج نشان دادند که خواص آنتی‌اکسیدانی مواد استخراجی گره‌ها قوی‌تر از پوست است. درنتیجه، گره‌های چوبی یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشند [۱]. درنتیجه، هدف اصلی این پژوهش شناسایی ترکیب شیمیایی و هم‌چنین بررسی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و شناسایی مواد مؤثر در این ویژگی‌ها در گره چوبی چهار گونه بومزاد لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی جنگل‌های هیرکانی است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

درختان بومزاد لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی بر اساس قطر هدف بهره‌برداری متداول در جنگل‌های شمال کشور از جنگل آموزشی-پژوهشی خیرودکنار دانشگاه تهران انتخاب شده و از هرگونه یک درخت قطع شد. سپس از هر درخت چند دیسک حاوی گره زنده در طول ساقه تهیه و سپس گره زنده از دیسک‌ها به صورت دستی جدا شد. برای آنالیز شیمیایی، گره به ذرات بسیار ریز طبق استاندارد تاپی شماره ۸۵- T257cm آسیاب شده و یک نمونه هم‌اندازه و یکسان از بافت گره هرگونه به‌صورت جداگانه تهیه شد [۸].

تعیین مقدار مواد استخراجی، مونوساکاریدها و لیگنین

به منظور انجام آزمایش‌ها، نمونه‌های آرد گره به دانشگاه هامبورگ، گروه فناوری شیمی چوب، منتقل گردید. نمونه‌ها با استفاده از استخراج پی درپی به روش استخراج حلال تسریع‌شده[1] به ترتیب با حلال‌های پترول‌اتر، استون: آب (v/v ۱:۹)، اتانول: آب (v/v ۲:۸) و آب و به ترتیب در دماهای °C ۷۰، ۷۰، ۹۰ و ۹۰ و فشار bar ۱۰۰ استخراج شدند. بازده استخراج پس از تبخیر ml ۱۰ از هر نمونه و خشک‌کردن آن در دمای °C ۱۰۵ در آون به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های گره عاری از مواد استخراجی، با استفاده از آسیاب دیسکی آزمایشگاهی[2] آسیاب شدند. ترکیب قندها با استفاده از کروماتوگرافی تبادل یونی[3] پس از هیدرولیز اسیدی دومرحله‌ای طبق استاندارد تاپی ۸۵-T249 cm شناسایی شد [۹]. لیگنین غیرقابل‌حل (کلازون) و قابل‌حل در اسید طبق استاندارد تاپی ۸۸-T222 om و UM250 تعیین شدند [۱۱ و ۱۰].

ارزیابی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی

ازآنجاکه معمولاً مخلوطی از استون و آب برای جداسازی مواد استخراجی آب‌دوست از بافت گره استفاده می‌شود، به همین خاطر، مقدار ترکیبات فنولی کل مواد استخراجی حاصل از حلال استون: آب (v/v ۱:۹) که از قبل با حلال پترول‌اتر چربی‌زدایی شده بودند، از طریق روش فولین سیوکالتیو[4] بر اساس روش Gao و همکاران (۲۰۰۷) اندازه‌گیری شدند [۱۲]. نتایج به صورت معادل اسید گالیک[5] بیان شد که مقدار ترکیبات فنولی را به صورت درصد اسید گالیک در عصاره استونی خشک گره نشان می‌دهد. در این روش، عصاره‌های استونی (۵ ml) با غلظت‌های مختلف با واکنشگر فولین سیوکالتیو (۲۵ ml)، ده برابر رقیق‌شده، مخلوط و ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و سپس محلول کربنات سدیم (۲۰ ml، ۷/۵٪) به آن‌ها اضافه شدند. پس از گذشت ۲ ساعت در محیط تاریک و دمای اتاق، میزان جذب محلول‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج ماورای بنفش[6] در طول‌موج ۷۶۰ nm اندازه‌گیری شد. هم‌چنین محلول‌های اسید گالیک (۵ ml) با غلظت‌های ۰/۱-۰/۰۰۵ mg/ml برای تهیه منحنی کالیبراسیون استفاده شدند.

بررسی فعالیت مواد استخراجی استونی بافت گره در به دام اندازی رادیکال‌های آزاد با استفاده از ارزیابی ظرفیت به دام اندازی رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل (DPPH ،2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) بر اساس روش Gao و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد [۱۲]. برای این

[1] Accelerated Solvent Extractor, Dionex ASE® 200
[2] Laboratory disc mill-Siebtechnik GmbH (T-1000 model)
[3] Borat anion exchange chromatography ،Borat-HPAEC
[4] Folin-Ciocalteu
[5] Gallic Acid Equivalent (GAE)
[6] Perkin Elmer, lambda 650, UV-Vis spectrophotometer

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش، عصاره‌های استونی توسط دستگاه تبخیرکننده دوار خشک شده و با استفاده از حلال اتانول محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف تهیه شدند، سپس ۰/۱ ml از محلول‌های اتانولی با غلظت‌های مختلف به ۳/۹ ml از محلول اتانولی رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل با غلظت ۲۵ mg/L اضافه شدند و مخلوط حاصل به‌خوبی تکان داده شده و به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک و دمای اتاق قرار داده شدند. سپس جذب مخلوط توسط دستگاه طیف‌سنج ماورای بنفش در طول موج ۵۱۷ nm در مقابل نمونه شاهد[1] اتانول خوانده شد. محلول شاهد، شامل تمامی مراحل بالا بدون افزودن عصاره بود. درنهایت درصد مهار رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل با کمک فرمول ۱ محاسبه شد:

$$\text{درصد مهار رادیکال دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل} = \frac{\text{جذب شاهد} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب شاهد}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

غلظت مهار ۵۰٪[2] غلظتی از یک آنتی‌اکسیدان است که می‌تواند ۵۰٪ رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل را در شرایط آزمایشی مهار کند. این پارامتر توسط نمودار درصد مهارکنندگی در برابر غلظت عصاره و با استفاده از نرم‌افزار اکسل قابل‌اندازه‌گیری است. مقدار IC_{50} کم بیانگر توانایی بالای یک آنتی‌اکسیدان در مهار رادیکال‌های آزاد است. در این پژوهش، از یکی از متداول‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مورداستفاده در صنایع غذایی، به نام بوتیلیتد هیدروکسی‌تولوئن (BHT)، به عنوان کنترل مثبت استفاده شد.

ارزیابی ظرفیت کلیت‌کنندگی یون فلزی[3] مواد استخراجی استونی بافت گره بر اساس روش Gao و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد [۱۲]. به‌طور خلاصه، محلول‌های اتانولی از عصاره هر یک از گونه‌ها با غلظت‌های مختلف با ۰/۰۵ ml کلرید آهن ($FeCl_2$) (۲ میلی‌مولار) به‌خوبی مخلوط شد و سپس ۰/۲ ml محلول فروزین ۵ میلی‌مولار به آن اضافه شد. مخلوط حاصل به خوبی تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط ماند و سپس جذب نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج ماورای بنفش در طول موج ۵۶۲ nm در مقابل شاهد اتانول خوانده شد. از نمک اتیلن‌دی‌آمین‌تترااستیک‌اسید دی‌سدیم دی‌هیدرات ($EDTANa2{\cdot}2H_2O$) به‌عنوان کنترل مثبت و از یک نمونه بدون عصاره و نمک به عنوان کنترل منفی یا شاهد استفاده شد. سپس درصد مهار تشکیل کمپلکس آهن-فروزین طبق فرمول ۱ محاسبه شد.

کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی

شناسایی و تفسیر مواد استخراجی استونی بافت گره، با تزریق نمونه‌ها به دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) با این مشخصات انجام شد: دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به شناساگر طیف‌سنج جرمی. ستون VF 1701-MS به طول ۶۰ m و قطر ۰/۲۵ mm، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان ۱/۳ ml/min، با برنامه دمایی ۲۸۰ °C-۴۵ و شیب دمایی ۳ °C/min، حجم تزریق ۱ µl. شناسایی طیف‌های جرمی از طریق مقایسه با طیف‌های پایه موجود در بانک اطلاعاتی رایانه دستگاه و پایگاه‌های اطلاعاتی وایلی[4] و نیست[5] انجام شد.

نتایج و بحث

مواد استخراجی، مونوساکاریدها و لیگنین

همان‌طور که انتظار می‌رفت، بیشترین بازده استخراج مربوط به حلال استون: آب (۹:۱) و ترکیبات آب‌دوست بود که بیشترین حضور را در گره لرگ دارا بود (جدول ۱). هم‌چنین، گره لرگ بیشترین و گره انجیلی کمترین مقدار مواد استخراجی آب‌گریز را داشتند. عصاره اتانولی گره‌های لیلکی و لرگ و عصاره آبی گره توسکای ییلاقی بیشترین بازده را داشتند. گره لرگ با ۹/۹٪ بیشترین مقدار و گره انجیلی با ۶/۲٪ کمترین مقدار مواد استخراجی کل را دارا بودند.

در میان مونوساکاریدها، گلوکز بیشترین مقدار و رامنوز کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). مقدار گلوکز ۴۷-۴۲٪، زایلوز ۱۸-۱۵٪، مانوز ۲-۰/۷٪، گالاکتوز ۰/۹-۰/۷٪، آرابینوز ۰/۸-۰/۳٪، رامنوز ۰/۴-۰/۳٪

[1] Blank
[2] IC_{50} ،50 % Inhibition Concentration
[3] Metal-chelating activity assay
[4] Wiley
[5] NIST

www.SID.ir

Archive of SID

و مقدار کل کربوهیدرات‌ها ۶۵-۶۳٪ گزارش شد. گره لرگ بیشترین مقدار گلوکز (۴۷/۴٪) و بیشترین مقدار کل مونوساکاریدها، گره توسکای ییلاقی بیشترین مقدار زایلوز (۱۷/۹٪)، مانوز (۱/۶۳٪)، گالاکتوز (۰/۹۲) و رامنوز (۰/۴۱٪) و گره انجیلی بیشترین مقدار آرابینوز (۰/۷۶٪) را دارا بودند. همان طور که انتظار می‌رفت، مقدار زایلوز در گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی، به عنوان نمونه‌های پهن‌برگ، از مقدار گزارش‌شده در گره سوزنی‌برگ کاج اسکاتلندی (۶/۶٪) بیشتر و هم‌چنین میزان مانوز و گالاکتوز در مقایسه با کاج اسکاتلندی (به ترتیب ۱۱/۹ و ۴/۱٪) نیز کمتر بود [۱۳].

میزان لیگنین قابل‌حل در اسید (۳/۷٪) در گره انجیلی و لیگنین کلازون (۲۴/۶٪) و لیگنین کل (۲۶/۵٪) در گره لیلکی بیشترین مقدار را داشتند. مقدار لیگنین کل برای گره چهار گونه لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی در محدوده ۲۷-۲۴٪ گزارش شد که طبق انتظار در مقایسه با گره کاج اسکاتلندی (۳۱/۵٪) از مقدار کمتری برخوردار بود [۱۳].

ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی

مقدار فنول کل در عصاره استونی خشک بافت گره لرگ با ۴۳/۲٪، لیلکی با ۳۸/۹٪، انجیلی با ۳۴/۷٪ و توسکای ییلاقی با ۲۷/۵٪ گزارش شد که گره لرگ بیشترین و گره توسکای ییلاقی کمترین مقدار مواد فنولی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). این مقادیر به‌طور قابل توجهی از مقدار فنول کل اندازه‌گیری شده در گره سرو زربین (۹/۴٪)، راش (۱۱/۲٪)، افرا (۱۳/۵٪)، توسکای قشلاقی (۱۰/۸٪) و ممرز (۱۶/۱٪) بیشتر می‌باشند. مقدار پارامتر اندازه‌گیری‌شده در گره لرگ به طور چشمگیری از مقدار این پارامتر در گره نوئل (۳۱/۸٪) بیشتر است و حتی این میزان در گره توسکای ییلاقی نیز بیشتر از مقدار فنول کل اندازه‌گیری شده در گره سرو سیمین (۲۵/۷٪) است [۷].

نتایج حاصل از بررسی میزان IC_{50} نشان می‌دهد که گره لرگ کمترین مقدار (IC_{50} ۰/۲۱ mg/ml) و درواقع بیشترین فعالیت در مهار رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل-هیدرازیل را دارد (جدول ۱). چندین مطالعه نشان دادند که این فعالیت ارتباط مستقیم با مقدار ترکیبات فنولی دارد و هم‌چنین، سایر عوامل مانند نوع ترکیبات هم مهم می‌باشند [۱۲]. درنتیجه، به نظر می‌رسد مقادیر بالاتر ترکیبات فنولی کل اندازه‌گیری شده در عصاره گره لرگ منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن شده است. مقدار این پارامتر در سایر گونه‌ها به این قرار اندازه‌گیری شد: انجیلی ۰/۲۴ mg/ml، توسکای ییلاقی ۰/۳۱ mg/ml و لیلکی ۰/۳۴ mg/ml. باوجوداینکه گره لیلکی از مقدار ترکیبات فنولی نسبتاً بالایی برخوردار بود، اما بیشترین میزان IC_{50} برای این گونه گزارش شد و بافت گره انجیلی و توسکای ییلاقی با داشتن مواد فنولی کمتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهتری را نشان دادند. در توجیه این مسئله باید عنوان کرد که علاوه بر مقدار، نوع ترکیبات فنولی نیز در این ویژگی مؤثر بوده و سایر ترکیبات موجود در عصاره استونی نیز می‌توانند این فعالیت را داشته باشند. این در حالی است که میزان IC_{50} آنتی‌اکسیدان سنتزی، بوتیلیتد هیدروکسی‌تولوئن، ۰/۶۸ mg/ml محاسبه شد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که بافت گره هر چهار گونه بومزاد جنگل‌های هیرکانی در مقایسه با یکی از معروف‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، بوتیلیتد هیدروکسی‌تولوئن، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی فوق‌العاده‌ای هستند. به نظر می‌رسد مکانیسم آنتی‌اکسیدانی عصاره استونی بافت گره هر چهار گونه به دلیل توانایی زیاد ترکیبات فنولی موجود در عصاره در اهدای هیدروژن باشد که موجب کاهش رادیکال‌های آزاد دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل گشته است [۱۲]. مطالعات قبلی نشان دادند که ۰/۵ mg/ml از آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیلیتید هیدروکسی آنیزول (BHA) و عصاره‌های اتانولی گره سرو سیمین، سرو زربین، نوئل، راش، افرا، توسکای قشلاقی و ممرز به ترتیب ۵۷/۹۶، ۴۷/۹۹، ۴۱/۱۹، ۶۶/۶۷، ۷۴/۶۳، ۳۷/۸۱، ۳۴/۰۸ و ۲۵/۸۷٪ قابلیت مهار رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل را داشتند که گره راش فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهتری نشان داد [۷]. لذا گفتنی است که نتایج حاصل از ارزیابی ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل گره گونه‌های لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی، در مقایسه با مطالعه قبلی، به‌طور قابل توجهی بهتر بوده و این گونه‌های بومزاد جنگل‌های هیرکانی فعالیت ضد رادیکالی چشمگیری داشتند.

در ارزیابی خاصیت کلیت‌کنندگی یون فلزی مشخص شد که گره لیلکی کمترین مقدار IC_{50} (۵/۳۶ mg/ml) و

www.SID.ir

Archive of SID

گره لرگ بیشترین مقدار (۳۱/۹۳ mg/ml) را دارد که نشان‌دهنده قابلیت فوق‌العاده بالای گره لیلکی در کلیت‌کنندگی یون آهن است (جدول ۱). مقدار IC_{50} برای گره توسکای ییلاقی ۲۰/۳۷ mg/ml و برای گره انجیلی ۲۸/۵۸ mg/ml اندازه‌گیری شد. هم‌چنین مقدار IC_{50} نمک اتیلن‌دی‌آمین‌تترااستیک‌اسید دی‌سدیم دی‌هیدرات ۰/۰۱۵ mg/ml محاسبه شد. با توجه به اینکه توانایی هر ترکیب در مهار یون فلزی متفاوت بوده و هم‌چنین نوع و ویژگی ترکیبات موجود در عصاره متفاوت است [۷]، درنتیجه، به نظر می‌رسد که بافت گره لیلکی و لرگ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ترکیبات کلیت‌کننده می‌باشند. در مطالعه قبلی، ۲ mg/ml از عصاره‌های اتانولی گره سرو سیمین، سرو زربین، نوئل، راش، افرا، توسکای قشلاقی و ممرز به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۹/۵۹، ۱۰۰، ۱۶/۷۹، ۰ و ۱۸/۷٪ قابلیت کلیت‌کنندگی یون آهن را از خود نشان دادند. گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی در مقایسه با گره نوئل، افرا، توسکای قشلاقی و ممرز، قابلیت کلیت‌کنندگی بیشتر و در مقایسه با گره سرو سیمین، سرو زربین و راش قابلیت کلیت‌کنندگی کمتری در برابر یون آهن داشتند [۷].

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی.

ترکیب شیمیایی		لرگ	لیلکی	انجیلی	توسکای ییلاقی
بازده استخراج (٪)	پترول اتر	۰/۸۱	۰/۳۸	۰/۰۲	**۰/۳**
	استون: آب (۹:۱)	۷/۶	۶/۴۱	۴/۴۴	**۴/۲۹**
	اتانول: آب (۸:۲)	۱/۰۳	۱/۰۴	۰/۸۵	**۰/۸**
	آب	۰/۴۱	۰/۷۸	۰/۸۵	**۱/۱۷**
	مواد استخراجی کل	۹/۹	۸/۶	۶/۲	**۶/۶**
مقدار مونوساکاریدها و لیگنین (٪)	گلوکز	۴۷/۴	۴۳/۳	۴۲/۳	**۴۲/۲**
	زایلوز	۱۵/۶	۱۷/۶	۱۷/۵	**۱۷/۹**
	مانوز	۰/۸۲	۰/۷۵	۱/۴	**۱/۶۳**
	گالاکتوز	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۸۲	**۰/۹۲**
	آرابینوز	۰/۴۴	۰/۵	۰/۷۶	**۰/۳۶**
	رامنوز	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۸	**۰/۴۱**
	مونوساکاریدهای کل	۶۵/۳	۶۲/۹	۶۳/۲	**۶۳/۴**
	لیگنین قابل‌حل	۲/۲	۱/۹	۳/۷	**۱/۷**
	لیگنین کلازون	۲۲/۳	۲۴/۶	۲۱/۴	**۲۴/۴**
	لیگنین کل	۲۴/۵	۲۶/۵	۲۵/۱	**۲۶/۱**
مقدار فنول کل در عصاره خشک (٪)	عصاره استونی	۴۳/۲	۳۸/۹	۳۴/۷	**۲۷/۵**
IC_{50} حاصل از ظرفیت مهار رادیکال DPPH (mg/ml)	عصاره استونی	۰/۲۱	۰/۳۴	۰/۲۴	**۰/۳۱**
IC_{50} حاصل از ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن (mg/ml)	عصاره استونی	۳۱/۹۳	۵/۳۶	۲۸/۵۸	**۲۰/۳۷**

کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی

در گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی به ترتیب ۱۹، ۲۴، ۱۴ و ۹ ترکیب شامل ترکیبات آروماتیک و آلیفاتیک، قندها و مشتقات آن‌ها و ترکیبات فنولی شناسایی شدند که به ترتیب ۶، ۱۷، ۷ و ۴ ترکیب فنولی در بین آن‌ها مورد شناسایی قرار گرفتند (جدول ۲ و شکل ۱). دودسیل اکریلات، استول و مانوزان در گره هر چهار گونه مشترک بودند. آنوزول در گره لرگ و لیلکی، اسید استیک در لرگ، لیلکی و انجیلی، دودسیل مرکپتوپروپیونات در لرگ، لیلکی و توسکای ییلاقی، بوتنولید در لرگ و انجیلی و آلفا-هیدروکسی-گاما-بوتیرولاکتون در لرگ، انجیلی و توسکای ییلاقی شناسایی شدند.

www.SID.ir

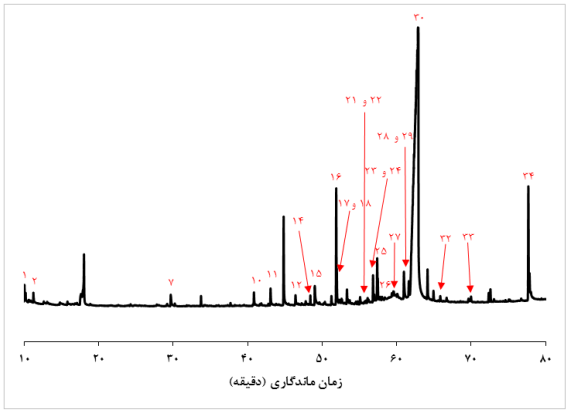
Archive of SID

جدول۲- ترکیبات شیمیایی اصلی در مواد استخراجی استونی گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی

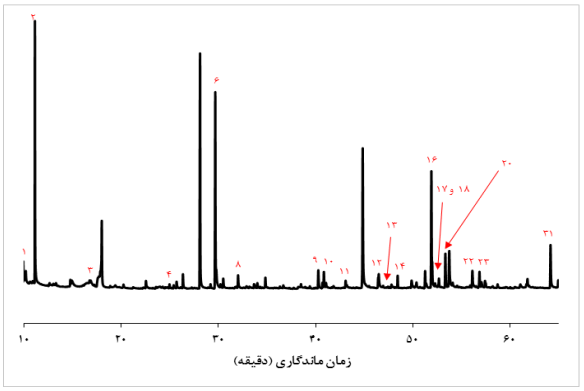
شماره پیک	زمان ماندگاری (دقیقه)	ترکیب	لرگ	لیلکی	انجیلی	توسکای ییلاقی
ترکیبات آروماتیک						
۱۶	۵۱/۹	دودسیل اکریلات	✓	✓	✓	✓
۱۸	۵۲/۳	آنوزول	✓	✓		
ترکیبات آلیفاتیک						
۱	۱۰	اسید استیک	✓	✓	✓	
۲	۱۱/۱	استول	✓	✓	✓	✓
۳۱	۶۴/۲	دودسیل-۳-مرکپتوپروپیونات	✓	✓		✓
۳۴	۷۷/۷	اولآمید		✓		
قندها						
۹	۴۰/۳	۱، ۵-انیدرو-بتا-دی-آرابینوفورانوز	✓			
۱۳	۴۶/۵	زایلوزان	✓			
۲۲	۵۶/۱	مانوزان	✓	✓	✓	✓
مشتقات قندها						
۳	۱۶/۸	فورفورال	✓			
۴	۲۵/۴	بوتنولید	✓		✓	
۶	۲۹/۷	فورانئول	✓			
۸	۳۲	آلفا-هیدروکسی-گاما-بوتیرولاکتون	✓		✓	✓
۲۰	۵۳/۳	تابانون	✓			
۳۰	۶۲/۸	متیل‌گلوکز		✓		
ترکیبات فنولی						
۵	۲۹/۲	فنول			✓	
۷	۲۹/۷	گوایاکول		✓		
۱۰	۴۰/۸	۴-وینیل‌گوایاکول	✓	✓		✓
۱۱	۴۳/۱	سیرینگول	✓	✓	✓	✓
۱۲	۴۶/۴	ایزواوژنول	✓	✓	✓	
۱۴	۴۸/۴	۲، ۴-دی-ترت-بوتیل‌فنول	✓	✓	✓	✓
۱۵	۴۹	رزورسینول		✓		
۱۷	۵۲	۴-وینیل‌سیرینگول	✓	✓		
۱۹	۵۲/۶	۴-آلیل‌سیرینگول			✓	
۲۱	۵۵/۱	۴-فورمیل‌رزورسینول		✓		
۲۳	۵۶/۸	ترانس-۴-پروپنیل‌سیرینگول	✓	✓	✓	✓
۲۴	۵۷	دی‌هیدروکانیفریل الکل		✓		
۲۵	۵۷/۴	آنتیارول		✓	✓	
۲۶	۵۷/۸	سیرینج‌آلدهید		✓		
۲۷	۵۹/۴	۴-پروپنیل‌سیرینگول		✓		
۲۸	۶۱	کانیفریل الکل		✓		
۲۹	۶۱/۶	سیناپیل الکل		✓		
۳۲	۶۵/۹	دی‌هیدروسیناپیل الکل		✓		
۳۳	۷۰	سیناپیل‌آلدهید		✓		

www.SID.ir

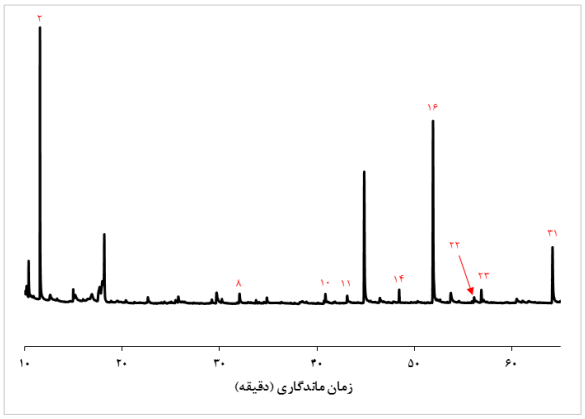
Archive of SID



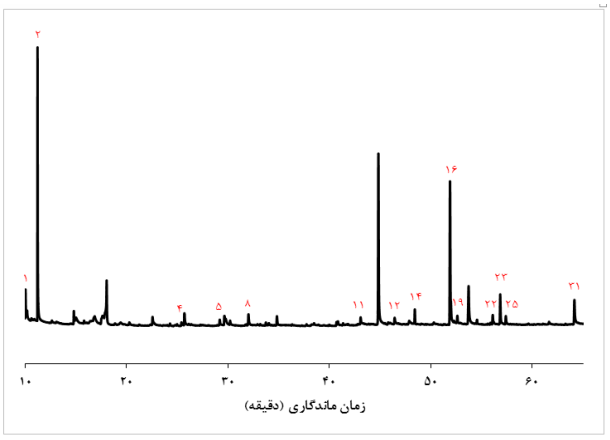
(۲)



(۱)



(۴)



(۳)

شکل ۱- کروماتوگرام‌های حاصل از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی گره ۱) لرگ؛ ۲) لیلکی؛ ۳) انجیلی و ۴) توسکای ییلاقی.

زایلوزان، ۱، ۵-انیدرو-بتا-دی-آرابینوفورانوز، فورفورال، فورانئول و تابانون تنها در گره لرگ و اولآمید و متیل‌گلوکز تنها در گره لیلکی شناسایی شدند. در میان ترکیبات فنولی، ۲، ۴-دی-ترت-بوتیل‌فنول، سیرینگول و ترانس-۴-پروپنیل‌سیرینگول در گره هر چهار گونه مشترک بودند. ۴-وینیل‌گواياکول در گره لرگ، لیلکی و توسکای ییلاقی، ایزواوژنول در لرگ، لیلکی و انجیلی، ۴-وینیل‌سیرینگول در لرگ و لیلکی و آنتیارول در لیلکی و انجیلی شناسایی شدند. گوایاکول، رزورسینول، ۴-فورمیل‌رزورسینول، دی‌هیدروکانیفریل الکل، سیرینج‌آلدهید، ۴-پروپنیل‌سیرینگول، کانیفریل الکل، سیناپیل الکل، دی‌هیدروسیناپیل الکل و سیناپیل‌آلدهید تنها در گره لیلکی و فنول و ۴-آلی‌سیرینگول تنها در گره انجیلی شناسایی شدند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، گره لیلکی ازنظر تعداد و تنوع ترکیبات فنولی منحصربه‌فرد رتبه اول را در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارد. نکته جالب توجه اینکه، در مطالعه گذشته رزورسینول در عصاره استونی چوب لیلکی نیز شناسایی شده بود [۶].

ویژگی‌های مواد استخراجی شناسایی‌شده

بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگرچه ترکیبات فنولی اثرات بیولوژیکی مفیدی دارند، اما برخی از ترکیبات غیرفنولی نیز دارای خواص زیست‌فعالی جالبی هستند. به‌عنوان‌مثال، از دودسیل اکریلات به‌عنوان یک عامل

www.SID.ir

Archive of SID

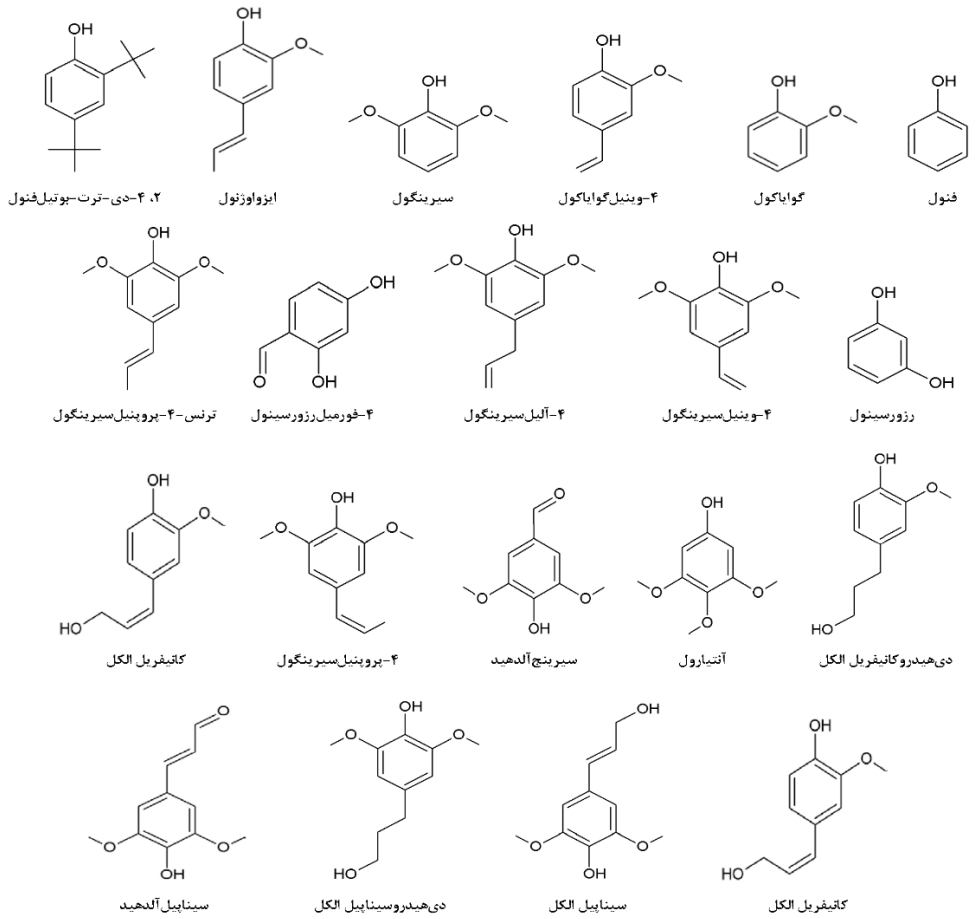
آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی قدرتمند استفاده می‌شود [۱۴]. اولآمید خواص و فعالیت خواب‌آوری قابل توجهی دارد. پتانسیل این ماده برای درمان اختلالات خلق وخوی، خواب و افسردگی در حال مطالعه است [۱۵]. فورانئول اثر ضد آب مروارید و مهارکنندگی فوق‌العاده بالایی در برابر پراکسیداسیون لیپید در پلاسمای خون انسان دارد [۱۶]. از گاما بوتیرولاکتون برای بهبود عملکرد ورزش، خواب و لذت استفاده می‌شود. هم‌چنین برای تسکین افسردگی و استرس، طولانی کردن عمر، ترویج تفکر روشن، ایجاد آرامش و آزاد کردن هورمون رشد استفاده می‌شود. به‌علاوه، گاما بوتیرولاکتون در تنظیم چربی و بدن‌سازی نیز کاربرد دارد [۱۷]. تابانون که تنها در گره لرگ شناسایی شد، در روغن شبدر قرمز نیز شناسایی شده است و یک آنتی‌اکسیدان طبیعی بالقوه است [۱۸]. از مشتقات متیل‌گلوکز به‌عنوان نرم‌کننده پوست و مو، سورفکتانت، عامل افزایش ویسکوزیته و در محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود. این ماده اثر آنتی‌ژنوتوکسیک (ضد سمیت ژنی) دارد [۱۹].

تمام ترکیبات فنولی شناسایی‌شده دارای ویژگی‌های زیست‌فعالی مفیدی بودند؛ فنول دارای خاصیت آنتی‌باکتریالی و آنتی‌اکسیدانی است [۲۰]. گزارش شده که سیرینگول یک ضد سرطان قوی بوده و فعالیت سمیت سلولی دارد. سیرینگول در مقایسه با اسید اسکوربیک، بوتیلیتید هیدروکسی آنیزول، بوتیلیتید هیدروکسی‌تولوئن و آلفا توکوفرول ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشته و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در به دام‌اندازی رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل و کاهش یون آهن نشان داده است. حتی تحقیقات خواص محافظت‌کننده قلب و پیشگیری‌کننده شیمیایی آن‌ها را ثابت کرده است [۲]. ۴-وینیل‌سیرینگول یک آنتی‌اکسیدان قوی و آنتی‌موتاژن (ضد جهش ژنتیکی) است [۲۱]. تحقیقات نشان داده که گوایاکول دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی و ضدالتهابی قوی است و هم‌چنین در پزشکی به‌عنوان خلط‌آور، ضدعفونی کننده و بی‌حس‌کننده موضعی استفاده می‌شود. گوایاکول در برابر رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد. ۴-وینیل‌گوایاکول خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی دارد. گوایاکول و وینیل‌گوایاکول فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌مقایسه با آلفا-توکوفرول دارند [۲۲]. ۲، ۴-دی-ترت-بوتیل‌فنول خواص ضد قارچ و آنتی‌اکسیدانی دارد [۲۳]. ایزواوژنول اثرات ضدالتهابی، ضد میکروبی، ضد درد، کلیت‌کنندگی یون فلزی و آنتی‌اکسیدانی دارد [۲۴]. مطالعات نشان داده که کانیفریل الکل و دی‌هیدروکانیفریل لکل فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشته و یک عامل ضدالتهابی قوی و مفید است. جالب اینکه گزارش شده مشتقات فنولی دی‌هیدروکانیفریل الکل در مقایسه با لیگنان‌ها و استیلبن‌ها و هم‌چنین ویتامین ث و بوتیلیتید هیدروکسی‌تولوئن فعالیت آنتی‌اکسیدانی فوق‌العاده‌ای دارند [۲۵]. آنتیارول دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی است [۲۶]. رزورسینول می‌تواند به‌عنوان یکی از بهترین آنتی‌اکسیدان‌ها طبقه بندی شود. این ترکیب فنولی ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال‌ها در سطحی معادل با (-)-اپی‌گالوکاتچین‌گالات موجود در چای سبز را نشان داده است. رزورسینول موضعی برای درمان درد و خارش ناشی از بریدگی‌های جزئی و خراش، سوختگی، گزش و یا دیگر ناراحتی‌های پوستی و هم‌چنین به‌عنوان یک ماده گندزدا و ضدعفونی کننده برای درمان اختلالات پوستی مزمن استفاده می‌شود. رزورسینول با اثر مشخص در تب یونجه و در سیاه‌سرفه استفاده شده است. هم‌چنین رزورسینول در درمان زخم معده استفاده شده است و گفته می‌شود که ضد درد و هموستاتیک (جلوگیری از خونریزی بیش ازحد) است [۲۷]. مطالعات نشان داده که سیرینج‌آلدهید خاصیت آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل را دارد و آنتی‌اکسیدان فعالی است که خواص آنتی‌اکسیدانی بهتر از ترولوکس دارد. سیرینج‌آلدهید آلدهیدی است که خواص دارویی نظیر اثرات ضدالتهابی، آنتی‌باکتریالی، ضد آلرژی، ضد میکروبی و آنتی‌هیپرگلیسمیک (ضد افزایش سطح گلوکز خون) دارد [۲۸]. سیناپیل‌الکل ترکیبی آلی است که اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضد درد دارد، به‌طوری‌که یک داروی مسکن بسیار قوی است [۲۹]. سیناپیل‌آلدهید ظرفیت نسبتاً بالایی در مهار رادیکال‌های دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل و سلول‌های سرطانی دارد [۳۰]. علاوه‌براین، رزورسینول دارای دو گروه هیدروکسیل است که یک گروه آن در موقعیت ۳ قرار دارد (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

۴-فورمیل‌رزورسینول، دی‌هیدروکانیفریل الکل، کانیفریل الکل، سیناپیل الکل و دی‌هیدروسیناپیل الکل نیز دارای ۲ گروه هیدروکسیل می‌باشند. هم‌چنین، ۴-وینیل‌گواياکول، ایزواوژنول، ۲، ۴-دی-ترت-بوتیل‌فنول، ۴-وینیل‌سیرینگول، ۴-آلیل‌سیرینگول، ترانس-۴-پروپنیل‌سیرینگول و ۴-پروپنیل سیرینگول نیز در موقعیت *پارا* در حلقه فنولی دارای رادیکال هستند. ازآنجاکه مطالعات ثابت کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی با ویژگی‌های ساختاری مذکور بیشتر است [۳۱]، بنابراین با توجه به حضور متفاوت آن‌ها در عصاره استونی بافت گره چهار گونه، خواص آنتی‌اکسیدانی متفاوت نمونه‌ها نیز قابل توجیه است. از طرفی با توجه به اینکه اکثر این ترکیبات در گره لیلکی شناسایی شدند و گره لیلکی توانایی فوق‌العاده‌ای در برابر کلیت‌کنندگی یون آهن نسبت به سایر گونه‌ها نشان داده، می‌توان به این نتیجه رسید که این ترکیبات کلیت‌کننده‌های یونی قدرتمندی هستند و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند.



شکل ۲- ساختار شیمیایی ترکیبات فنولی شناسایی‌شده در بافت گره لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که بافت گره هر چهار گونه پهن‌برگ لرگ، لیلکی، انجیلی و توسکای ییلاقی ترکیبات آب‌دوست بیشتری داشته و حاوی ۱۰-۶٪ مواد استخراجی بودند. مقدار کربوهیدرات‌های کل در محدوده ۶۵-۶۳٪ و لیگنین کل در محدوده ۲۷-۲۴٪ اندازه‌گیری شد. مقدار فنول کل ۴۳-۲۷٪ محاسبه گردید. میزان IC_{50} حاصل از ظرفیت مهار رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل و کلیت‌کنندگی یون آهن به ترتیب در محدوده ۰/۳۴-۰/۲۱ mg/ml و ۳۱/۹۳-۵/۳۶ mg/ml برآورد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاکی از آن است که گره لرگ دارای بیشترین مقدار مواد استخراجی، کربوهیدرات، ترکیبات فنولی و بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل است، درحالی‌که گره لیلکی بیشترین مقدار لیگنین و بیشترین فعالیت کلیت‌کنندگی در برابر یون آهن را دارا است. همه گونه‌ها توانایی بالایی در مهار رادیکال دی‌فنیل‌پیکریل‌هیدرازیل و حتی بیشتر از آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیلیتد هیدروکسی‌تولوئن داشتند. بررسی‌های حاصل از کروماتوگرافی گازی–طیف‌سنجی جرمی منجر به شناسایی ترکیبات فنولی و هم‌چنین غیر فنولی باارزش با اثرات بیولوژیکی مفید در عصاره استونی بافت گره هر چهار گونه گردید. این بررسی به‌طور واضح ثابت کرد که ترکیبات فنولی شناسایی‌شده دارای خواص زیست‌فعالی متفاوتی می‌باشند که می‌توانند نتایج مختلف حاصل از ارزیابی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی را توجیه کند. ازآنجاکه پوست و چوب‌درون نیز منبع غنی از مواد استخراجی فنولی هستند، لذا به نظر می‌رسد، پژوهش در مورد بررسی ترکیبات شیمیایی پوست و چوب‌درون این گونه‌ها نیز بسیار جالب‌توجه باشد.

سپاس‌گزاری

از جناب پرفسور بودو زاکه، استاد گروه شیمی چوب دانشگاه هامبورگ، بابت همکاری صمیمانه در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

[1] Pietarinen, S.P., Willför, S.M., Ahotupa, M.O., Hemming, J.E. and Holmbom, B.R., 2006. Knot wood and bark extracts: Strong antioxidants from waste materials. Journal of Wood Science, 52(5):436-444.

[2] Cirillo, G. and Iemma, F., 2012. Antioxidant polymers: Synthesis, properties and applications, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, United States, 520 p

[3] Sabeti, H., 1966. Native and exotic trees and shrubs of Iran, University of Tehran, Tehran, Iran, 430 p. (In Persian).

[4] Khalili, K., 2010. Extraction and determination of the structure of antifungal effective component of *Pterocarya fraxinifolia* plant. Biology. Gilan, Iran, University of Gilan. Master of Science, 62 p. (In Persian).

[5] Torkaman, J. and Seyam, S., 2009. Measurement of tannin in tree barks of Oak, Beech, Alder, Hornbeam and Black walnut, Journal of Medicinal Plants, 8(1):58-63. (In Persian).

[6] Veysi, R., 2014. Comparative GC/MS analysis of chemical components in wood extracts of *Sweet Locust* and *False Acacia*, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(4):755-762. (In Persian).

[7] Sedaghat, A., 2012. Extraction and identification of bioactive phenols in knot wood of different trees, Wood and paper engineering. Karaj, Iran, University of Tehran. Master of Science, 95 p. (In Persian).

[8] Standard test methods for sampling and preparing wood for analysis. Committees of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Standard, T 257 cm-85, 1985.

[9] Standard test methods for carbohydrate composition of extractive-free wood and wood pulp by gas–liquid chromatography. Committees of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Standard, T 249 cm-85, 1985.

[10] Standard test methods for acid-insoluble lignin in wood and pulp. Committees of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Standard, T 222 om-88, 1998.

www.SID.ir

Archive of SID

[11] Standard test methods for Acid-soluble lignin in wood. Committees of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry, TAPPI Useful method, UM 250, 1985.

[12] Gao, H., Shupe, T.F., Eberhardt, T.L.and Hse, C.Y. ,2007. Antioxidant activity of extracts from the wood and bark of Port Orford cedar. Journal of Wood Science, 53(2):147-152.

[13]Normark, M., Winestrand, S., Lestander, T.A. and Jönsson, L.J., 2014. Analysis, pretreatment and enzymatic saccharification of different fractions of Scots pine. BMC Biotechnology, 14(1):1-12.

[14] Ismail, K., Abdullah, S. and Chong, K., 2014. Screening for potential antimcrobial compounds from Ganodermaboninense against selected food borne and skin disease pathogens. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 6(2):771-774.

[15] Mendelson, W.B.and Basile, A.S., 2001. The hypnotic actions of the fatty acid amide, oleamide. Neuropsychopharmacology, 25(S5):36-39.

[16] Sasaki, T., Yamakoshi, J., Saito, M., Kasai, K., Matsudo, T., Koga, T.and Mori, K., 1998. Antioxidative activities of 4-hydroxy-3(2H)-furanones and their anti-cataract effect on spontaneous cataract rat (ICR/f). Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 62(10):1865-1869.

[17] Van Cauter, E., Plat, L., Scharf, M.B., Leproult, R., Cespedes, S., L'Hermite-Baleriaux, M. and Copinschi, G., 1997. Simultaneous stimulation of slow-wave sleep and growth hormone secretion by gamma-hydroxybutyrate in normal young men. Journal of Clinical Investigation, 100(3):745-753.

[18] Belsito, D.V., Klaassen, C.D., Liebler, D.C. and Hill, R.A., 2013. Safety assessment of methyl glucose polyethers and esters as used in cosmetics, CIR Expert Panel, Tentative Report for Public Comment, Cosmetic Ingredient Review, September 10-11, Washengton DC, United States of America, 34 p.

[19] Ambrose, M. and MacPhee, D.G., 1998. Catabolite repressors are potent antimutagens in Escherichia coli plate incorporation assays: Experiments with glucose, glucose-6-phosphate and methyl-alpha-D-glucopyranoside. Mutation Research, 398(1-2):175-182.

[20] Rodrigues, L.M.A., das Graças Cardoso, M., Batista, L.R., Santiago, W.D., Resende, J.M.V., de Andrade Santiago, J., de Souza Gomes, M., Andrade, M.A., Teixeira, M.L. and Passamani, F.R.F., 2014. "Cachaças"(Sugarcane Spirit) aged quantitation of phenolic compounds, antibacterial and antioxidant activity. American Journal of Plant Sciences, 5(20):2935-2942.

[21] Nićiforović, N. and Abramovič, H.,2014. Sinapic acid and its derivatives: Natural sources and bioactivity. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(1):34-51.

[22] Esatbeyoglu, T., Ulbrich, K., Rehberg, C., Rohn, S. and Rimbach, G., 2015. Thermal stability, antioxidant, and anti-inflammatory activity of curcumin and its degradation product 4-vinyl guaiacol. Food & Function, 6(3):887-893.

[23] Varsha, K.K., Devendra, L., Shilpa, G., Priya, S., Pandey, A. and Nampoothiri, K.M., 2015. 2, 4-Di-tert-butyl phenol as the antifungal, antioxidant bioactive purified from a newly isolated *Lactococcus sp*. International Journal of Food Microbiology, 211:44-50.

[24] Ito, M., Murakami, K. and Yoshino, M., 2005. Antioxidant action of eugenol compounds: Role of metal ion in the inhibition of lipid peroxidation. Food and Chemical Toxicology, 43(3):461-466.

[25] Wu, Y., Cai, Y., Sun, Y., Xu, R., Yu, H., Han, X., Lou, H. and Cheng, A., 2013. A single amino acid determines the catalytic efficiency of two alkenal double bond reductases produced by the liverwort *Plagiochasma appendiculatum*. FEBS Letters, 587(18):3122-3128.

www.SID.ir

Archive of SID

[26] Madeira, P.J., Faddoul, M., Afonso, M.B., Vaz, P.D., Fernandez, M.T. and Leal, J.P., 2011. On the way to understand antioxidants: Chromanol and dimethoxyphenols gas-phase acidities, Journal of Mass Spectrometry, 46(7):640-648.

[27] Welsch, F., 2008. Routes and modes of administration of resorcinol and their relationship to potential manifestations of thyroid gland toxicity in animals and man. International Journal of Toxicology, 27(1):59-63.

[28] Huang, H.C., Chiou, C.T., Hsiao, P.C., Liaw, C.C., Zhang, L.J., Chang, C.L., Chen, I.S., Chen, W.C., Lee, K.H. and Kuo, Y.H., 2012. Cytotoxic phenylpropanoids and a new triterpene, turformosinic acid from *Turpinia formosana* Nakai, Molecules, 17(2):1837-1851.

[29] Choi, J., Shin, K.M., Park, H.J., Jung, H.J., Kim, H.J., Lee, Y.S., Rew, J.H. and Lee, K.T., 2004. Anti-inflammatory and antinociceptive effects of sinapyl alcohol and its glucoside syringin. Planta Medica, 70(11):1027-1032.

[30] Lim, T.K., 2013. Fruits, In: Edible medicinal and non-medicinal plants, Springer Science & Business Media, Springer, Dordrecht, Netherlands, 5, 943 p.

[31] Nollet, L.M.L. and Toldra, F., 2009. Handbook of seafood and seafood products analysis, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, United States of America, 928 p.

www.SID.ir

Archive of SID

Study of chemical components and bioactive properties of knot wood extractives from four endemic species of hyrcanian forests

Abstract

Persian wingnut, Persian honeylocust, Persian ironwood and Persian alder are of four endemic and important species of Hyrcanian forests that the presence of bioactive components in them are initially been proven; however no comprehensive study has yet been done about their chemical components. Furthermore, bioactive phenolics are more in knot wood extractives than other parts of a tree. Hence, in this study, the amounts of extractives, carbohydrates, lignin, as well as antioxidant properties of acetonic extractives were calculated and the extractives components were identified via Gas Chromatography-Mass Spectrometry. The results demonstrated that the knot wood of Persian wingnut contains the most amounts of extractives, carbohydrates and phenolics and showed the highest ability against Diphenylpicrylhydrazyl radicals, while the knot wood of Persian honeylocust contains the most amounts of lignin and capability against chelating of iron ion. All of these four species presented superior scavenging capability against radicals compared with the synthetic antioxidant and butylated hydroxytoluene. Besides, phenolic and non-phenolic materials with different and interesting antioxidant properties were identified.

Key words: chemical components, extractives, phenolics, antioxidant properties.

S. Aliniyay Lakani[1]
S.Hedjazi[2*]
A. Abdulkhani[3]
B. Saake[4]

[1] Ph. D, Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Associate Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Associate Prof., Department of wood and paper science and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[4] Professor, University of Hamburg, Department of chemical and wood technology

Corresponding author:
shedjazi@ut.ac.ir

Received: 2016/05/01
Accepted: 2016/08/15

www.SID.ir