جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص ۲۴۷-۲۵۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۱۱

استخراج و شناسایی ترکیبات شیمیایی آب‌دوستِ مواد استخراجی بافت گره پهن‌برگان

❖ **اکرم صداقت؛** کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **علی عبدالخانی *؛** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **فرامرز خداییان؛** دانشیارگروه صنایع غذایی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **محمدهادی قاسمی؛** دانشجوی دکتری شیمی کاربردی، عضو هیئت علمی سازمان جهاد دانشگاهی، دانشگاه تهران

چکیده

در این تحقیق ترکیبات شیمیاییِ مواد استخراجی آب‌دوست گره گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز استخراج و به وسیلهٔ کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) شناسایی شدند. پیش‌استخراج با حلال هگزان، به منظور حذف ترکیبات چربی‌دوست و به دنبال آن استخراج ترکیبات آب‌دوستِ مواد استخراجی گره‌ها، با روش غوطه‌وری در حلال اتانول- آب (۱:۹v/v) انجام شد. همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدان عصارهٔ مواد استخراجی گره‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد نوع و مقدار مواد استخراجی در گونه‌های مختلف متفاوت است و گونهٔ ممرز، با مقدار ۴٫۳۳ درصد، بیشترین بازده استخراج را دارد. همچنین، مقایسهٔ ارزیابی ظرفیت کل فنولی بر اساس روش فولین سیوکالتیو با نتایج GC/MS نشان داد این روش نمی‌تواند به طور دقیق بیانگر مقدار ترکیبات فنولیِ عصاره‌ها باشد. ظرفیت آنتی‌اکسیدان عصاره‌ها با دو روش ارزیابی میزان توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH و ارزیابی ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن II بررسی شد. نتایج نشان داد ظرفیت آنتی‌اکسیدان عصاره‌ها به مقدار و نوع ترکیبات آن‌ها بستگی دارد.

واژگان کلیدی: ترکیبات آب‌دوست، روش خیساندن، طیف‌سنجی جرمی، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، کروماتوگرافی گازی- گره پهن‌برگان، مواد استخراجی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴
Email: abdolkhani@ut.ac.ir

مقدمه

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گره‌های درخت با تنه متفاوت است. گره‌های چوبی الیافی کوتاه‌تر دارند و میزان مواد استخراجی آن‌ها نسبت به بافت چوبی تنه بیشتر است. این موضوع باعث بروز مشکل در فرایند تولید خمیرکاغذهای شیمیایی می‌شود [۱]. همچنین گره کیفیت خمیرکاغذهای مکانیکی را کاهش می‌دهد [۲]. به علاوه، به دلیل اینکه گره‌های چوبی سخت‌تر از چوب نرمال‌اند، تهیهٔ خرده‌چوب از بافت‌های حاوی گره زیاد مشکل‌تر است و به انرژی بیشتری نیاز دارد [۱]. به همین دلیل باید گره‌ها قبل از فرایند خمیرکاغذسازی از مادهٔ اولیه حذف شوند. مواد استخراجی گره‌ها شامل ترکیبات فنولی است که خواص ضد میکروبی دارند و منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی‌اند و ارزش اقتصادی آن‌ها زیاد است و از آن‌ها در صنایع غذایی و داروسازی و تولید مواد آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود [۳ و ۴]. اخیراً تهیه و استفاده از فنول‌های زیست‌فعال[1] حاصل از گیاهان در صنایع غذایی و داروسازی و تولید مواد آرایشی و بهداشتی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به غیرکاربردی‌بودن گره‌های چوبی در فرایند کاغذسازی و همچنین با توجه به وجود ترکیبات استخراجی فنولی در گره‌ها و حذف گره‌ها از فرایند خمیرکاغذسازی و استخراج فنول‌های زیست‌فعال از گره‌ها، تولید ترکیبات زیست‌فعال[2] و استفاده از آن‌ها در صنایع دارویی و غذایی و تولیدات آرایشی و بهداشتی ضرورت پیدا می‌کند تا ترکیبات فنولی در مقیاس صنعتی از گره‌ها استخراج شوند و زمینه‌ای برای افزایش نقش تجاری جنگل‌ها و تولیدات جنگلی فراهم آید. در ایران گونه‌های متنوع پهن‌برگ وجود دارد. بررسی و شناسایی مواد استخراجی این گونه‌ها، به‌خصوص در ارتباط با گره‌های چوبی، می‌تواند به توسعهٔ فرایندهایی منجر شود که سبب تهیهٔ مواد زیستی با ارزش افزودهٔ زیاد می‌شود و به تکمیل چرخهٔ ایجاد یک زیست پالایشگاه با هدف تهیهٔ سبدی از فرآورده‌های مختلف کمک کند.

در ارتباط با تجزیهٔ شیمیایی گره گونه‌های مختلف، مطالعات متعددی انجام شده است. سای و همکاران او یک لیگنان گلوکوزید جدید، با نام ۶ـ آلفا ـ فیلیرین رامنوزید، را در مواد استخراجی شاخه‌های گونهٔ *Pinus banksiana* شناسایی کردند [۵]. پیسپانن و همکاران او ترکیباتِ مواد استخراجی گره‌های گونهٔ *Picea abies* را با استفاده از آنالیز GC/MS مطالعه کردند و لیگنان‌های ایزوهیدروکسی ماتایی‌رزینول، ماتایی‌رزینول، هیدروکسی ماتایی‌رزینول، آلفا کونیدندریک اسید، آلفا کونیدندرین، سکوآی‌زو لاریسیرزینول، و لاریسیرزینول را شناسایی کردند [۶]. نیاسوس و همکاران او مواد استخراجی گره گونه‌های Jack pine و European aspen را به وسیلهٔ GC/MS و NMR مطالعه کردند و شش فلاونویید، دو فلاونویید گلوکوزید، و یک سینامیک اسید را شناسایی کردند [۱]. پایتارینن و همکاران او خواص آنتی‌اکسیدان مواد استخراجی هیدروفیلیک گره چوبی و پوست چندین گونه از جنس‌های Acacia، Abies، Eucalyptus، Fagus، Larix، Picea، Pinus، Populus، Thuja، Tsuga، Betula، و Pseudotsuga

1. Bioactive phenols
2. Bioactive compound

را به وسیلهٔ تست‌های جلوگیری از پراکسیدشدن لیپیدها[1] و توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال‌های پراکسیل[2] ارزیابی کردند. نتایج نشان داد خواص آنتی‌اکسیدان مواد استخراجی گره‌ها قوی‌تر از پوست است [۷]. لایندبرگ و همکاران او خواص آنتی‌باکتریایی مواد استخراجی هیدروفیلیک گره‌های چوبی هجده گونه از جنس‌های Abies، Pseudotsuga، Pinus، Larix، Thuja، Fagus، و Betula را بررسی کردند. نتایج نشان داد مواد استخراجی این گونه‌ها رشد باکتری‌ها را کاهش می‌دهد [۸].

در این تحقیق مواد استخراجی چند گونهٔ پهن‌برگ شمال ایران با روش ملایم، جداسازی، و ترکیبات آب‌دوست عصاره‌ها با استفاده از فنون کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی شناسایی شد. همچنین ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با استفاده از روش‌های مختلف بررسی شد.

مواد و روش‌ها

گونه‌های چوبی

گره زندهٔ گونه‌های راش[3]، افراپلت[4]، توسکای قشلاقی[5]، و ممرز[6] از درختان جنگل آموزشی دانشگاه تهران، واقع در روستای خیرودکنار شهر نوشهر، جدا و در شرایط کنترل‌شده (دور از نور و رطوبت و دمای زیاد) به کمک آسیاب آزمایشگاهی به آرد چوب تبدیل شد و طبق استاندارد TAPPI شمارهٔ T257 CM-85 با اندازهٔ ذرات ۴۰ و ۶۰ مش استفاده شد.

1. Lipid-peroxidation
2. Peroxyl-trapping capacity
3. Fagus orientalis
4. Acer insigne
5. Alnus glutinosa
6. Carpinus betulus

استخراج عصارهٔ گره چوبی

به منظور استخراج و حذف ترکیبات چربی‌دوست از بافت گره‌های چوبی، نمونه‌های آرد چوب با استفاده از حلال هگزان و با روش غوطه‌وری[7] در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد، به مدت بیست و چهار ساعت، استخراج شد. سپس آرد گره چوبی، پس از خشک‌شدن، به منظور جداسازی ترکیبات آب‌دوست، با استفاده از حلال اتانول: آب (۱:۹ v/v) به روش غوطه‌وری استخراج شد.

شناسایی ترکیبات عصاره با کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی (GC/MS)

عصاره‌های جداشده، قبل از تزریق به ستون کروماتوگرافی، مشتق‌سازی شدند. عملیات سایلیل‌دارکردن عصاره‌ها با استفاده از واکنشگر BSTFA[8] همراه پیریدین انجام شد. به این منظور، حدود ۰/۱ گرم از هر یک از عصاره‌های به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف با ۰/۳ میلی‌لیتر از واکنشگر BSTFA و ۰/۳ میلی‌لیتر پیریدین مخلوط و به مدت سی دقیقه عمل‌آوری شدند. به دلیل پایداری اندک ترکیبات سایلیل‌دارشده، عمل سایلیل‌دارکردن بیست و چهار ساعت قبل از آنالیز با GC/MS انجام شد. جداسازی و شناسایی اجزای مواد استخراجی نمونه‌های سایلیل‌دارشده به وسیلهٔ GC/MS تحت شرایط ذیل انجام شد:

ستون HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه، با برنامهٔ دمایی ۶۰ تا ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و شیب دمایی ۶ درجه بر دقیقه.

7. Maceration (Disperse)
8. N, O-Bis (trimethylsily) trifluoro acetamide

شناسایی طیف‌های جرمی از طریق مقایسه با طیف‌های پایهٔ بانک اطلاعاتی رایانهٔ دستگاه GC/MS و پایگاه‌های اطلاعاتی Wiely و NIST انجام شد.

ارزیابی ظرفیت کل فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها

ارزیابی ظرفیت کل فنولی با استفاده از واکنشگر فولین سیوکالتیو[1]

در این روش ۰٫۲ میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره‌ها با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، ۰٫۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو، و ۱ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم با هم مخلوط شدند و به وسیلهٔ آب مقطر به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسیدند و به مدت سی دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس جذب نمونه‌ها با اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۰ nm در مقابل شاهد خوانده شد و ظرفیت کل فنولی عصاره‌ها با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید به صورت معادل گالیک اسید در گرم عصاره بیان شد [۹].

ارزیابی میزان توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال دی‌فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH)[2] به منزلهٔ معیاری از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

برای انجام‌دادن این آزمایش، ۳٫۹ میلی‌لیتر محلول اتانولی DPPH با غلظت ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر با ۰٫۱ میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره‌های هر یک از گونه‌ها با غلظت ۰٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مخلوط شدند و به مدت سی دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. جذب مخلوط توسط اسپکتروفوتومتر در طول موج nm ۵۱۵ در مقابل اتانول خوانده شد. سپس، درصد به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH با فرمول ۱ محاسبه شد [۱۰].

$$\text{درصد به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب بلانک}}{\text{جذب بلانک}} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

ارزیابی ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن II

برای انجام‌دادن این آزمایش ۲٫۵ میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره‌های هر یک از گونه‌ها با غلظت ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، ۰٫۰۵ میلی‌لیتر کلرید آهن II (۲ میلی‌مولار)، و ۰٫۲ میلی‌لیتر محلول فروزین ۵ میلی‌مولار با هم مخلوط شدند و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط قرار گرفتند. سپس، جذب نمونه‌ها توسط اسپکتروفوتومتر در طول موج nm ۵۶۲ در مقابل اتانول خوانده شد. درصد مهار تشکیل کمپلکس آهن- فروزین با فرمول ۲ محاسبه شد [۱۱].

$$\text{درصد جذب فلز} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب بلانک}}{\text{جذب بلانک}} \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

یافته‌ها و بحث

بازده جداسازی

جدول ۱ بازده استخراج عصاره‌های اتانولی مواد استخراجی گره‌ها را نشان می‌دهد.

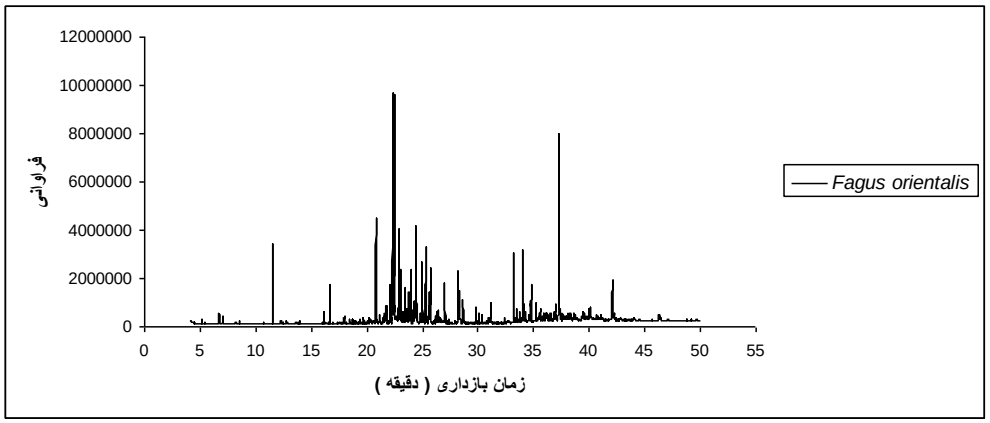
شناسایی عصاره‌ها با کروماتوگرافی گازی (GC)

شکل ۱ کروماتوگرام‌های گازی عصاره‌های اتانولی مواد استخراج‌شده از گره‌های گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز را نشان می‌دهد.

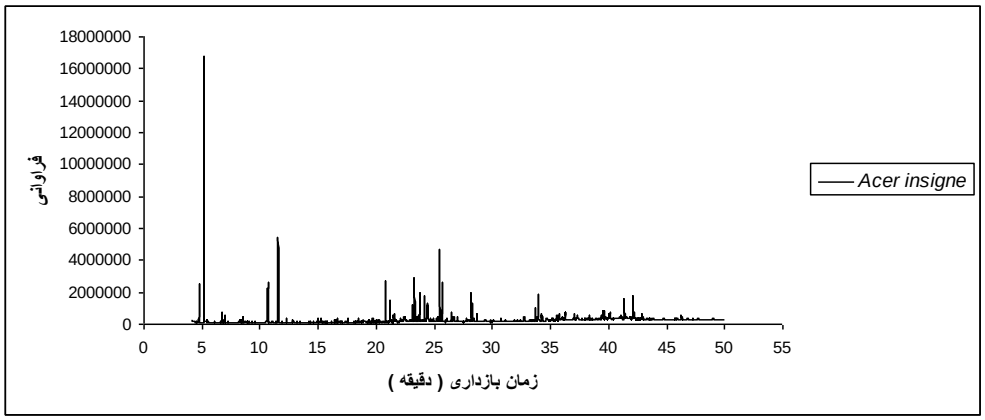
1. Folin- ciocalteu
2. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

جدول ۱. بازده استخراج عصاره‌های مواد استخراجی گره‌ها، استخراج با حلال اتانول- آب (۱:۹ v/v)

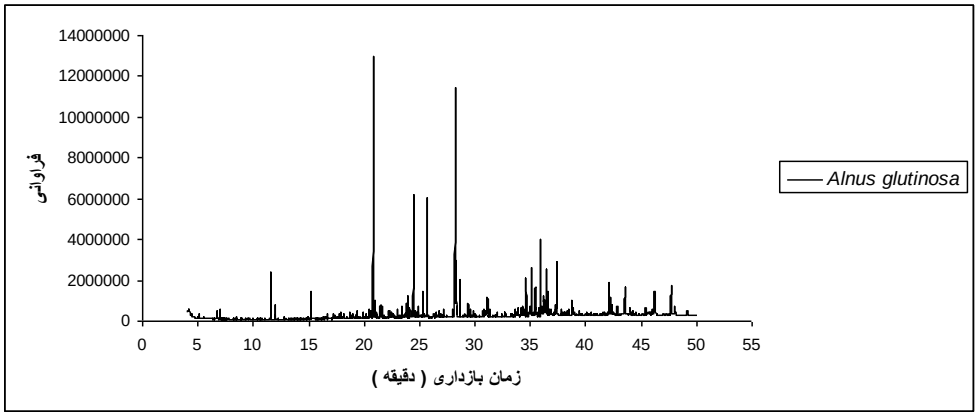
نام گونه	بازده استخراج (٪)
راش	۳٫۱۹
افراپلت	۳٫۱۹
توسکای قشلاقی	۱٫۷۹
ممرز	۴٫۳۳



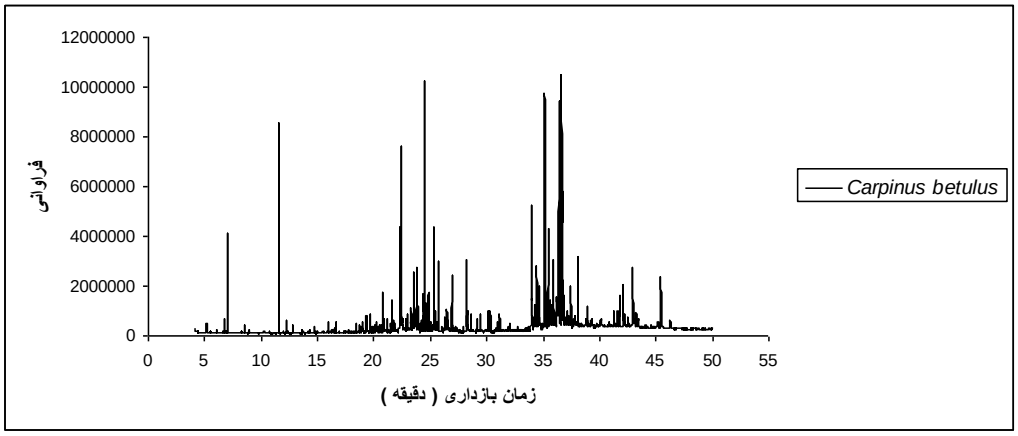
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۱. کروماتوگرام گازی (GC) عصارهٔ مواد استخراج‌شده از گره‌های گونه‌های الف) راش، ب) افراپلت، ج) توسکای قشلاقی، د) ممرز؛ استخراج با حلال اتانول- آب (v/v ۹:۱)

جدول ۲. بازده (٪) گروه‌های اصلی ترکیبات شناسایی‌شده در عصاره‌های مواد استخراجی گره‌ها؛ استخراج با حلال اتانول- آب (v/v ۹:۱)

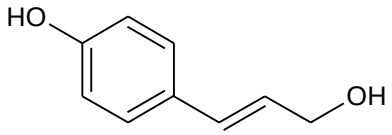
نام ترکیب	راش	افرا	توسکا	ممرز
قندها	۳۲٫۵۷	۲۵٫۱	۲۴٫۶	۲۹
اسیدهای چرب	۴٫۸	۱۰٫۶	۲۶٫۶	۴٫۲
موم‌ها	۱	۰٫۹	۱٫۷	۰٫۱
* ترپنوییدها				
a) اسیدهای رزینی				
b) سایر ترپنوییدها	۰٫۳	۳٫۱	۱٫۳	۰٫۴
استرووییدها	۱٫۹	۶	۴٫۲	۱٫۳
آلکالوویید تالبوتین	۷٫۶			
مونومرهای آروماتیکی	۱۹٫۲	۰٫۷	۸٫۹	۶٫۶
ترکیبات آروماتیکی	۵٫۷	۰٫۵	۱٫۶	۷٫۴
* مونومرهای فنولی زیست‌فعال				
a) اسیدهای فنولی زیست‌فعال	۱٫۷	۲	۲٫۱	۲٫۳
b) سایر مونومرهای فنولی زیست‌فعال	۵٫۱	۹٫۸	۳٫۸	۱٫۵
کینون‌ها	۱٫۱	۰٫۵		۰٫۲
ترکیبات فنولی زیست‌فعال	۳٫۷	۱٫۹	۰٫۳	

جدول ۲ بازده گروه‌های اصلی ترکیبات شناسایی‌شده در عصاره‌های مواد استخراجی گره‌ها را نشان می‌دهد.

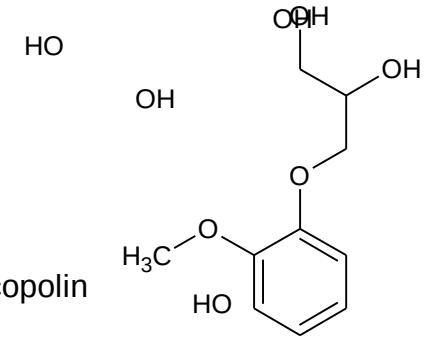
جدول ۲ نشان می‌دهد نوع و مقدار مواد استخراجی در گونه‌های مختلف متفاوت است. اسیدهای رزینی در پهن‌برگان شناسایی نشدند.

آلکالوییدها، که از نظر زیستی ترکیباتی فعال‌اند و خواص ضد میکروبی دارند [۱۲]، فقط گونهٔ راش شناسایی شدند و ۷٫۶ درصد از عصارهٔ اتانولی راش را آلکالوییدِ تالبوتین[1] تشکیل می‌دهد. مونومرها و ترکیبات آروماتیکی در گونهٔ راش و مونومرها و ترکیبات فنولی در گونهٔ افراپلت بیشترین مقدار را دارند و به ترتیب ۲۴٫۹ و ۱۴٫۲ درصدِ عصارهٔ اتانولی این گونه‌ها را تشکیل می‌دهند.

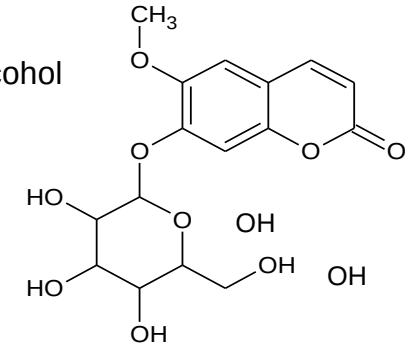
شکل ۲ تعدادی از ترکیبات مهم شناسایی‌شده در عصاره‌های اتانولی گره‌های گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز را نشان می‌دهد.



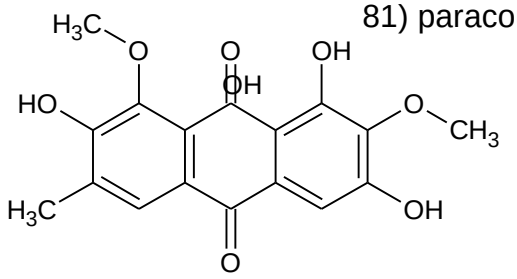
(۱)



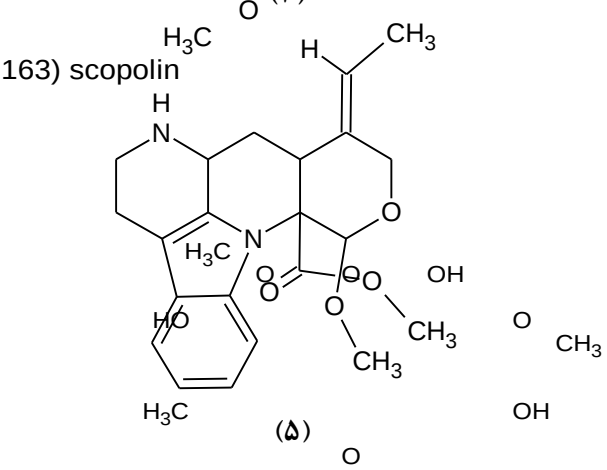
(۲)



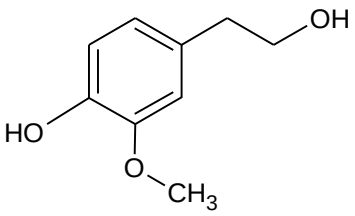
(۳)



(۴)

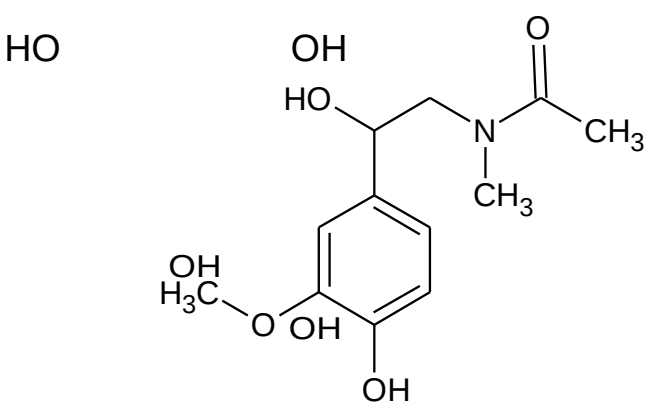


(۵)

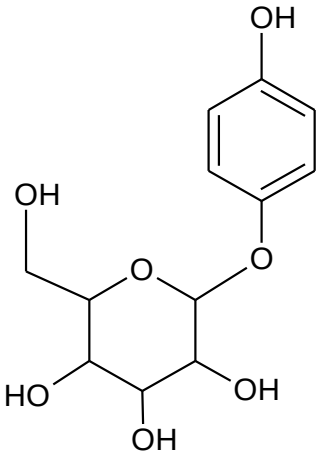


(۶)

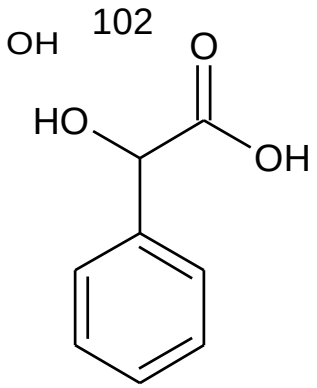
1. Talbotine



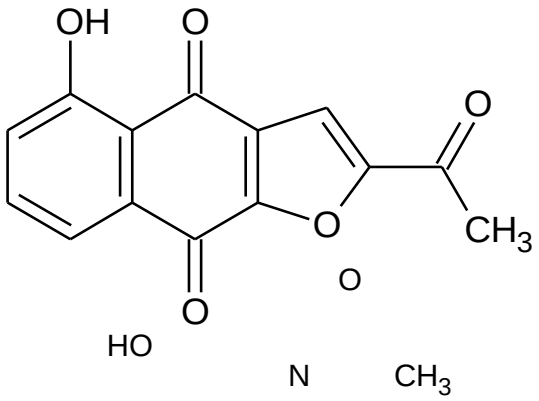
(۸)



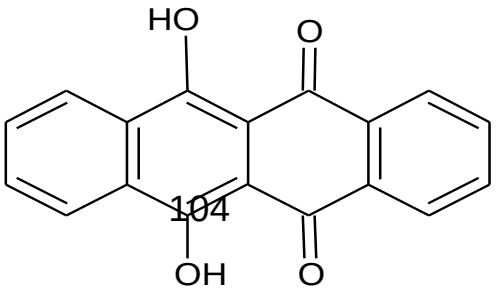
(۷)



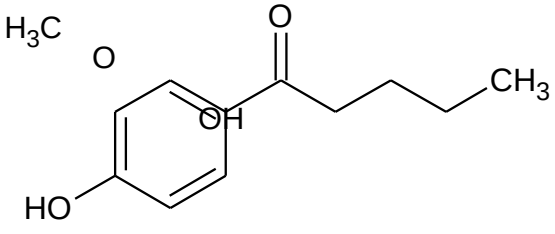
(۱۰)



(۹)



(۱۲)



(۱۱)

شکل ۲. تعدادی از ترکیبات مهم شناسایی‌شده در عصاره‌های اتانولی گره‌ها

جدول ۳ زمان‌های بازداری ترکیبات مهم شناسایی‌شده در کروماتوگرام‌های گازی شکل ۱ را نشان می‌دهد.

جدول ۳. زمان‌های بازداری ترکیبات مهم شناسایی‌شده در عصاره‌های اتانولی مواد استخراجی گره‌ها

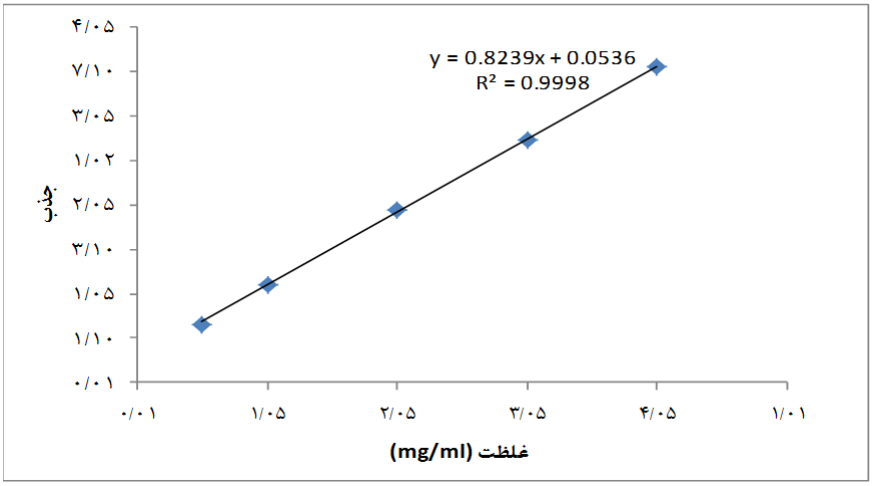
شمارهٔ ترکیب در شکل ۲	نام ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)
راش		
۱	پاراکوماریل‌الکل	۲۴٫۱۵
۲	گوایافنسین	۳۶٫۱۸
۳	اسکوپولین	۳۴٫۷۷
۴	۹، ۱۰- آنتراکیندیون، ۳، ۷- تری‌هیدروکسی- ۲، ۸- دی‌متوکسی- ۶ متیل	۲۶٫۲۲
۵	آلکالوییدتالبوتین	۳۷٫۲۵
افرا پلت		
۶	هوموانیلیل‌الکل	۲۰٫۱۹
۱	پاراکوماریل‌الکل	۲۴٫۱۴
۷	آربوتین	۳۹٫۶۵
۸	متانفرین	۴۰٫۱۱
۹	۲- استیل- ۵- هیدروکسی نفتو ۲، ۳ فوران- ۴، ۹- دیون	۱۸٫۴۳
توسکای قشلاقی		
۱۰	ماندلیک‌اسید	۳۷٫۳۵
۱۱	پنتانوئیل‌فنول	۳۹٫۴۴
ممرز		
۱۲	۶، ۱۱- دی‌هیدروکسی- ۵، ۱۲- نفتاکیندیون	۳۵٫۳۶

ارزیابی ظرفیت کل فنولی و خواص آنتی‌اکسیدان عصاره‌ها

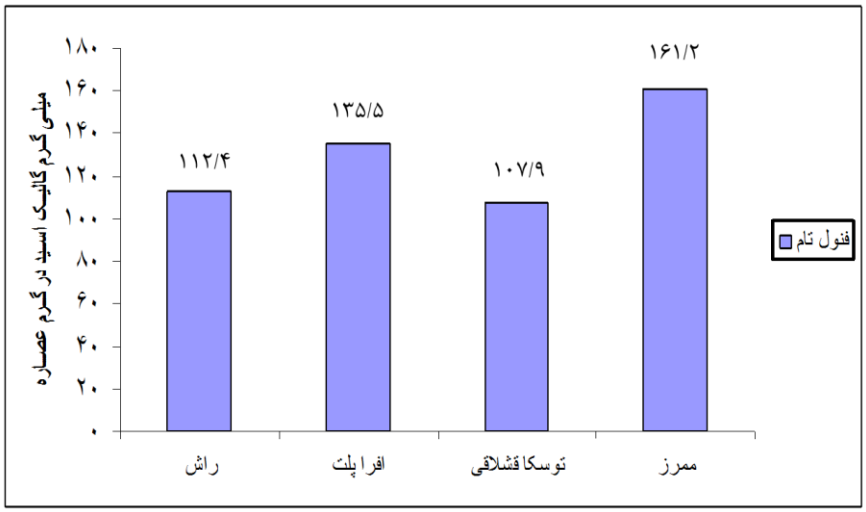
ارزیابی ظرفیت کل فنولی توسط واکنشگر فولین سیوکالتیو

شکل ۳ منحنی استاندارد گالیک اسید و ظرفیت کل فنولی عصاره‌های اتانولی گره‌ها را نشان می‌دهد.

با مقایسهٔ ظرفیت کل فنولی عصاره‌ها در این روش با مقادیر ترکیبات فنولی به‌دست‌آمده در آنالیز GC/MS، که در جدول ۲ آمد، مشاهده می‌شود بین مقادیر به‌دست‌آمده از ترکیبات فنولی عصاره‌ها در روش ارزیابی ظرفیت کل فنولی توسط واکنشگر فولین سیوکالتیو و آنالیز GC/MS تفاوت‌هایی وجود دارد. این تفاوت می‌تواند به این دلیل باشد که در روش فولین سیوکالتیو ارزیابی ظرفیت کل فنولی بر اساس کاهش کمپلکس فسفوتنگستات‌ـ فسفومولیبدات توسط آنتی‌اکسیدان‌هاست؛ که در عصاره‌های اتانولی گره‌های این گونه‌ها، علاوه بر ترکیبات فنولی، ترکیبات آنتی‌اکسیدان دیگری نیز وجود دارد. در نتیجه، ارزیابی ظرفیت کل فنولی بر اساس روش فولین سیوکالتیو نمی‌تواند به طور کامل و دقیق بیانگر مقدار ترکیبات فنولیِ عصاره‌ها باشد و نمی‌تواند با نتایج حاصل از آنالیز GC/MS مقایسه شود.



(الف)



(ب)

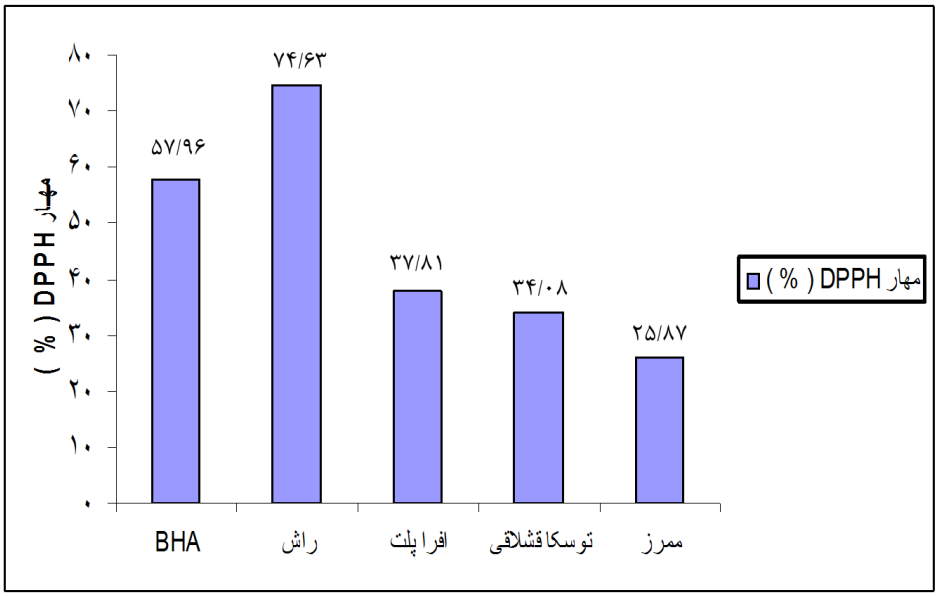
شکل ۳. الف) منحنی استاندارد گالیک اسید، ب) ظرفیت کل فنولی عصاره‌های اتانولی گره‌های گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز (میلی‌گرم گالیک‌اسید در گرم عصاره)

ارزیابی میزان توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH و ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن II

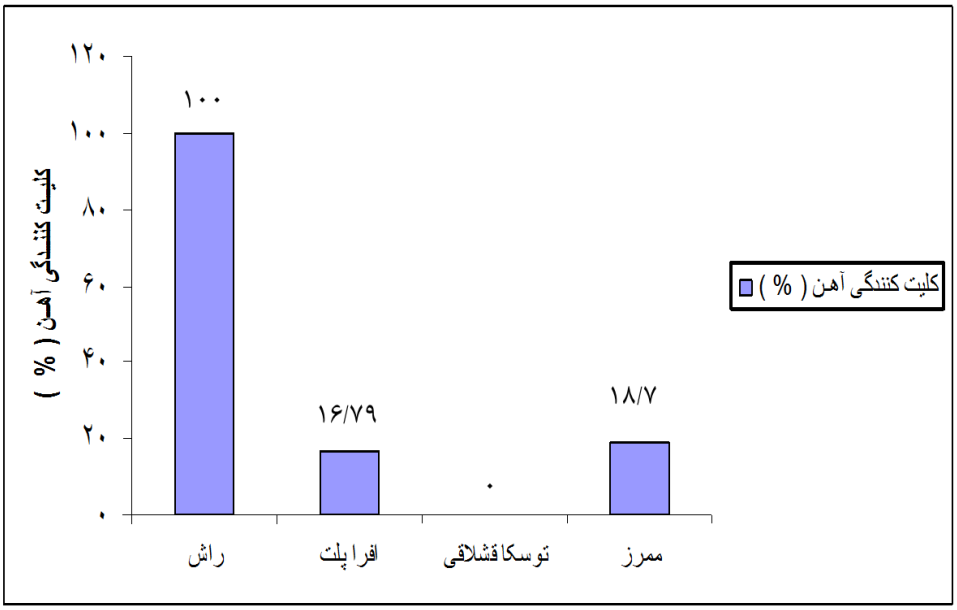
شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب ارزیابی میزان توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH و ارزیابی ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن II را توسط عصاره‌های اتانولی گره‌ها نشان می‌دهند.

شکل ۵ نشان می‌دهد عصارهٔ اتانولی گونهٔ راش بیشترین مقدار درصد مهار رادیکال DPPH را به خود اختصاص می‌دهد؛ طوری که این میزان مهار بیشتر از درصد مهار رادیکال DPPH توسط استاندارد BHA (۳- ترت- بوتیل- ۴- هیدروکسی- آنیزول) است. به طور کلی، می‌توان گفت خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های اتانولی حاصل از گره‌های این گونه‌ها زیاد است. زیرا در این آزمون وقتی غلظت عصاره‌ها کمی بیشتر از ۰/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر باشد تغییر

رنگ محلول اتانولی رادیکال‌های DPPH توسط عصاره‌ها خیلی سریع است و به طور کامل از بنفش به رنگ زرد تغییر پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، در غلظت‌های بیشتر از ۰/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره‌ها به طور کامل رادیکال‌های DPPH را مهار می‌کنند.



شکل ۴. ارزیابی میزان توانایی به‌دام‌اندازی رادیکال DPPH توسط عصاره‌های اتانولی گره‌های گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز (غلظت عصاره‌ها ۰/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)



شکل ۵. ارزیابی ظرفیت کلیت‌کنندگی یون آهن II توسط عصاره‌های اتانولی گره‌های گونه‌های راش، افراپلت، توسکای قشلاقی، و ممرز (غلظت عصاره‌ها ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)

همچنین شکل ۵ نشان می‌دهد در ارزیابی کلیت‌کنندگی یون آهن II عصارهٔ گونهٔ راش در غلظت ۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر یون آهن II را به طور کامل مهار می‌کند و در همین غلظت عصارهٔ گونهٔ توسکا هیچ‌گونه درصد مهاری ندارد. به عبارت دیگر، با توجه به مقدار و نوع ترکیباتِ عصاره‌های گونه‌های مختلف و توانایی هر ترکیب در مهار یون آهن II، ظرفیت کلیت‌کنندگی در عصاره‌های گونه‌های مختلف در یک غلظت مشخص متفاوت است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد اسیدهای رزینی در گونه‌های پهن‌برگان وجود ندارد. همچنین درصد بالای آلکالوییدها و ترکیبات آروماتیکی در گونهٔ راش می‌تواند دلیلی بر دوام طبیعی زیاد راش در برابر عوامل مخرب بیولوژیک باشد. علاوه بر ترکیبات فنولی، سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدان در عصاره‌های اتانولی گره‌ها وجود دارند. در نتیجه، ارزیابی ظرفیت کل فنولی بر اساس روش فولین سیوکالتیو نمی‌تواند به طور کامل و دقیق بیانگر مقدار ترکیبات فنولیِ عصاره‌ها باشد و با نتایج آزمون GC/MS مقایسه شود. خواص آنتی‌اکسیدان عصاره‌های اتانولی، علاوه بر مقدار، به نوع ترکیباتِ عصاره‌ها بستگی دارد. به طور کلی، خواص آنتی‌اکسیدان عصاره‌های اتانولی گره‌ها زیاد است.

References

[1]. Neacus, M., Eklund, P. C., Sjoholm, R. E., Pietarinen, S. P., Ahotupa, M. O., Holmbom, B. R., and willfor, S. M. (2007). Antioxidant flavonoids from knotwood of *Jack pine* and European aspen. Holz Roh Werkst, 65: 1-6.

[2]. Willfor, S., Hemming, J., Reunanen, M., Eckerman, C., and Holmbom, B. (2003). Lignans and lipophilic extractives in Norway spruce knots and stemwood. Holzforschung, 57 (1): 27-36.

[3]. Holmbom, B., Echerman, C., Eklund, P., Hemming, J., Nisula, L., Reunanen, M., Sjoholm, R., Sundberg, A., Sundberg, K., and Willfor, S. (2003). Knots in trees-Anew rich source of lignans. Phytochemistry Reviews, 2: 331-340.

[4]. Holmbom, B., Willfor, S., Hemming, J., pietarinen, S., Nisula, L., Eklund, P., and Sjoholm, R. (2007). Knot in trees: A rich source of bioactive polyphenols. In: Materials, Chemicals and Energy from Forest Biomass. Eds: Argyropoulos, D., Oxford University press. 350-362.

[5]. Si, C. L., Jiang, J. Z., Liu, S. C., Hu, H. Y., Ren, X. D., Yu, G. J., and Xu, G. H. (2013). Anew lignan glycoside and phenolics from the branch wood of *pinus banksiana* Lambert. Holzforschung, 67 (4): 357-363.

[6]. Piispanen, R., Willfor, S., Saranpaa, P., and Holmbom, B. (2008). Variation of lignans in Norway spruce *(Picea abies* [L.] Karst.) Knotwood: within- stem vaviation and the effect of fertilization at two experimental sites in Finland. Trees, 22: 317-328.

[7]. Pietarinen, S. P., Willfor, S. M., Ahotupa, M. O., Hemming, J. E., and Holmbom, B. R. (2006). Knotwood and bark extracts: strong antioxidant from waste materials. Wood Science, 52: 436-444.

[8]. Lindberg, L. E., Willfor, S. M., and Holmbom, B. R. (2004). Antibacterial effects of knotwood extractives on paper mill bacteria. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 31: 137-147.

[9]. Ramamoorthy, P. K. and Bono, A. (2007). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of morinda citrifolia frust extracts from various extraction processes. Engineering Science and Technology, 2(1): 70-80.

[10]. Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., and Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. Agricultural and Food Chemistry, 40: 945-948.

[11]. Dinis, T. C. P., Mederia, V. M., and Almeida, L. M. (1994). Action of phenolic derivates (acetoaminophen, salycilate and 5- aminosalycilate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. Archives of Biochemistry and Biophysics, 315: 161-169.

[12]. Umezawa, T. (2001). Chemistry of Extractives. Kyoto: Kyoto University press. 213-232.