JARC

تهیه نانوبسپارهای پروتوکاچئیک اسید استخراج‌شده از گیاه سماق و بررسی ویژگی ضداکسیدانی، مقدار فنل و فلاونوئیدکل عصاره برگ آن و رهایش آن‌ها

عبدالرضا ابری[1،*] و سیده سحر مهدی‌زاده[2]

۱- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشدفیتوشیمی، گروه شیمی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

دریافت: شهریور ۱۳۹۷، بازنگری: اردیبهشت ۱۳۹۸، پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده: در این کار پژوهشی، گیاه سماق از درختان منطقه اهر در استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری، در سایه خشک، آسیاب و درنهایت، با سه روش خیساندن، سوکسله و فراصوت عصاره‌گیری و ماده مؤثره‌ی پروتوکاچئیک اسید و تعیین درصد آن با دستگاه سوانگاری مایع با کارایی بالا (HPLC) مشخص شد. در ادامه، مشتق وینیله پروتوکاچئیک اسید تهیه و با مونومرهای آکریلیک اسید، متاآکریلیک و استایرن در حضور آغازگر AIBN بسپارش و با دستگاه خشک‌کن انجمادی نانوهم‌بسپار آن تهیه شد. ساختار فراورده‌ها با طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، طیف‌سنجی تشدید مغناطیسی هسته پروتون (^{1}HNMR)، طیف‌سنجی تشدید مغناطیسی هسته کربن ۱۳ (^{13}CNMR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC)، تجزیه وزن‌سنجی گرمایی (TGA) و میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) بررسی و تعیین شد. چگونگی رهایش کنترل‌شده داروی پروتوکاچئیک اسید از هم‌بسپارها به‌طور جداگانه در هر دو شرایط شبیه‌سازی‌شده معده و روده در محیط‌های بافر به ترتیب با pH برابر با ۱ و ۷٫۴ موردبررسی قرار گرفت. در بخش پایانی کار، ویژگی ضداکسیدانی عصاره متانولی، محتوای فنل و فلاونوئیدکل اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: سماق، استخراج، فنل، فلاونوئید، نانوهم‌بسپار، رهایش دارو

مقدمه

سماق[1] از نظر طب قدیم، سرد و خشک بوده و ویژگی ضد میکروبی و ضداکسیدانی دارد. آنتی اکسیدان‌ها موادی هستند که از عمل رادیکال‌های آزاد در بدن جلوگیری میکنند. مدت‌های زیادی است که ترکیب شیمیایی سماق موردبررسی قرارگرفته است. گیاهان دارویی دارای یک منبع بالقوه از ضداکسیدان‌های طبیعی مانند فنل‌ها و فلاونوئیدها هستند. رادیکال‌های آزاد با تخریب سلول‌های بدن نقش مهمی در بروز انواع سرطان دارند. بنابراین، آنتی اکسیدان‌ها از بروز سرطان‌ها جلوگیری کرده و در درمان آن مؤثر بوده و در ضمن اجازه نمی‌دهند که سلول سرطانی

1. Rhus coriaria

*عهده‌دار مکاتبات: ar.abri@azaruniv.ac.ir

در بدن، غده سرطانی را به وجود آورد [۱]. استفاده از گیاهان دارویی به منظور درمان، با تاریخ زندگی انسان همزمان بوده است. سال‌های اخیر گرایش عمومی به استفاده از گیاهان دارویی به دلیل عوارض جانبی زیاد داروهای شیمیایی و همچنین، قیمت بسیار بالای آن‌ها در جهان افزایش‌یافته است [۲].

گیاه دارویی سماق متعلق به راسته افراسانان و تیره پسته‌ایان[1] است. سماق به صورت درختچه‌ای و در نواحی گرم و معتدل می‌روید. در کوه‌های غربی ایران به صورت وحشی رشد زیاد دارند. درختچه‌ای؛ دیرزیست، تک پایه، از خانواده پسته و با ارتفاعی حدود ۱ تا ۴ متر است. قطر آن تا ۱۰ سانتیمتر رسیده و شاخه‌های آن منشعب و پوست ساقه متمایل به زرد هستند. دانه‌ها به شکل عدس، سرخ رنگ و قهوه‌ای و خوشه‌ای شکل هستند. محل رویش سماق در ایران، مناطقی در آذربایجان‌غربی، آذربایجان شرقی (تبریز)، تهران، خراسان (تربت‌جام)، شیراز (کوه‌های دشتک)، مازندران (هراز، رودبار)، قزوین، قم و همدان است. سماق در مناطق معتدل و گرمسیری سراسر جهان یافت می‌شود. به‌طورکلی، سماق می‌تواند در مناطق غیرکشاورزی قابل دوام رشد کند، و گونه‌های متفاوت با فرهنگ‌های بومی برای مصارف دارویی و دیگر اهداف استفاده می‌شود [۳ و ۴]. گل‌دهی آن در ماه‌های تیر و مرداد و زمان رسیدن بذر آن در ماه‌های شهریور و مهر است. گیاه سماق به‌عنوان یک منبع فراوان از تانن‌ها (تغلیظ شده و آبکافت)، اسیدهای فنلی، آنتوسیانین، مشتقات گالیک‌اسید، فلاونوئید گلیکوزیدها، اسیدهای آلی شناخته‌شده است. در برگ‌های سماق تعدادی از ترکیب‌های گیاهی شناسایی‌شده است. دیمر فلاونوئید مانند آمنتوفلاون، آگاتیس فلاون، هینوکی فلاون و سوما فلاون در برگ و میوه سماق شناسایی‌شده است [۵].

سماق ویژگی ضدمیکروبی [۶ و ۷]، ضددیابت [۸]، ضدعفونیکننده، ضدالتهاب [۹]، ضدویروس، ضداکسیدانی، کاهنده چربی خون [۱۰]، فعالیت اسکولیسیدال [۱۱] و ضدمهاجرت دارد و برای درمان انواع سرطان، دیابت، فشارخون بالا، بیماری‌های لثه، ناهنجاری‌های دستگاه گوارش و بیماری‌های روماتیسمی و نقرس مؤثر است [۵].

با توجه به این‌که گیاه سماق غنی از ترکیبات طبیعی با ارزش است، این پژوهش با هدف اندازه‌گیری فعالیت ضداکسیدانی، مقدار فنل و فلاونوئیدکل برگ گیاه سماق، استخراج و شناسایی ترکیب مهم پروتوکاچئیک اسید و تهیه نانوهم‌بسپارهای آن برای پایدارسازی آن و رهایش آن در شرایط محیطی معده و روده انجام شد.

بخش تجربی

منطقه اهر در ارتفاع ۱۳۴۱ متری از سطح دریا، در استان آذربایجان‌شرقی واقع‌شده است. به منظور بررسی عملکرد ضداکسیدانی و مقدار فنل و فلاونوئیدکل، گیاه سماق از منطقه اهر جمع‌آوری، خشک، آسیاب و عملیات عصاره‌گیری در آزمایشگاه انجام گرفت.

عصاره‌گیری

استخراج به روش خیساندن: برگ‌های نمونه گیاهی خشک‌شده در حلال متانول خیسانده شد. ۱۰ گرم از برگ را در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول متانول و چند قطره HCl در یک بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق با همزن مغناطیسی هم‌زده شد. پس از ۲۴ ساعت با قیف و کاغذ واتمن مخلوط صاف و با دستگاه تبخیرکن چرخان به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حلال‌زدایی شد. فراورده موردنظر با حلال از داخل بالن شسته و داخل پلیت ریخته و به مدت ۱۲ ساعت در آون به‌طور کامل خشک شد. عصاره موردنظر برای انجام آزمون و آزمایش‌های بعدی در یخچال نگهداری شد. وزن عصاره به‌دست آمده ۱٫۹۹ گرم بود.

استخراج به روش فراصوت: در این روش از امواج فراصوت با بسامد ۲۰ تا ۲۰۰۰ کیلوهرتز استفاده شد. این امواج نفوذپذیری دیواره سلول‌ها را افزایش می‌دهد و ایجاد شکاف می‌کند. برای عصاره‌گیری با این روش ۱۰ گرم از برگ گیاه خشک پودر شده

1. Anacardiaceae

با ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول و چند قطره استیک اسید بر نمونه گیاه افزوده شد. ارلن حاوی محلول با درب شیشه‌ای و نوار پارافیلم به‌طور کامل بسته و محلول به مدت ۳۰ دقیقه داخل دستگاه فراصوت قرار گرفت. پس از ۳۰ دقیقه که مخلوط تحت تابش امواج فراصوت قرار گرفت، مخلوط صاف و پس از حلال‌زدایی با تبخیرکن چرخان و خشک‌کردن کامل، عصاره تیره رنگ به‌دست آمد که در اندازه‌گیری ویژگی زیستی استفاده شد. وزن عصاره به‌دست آمده ۲٫۴۴ گرم بود.

اندازه‌گیری فعالیت ضداکسیدانی به روش DPPH

برای اندازه‌گیری ویژگی ضداکسیدانی عصاره متانولی گیاه موردنظر، غلظت‌های متفاوت ۱، ۵، ۱۰،۱۵، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۵، ۷۵، ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. به ۳ میلی‌لیتر از غلظت‌های متفاوت عصاره، یک میلی‌لیتر از محلول DPPH ۰٫۰۰۰۱ مولار افزوده شد. سپس، به مدت ۳۰ دقیقه آن‌ها را در محل‌های تاریک قرار دادیم و پس از گذشت مدت موردنظر در طول موج ۵۱۷nm مقدار جذب نمونه‌ها خوانده شد. محلول کنترل از افزودن ۱ میلی‌لیتر محلول DPPH تهیه‌شده به ۳ میلی‌لیتر متانول به‌دست آمد که جذب آن خوانده و طبق فرمول بازداری در غلظت‌های متفاوت محاسبه شد. فعالیت مهار رادیکال بر اساس درصد رادیکال مهارشده DPPH با استفاده از معادله‌ی زیر محاسبه شد:

$$RSA\% = 100(Ac-As)/Ac$$

که در آن Ac جذب بلانک (جذب محلول DPPH بدون نمونه) و As جذب مخلوط DPPH و نمونه است.

اندازه‌گیری مقدار فنل کل

برای این منظور، از روش کار گفته‌شده برای اندازه‌گیری محتوای کل فنل‌ها توسط پریور در سال ۱۹۹۷ با اعمال تغییراتی استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای فنلی عصاره متانولی به‌دست آمده از گیاه موردنظر، ابتدا ۲۰ mg از عصاره گیاه توزین و در داخل ۱۰ میلی‌لیتر حلال متانول حل شد. غلظت ۲mg/ml از عصاره تهیه شد. سپس، بر ۱۰۰ µl از محلول عصاره حاصل مقدار ۱۰۰ µl از معرف فولین سیوکالتیو افزوده شد. در ادامه، پس از افزودن ۷٫۹ میلی‌لیتر آب مقطر به هر لوله آزمایش اجازه دادیم تا مدت ۵ دقیقه در محیط دور از نور باقی بماند. پس از گذشت مدت زمان ۵ دقیقه به هر لوله آزمایش مقدار ۱٫۵ میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات ۲۰٪ افزوده و به مدت ۲ ساعت در محیط به‌طور کامل تاریک قرار داده شد. پس از گذشت مدت زمان موردنظر مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج، λ، برابر با ۷۲۰ nm خوانده شد. برای به‌دست آوردن منحنی واسنجی[1] از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد استفاده می‌شود. به طوری که محلول‌هایی در غلظت‌های متفاوت ۰٫۱، ۰٫۲، ۰٫۳، ۰٫۴، ۰٫۵، ۰٫۶، ۰٫۷، ۰٫۸، ۰٫۹، ۱، ۲، ۳، ۴، با حلال متانول از گالیک اسید تهیه و مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۰ nm خوانده شد.

اندازه‌گیری مقدار فلاونوئید کل

برای این مورد نیز از روش کار بیان‌شده برای اندازه‌گیری محتوای کل فلاونوییدها توسط پریور در سال ۱۹۹۷ با اعمال تغییراتی استفاده شد. برای اندازه‌گیری محتوای فلاونوئیدی عصاره گیاه موردنظر، غلظت ۵۰ µg/ml از عصاره تهیه شد. سپس، ۱ میلیلیتر از عصاره رقیق‌شده به‌همراه ۳۰۰ µl از محلول $NaNO_2$ ۵ درصد و ۴ میلی‌لیتر آب به لوله آزمایش افزوده و محلول به مدت ۵ دقیقه ساکن ماند. در ادامه، ۳۰۰ µl از محلول $AlCl_3$ ۱۰ درصد به هر لوله آزمایش افزوده و دوباره به مدت ۵ دقیقه محلول ساکن ماند. در مرحله آخر، با افزایش ۱ میلی‌لیتر محلول NaOH (1*M*) و رساندن محلول به حجم ۱۰ میلی‌لیتر، جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۰ nm خوانده شد. در رسم منحنی مربوط، از کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد. برای این کار، محلول‌هایی در غلظت‌های متفاوت ۱۰۰، ۸۰، ۶۰،۴۰،۲۰ و ۱۰ µl/ml با حلال متانول از کوئرستین تهیه و جذب نمونه‌ها در

1. Calibration

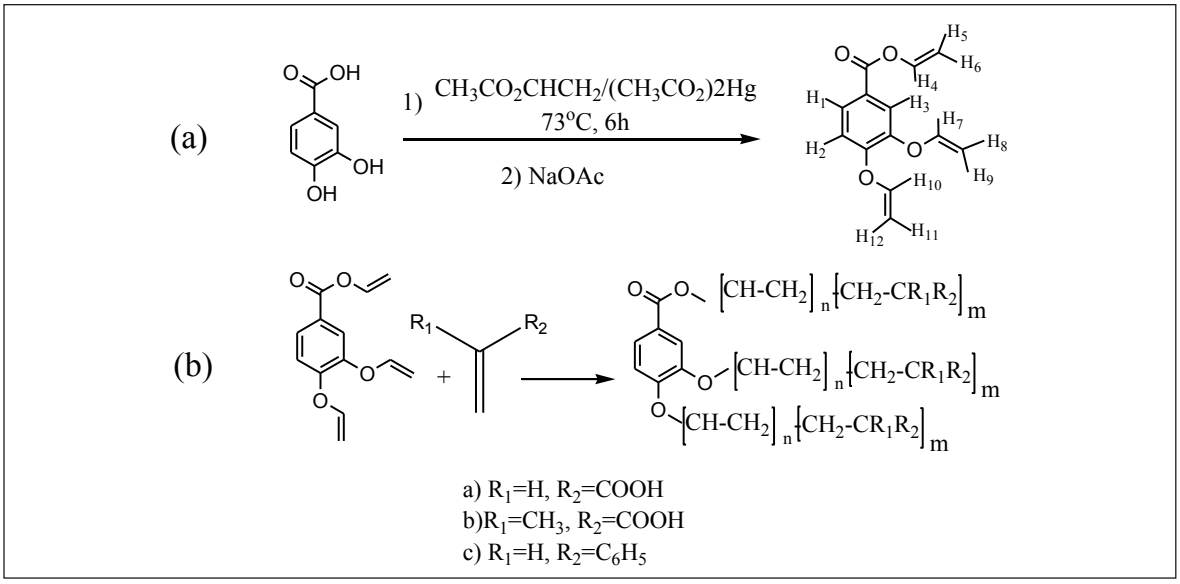
طول موج ۵۱۰nm خوانده شد. درنهایت معادله خط ($y=\alpha x+b$) به‌دست آمد. در معادله خطی به‌دست آمده با قراردادن جذب‌های خوانده‌شده به جای y و محاسبه x، فلاونوئیدکل برحسب میلی‌گرم کوئرستین در یک گرم برگ خشک به‌دست آمد.

ساختار پروتوکاچئیک اسید

پروتوکاچئیک اسید یا ۴،۳ دی‌هیدروکسی‌بنزوئیک اسید، دارای فرمول شیمیایی $(HO)_2C_6H_3CO_2H$ و وزن مولکول ۱۵۴٫۱۲ گرم بر مول و چگالی ۱٫۵۴ گرم بر سانتیمتر مکعب است. ترکیب طبیعی پروتوکاچئیک اسید جزء اصلی تشکیل‌دهنده اسانس گیاه سماق است که به‌تقریب ۳۰ تا ۷۰ درصد اسانس این گیاه را دربردارد. پروتوکاچئیک اسید یکی از متابولیت‌های اصلی کاتچین پس از مصرف چای سبز در انسان است. پروتوکاچئیک اسید با استفاده از آنزیم‌های بیوسنتزی متفاوت تهیه می‌شود.

بررسی سنتزی ترکیب وینیل پروتوکاچئیک اسید

در یک بالن دو دهانه ۱۰۰ میلی‌لیتری مجهز به مبرد بازروانی، ۲٫۱۴ گرم (۱۲٫۶ میلی‌مول) پروتوکاچئیک اسید، ۰٫۳ گرم مرکوریک استات به‌عنوان کاتالیست و ۳۰ میلی‌لیتر وینیل استات به‌عنوان وینیله‌کننده ریخته، مخلوط به مدت نیم ساعت در دمای محیط تحت هم‌زدن قرار گرفت. سپس، ۰٫۲ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ افزوده شد. واکنش به مدت ۲۴ ساعت، تحت دمای ۴۵ درجه ادامه یافت و پیشرفت واکنش با T.L.C دنبال شد. پس از اتمام واکنش و رسیدن محلول به دمای محیط، ۱ گرم سدیم استات برای حذف کاتالیست افزوده شد، رسوب قهوه‌ای کم‌رنگ با گریزانه از محلول جدا شد (شکل ۱-a).



شکل ۱ تهیه تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید (a) و واکنش مربوط به تهیه هم‌بسپارها (b)

بسپارش ترکیب وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید و متاآکریلیک اسید و استایرن با نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۳

بسپارش به روش رادیکالی و با استفاده از آغازگر AIBN (۲ و ′۲-آزوبیس‌ایزوبوتیرونیتریل) انجام شد. در این روش مراکز فعال رادیکالی ایجاد می‌شود و انتشار این مراکز فعال زنجیره‌های بسپاری را ایجاد می‌کند.

در شکل ۱-b واکنش مربوط به تهیه‌ی هم‌بسپارهای جدید از بسپارش ترکیب وینیل پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید (a)

و متاآکریلیک اسید (b) و استایرن (c) نشان داده‌شده است. هدف از به‌کارگیری متاآکریلیک اسید کاربرد وسیع آکریلات‌ها در تهیه سامانه‌های دارورسانی با ویژگی حساس به pH و زیست‌چسبندگی به علت حضور گروه‌های کربوکسیلیک اسید است.

سنتز هم‌بسپار تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت 1:1

۰٫۲ گرم (۱٫۰۲ میلی مول) تک پار وینیل‌دار شده پروتوکاچئیک اسید، ۰٫۰۷ گرم (۱٫۰۲ میلی‌مول) آکریلیک اسید در ۸ میلی‌لیتر دی‌متیل فرمامید حل‌شده، به مدت نیم ساعت در دمای محیط هم‌زده شد. سپس، با نسبت ۲ درصد مولی واکنش‌دهنده‌ها، AIBN (آغازگر رادیکالی) افزوده شد. سامانه ۱۰ دقیقه با به‌کارگیری گاز آرگون، عاری از اکسیژن شد. سپس، در لوله را محکم بسته و محلول در روغن سیلیکون در دمای ۷۰ تا ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت بسپارش شد. پس از اتمام واکنش، بسپار با گریزانه جدا و با دی‌کلرومتان شسته شد تا واکنشگرهای واکنش نداده خارج شوند و درنهایت، بسپار در دمای محیط در داخل خشکانه[1] خشک شد. هم‌بسپارهای به‌دست آمده در حلال دی‌اکسان حل و در پتری دیش به مدت ۷۲ ساعت خشک انجمادی شدند. نانوهم‌بسپارهای به‌دست آمده، برای آزمون‌های بعدی در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد (یخچال) نگهداری شدند.

بررسی آبکافت پروتوکاچئیک اسید از بسترهای تهیه‌شده

با توجه به اینکه سازوکار اثر دارویی پروتوکاچئیک اسید از طریق گردش خون انجام می‌شود، بررسی رهایش دارو از بستر بسپار تهیه‌شده در pH برابر با pH خون (pH =۷٫۴) بررسی شد. در صورت مصرف خوراکی این بسپارهای زیست سازگار، بررسی رهایش پروتوکاچئیک در دو محیط معده و روده نیز انجام گرفت.

بررسی مقدار آزاد شدن پروتوکاچئیک اسید از بسترهای تهیه‌شده

رسوبات به‌دست آمده پس از خشک‌شدن به دو قسمت مساوی تقسیم و درون شیشه‌های ۴ میلی‌لیتری قرارداده شدند و بر هر یک از آن‌ها ۴ میلی‌لیتر از بافر موردنظر افزوده شد. بر دهانه‌ی شیشه، کیسه دیالیز قرارداده و در شیشه بسته شد. هر یک از این دو قسمت را داخل بشرهای مجزا که یک شیشه حاوی ۳۰ میلی‌لیتر از بافر با pH برابر با ۷٫۴ و بشر دیگر حاوی ۳۰ میلی‌لیتر بافر با pH برابر با ۱ شناور شدند. برای هم‌زدن محتوای بشرها از همزن مغناطیسی استفاده شد. بشرها را داخل محیط آب با دمای ۱±۳۶ درجه سانتی‌گراد (معادل شرایط بدن) روی همزن قرار داده شدند. هر یک ساعت یک‌بار ۳ میلی‌لیتر از محلول درون بشرها برای قراردادن در دستگاه طیف‌سنجی و خواندن جذب در طول موج ۲۵۲ نانومتر برداشته و به‌طور هم‌زمان ۳ میلی‌لیتر بافر تازه به هریک بشرها افزوده و نمونه‌ها برای جذب مجدد آماده شدند. این عمل مدت ۷۸ ساعت ادامه یافت. برای بررسی‌های بیشتر رهایش پروتوکاچئیک اسید، نتایج آزمایش به صورت نمودار غلظت–زمان رسم شد. به منظور به‌دست آوردن نتایج تکرارپذیر، عامل‌هایی مانند سرعت هم‌زدن، دمای محیط، حجم بافر و مقدار اولیه بسپار باید در مراحل متفاوت آبکافت ثابت بماند.

محاسبه درصد پروتوکاچئیک اسید آزادشده از بسترهای پلیمری تهیه‌شده

محلول‌های شاهد با غلظت‌های معلوم از پروتوکاچئیک اسید در بافرهای موردنظر تهیه شد. با خواندن مقدار جذب مربوط به آن‌هادر λ_{max} مربوط به پروتوکاچئیک اسید، نمودار واسنجی جذب بر حسب غلظت رسم شد. سپس، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج UV-Vis جذب نمونه‌های برداشته‌شده در λ_{max} مربوط خوانده شد که با انطباق این جذب بر منحنی واسنجی می‌توان درصد پروتوکاچئیک اسید بارگیری شده را محاسبه و منحنی درصد رهایش دارو بر حسب زمان را رسم کرد.

نتیجه‌ها و بحث

شکل ۲ نمودار جذب بر حسب غلظت‌های متفاوت عصاره

1. Desicator

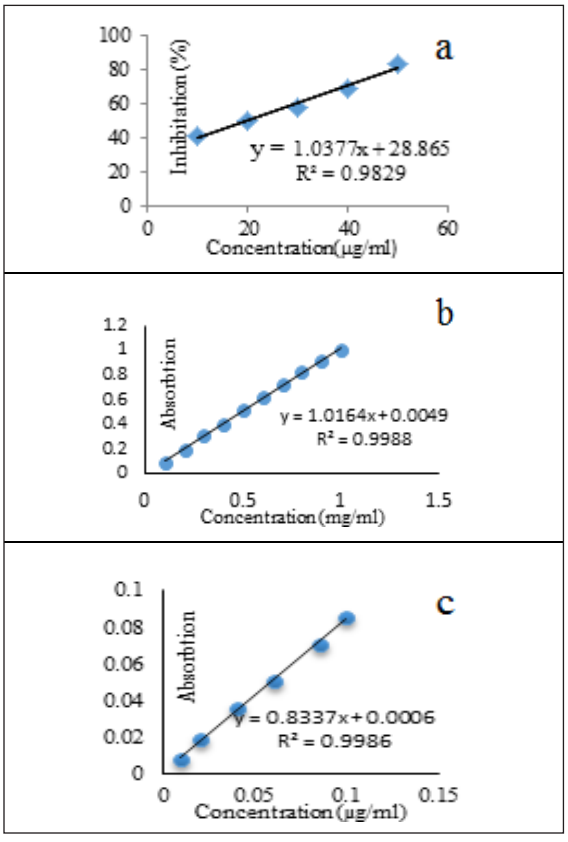
متانولی برگ سماق و نمودارهای واسنجی با استاندارد گالیک اسید و با کمک استاندارد کوئرستین را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، نمودار شکل ۲–a فعالیت ضداکسیدانی عصاره متانولی به‌دست آمده با روش فراصوت را در غلظت‌های متفاوت و توان آن‌ها در کاهش رادیکال آزاد DPPH را پس از ۳۰ دقیقه نشان می‌دهد. با افزایش غلظت عصاره متانولی برگ سماق، جذب نمونه‌ها کاهش یافته است که این نشان‌دهنده کاهش رادیکال آزاد رنگی DPPH است؛ یعنی عصاره با دادن الکترون به این رادیکال آزاد، باعث کاهش رادیکال‌ها و درنتیجه بی‌رنگ شدن DPPH شده است که این بیانگر ویژگی ضداکسیدانی عصاره متانولی برگ سماق است. برپایه معادله به‌دست آمده از نمودار درصد بازداری بر غلظت عصاره، مقدار IC_{50} (غلظتی از نمونه که ۵۰ درصد رادیکال‌های آزاد آن مهار می‌شوند) محاسبه شد. معادله به‌دست آمده به صورت $y = 1.0377x + 28.865$ و ضریب بازداری، R^2، برابر با ۰٫۹۸۲۹ بود. در محاسبه مقدار IC_{50} برابر با ۲۰ به‌دست آمد.

نمودار مقدار جذب برای گالیک اسید نیز در غلظت‌های متفاوت رسم شد (شکل ۲–b). در معادله خطی به‌دست آمده با قراردادن جذب‌های خوانده‌شده به جای y و محاسبه x، فنل کل برحسب میلی‌گرم گالیک اسید در یک گرم برگ خشک به‌دست آمد (جدول ۱).

شکل ۲–c نمودار جذب خوانده‌شده برای کوئرستین را در طول موج ۵۱۰ nm نشان می‌دهد. در معادله خطی به‌دست آمده *(y=ax+b)* با قراردادن جذب‌های خوانده‌شده به جای y و محاسبه x، فلاونوئیدکل برحسب میلی‌گرم کوئرستین در یک گرم برگ خشک به‌دست آمد (جدول ۱).

شناسایی ترکیب طبیعی پروتوکاچئیک اسید در گیاه سماق

نتایج بررسی‌های سوانگاری عصاره برگ این گیاه، ماده پروتوکاچئیک اسید بود. ساختار ترکیب جداسازی شده با مقایسه داده‌های طیفی آن با داده‌های طیفی موجود در نشریات تعیین شد. همچنین، قسمتی از عصاره به‌دست آمده برای شناسایی ترکیب



شکل ۲ نمودار جذب بر حسب غلظت‌های متفاوت عصاره متانولی برگ سماق (a)، نمودار واسنجی با استاندارد گالیک اسید (b)، و نمودار واسنجی با کمک استاندارد کوئرستین (c)

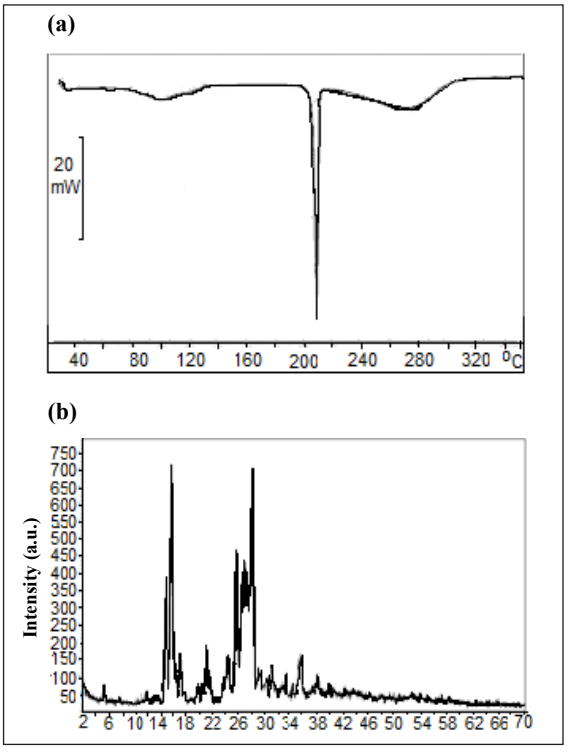
جدول ۱ نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری مقدار کل فنولیک اسید و مقدار فلاونوئید در عصاره گیاه سماق

نوع استخراج	مقدار کل فنولیک اسید به ازای غلظت ۲ mg/ml عصاره گیاه	مقدار جذب بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در یک گرم برگ	مقدار کل فلاونوئید به ازای غلظت ۵۰ µg/ml عصاره گیاه	مقدار جذب برحسب میلی‌گرم کوئرستین در یک گرم برگ خشک
خیساندن	۰٫۳۷ mg/ml	۰٫۰۳۰	۰٫۳۶ µg/ml	۰٫۰۰۱
فراصوت	۰٫۳۹ mg/ml	۰٫۰۴۷	۰٫۳۹ µg/ml	۰٫۰۰۲

طبیعی پروتوکاچئیک اسید به‌طور مستقیم با دستگاه HPLC موردبررسی قرار گرفت. وجود ترکیب طبیعی پروتوکاچئیک اسید در گیاه سماق از این طریق تأیید شد. با تهیه محلول استاندارد پروتوکاچئیک اسید در غلظت‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۵۰ ppm و تزریق آن به دستگاه، معلوم شد که پیک موردنظر پروتوکاچئیک اسید در بازه زمانی ۷٫۲ دقیقه نمایان می‌شود.

با توجه به نمودار گرماسنجی روبشی تفاضلی DSC[1] در شکل ۳–a، پیک گرماگیر اول در حدود دمای ۱۰۰ درجه مربوط به حلال آب و پیک گرماگیر بعدی در حدود ۲۰۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به ذوب ماده استخراجی از سماق بوده که به‌طور تقریب برابر نقطه ذوب گفته‌شده برای پروتوکاچئیک اسید در مراجع است که بیانگر خلوص این ترکیب است.

شناسایی پروتوکاچئیک اسید با بررسی پراش پرتو ایکس (شکل ۳–b) برپایه انعکاس‌های پرتو ایکس از صفحات بلوری نیز انجام شد.



شکل ۳ نمودار DSC پروتوکاچئیک اسید (a) و الگوی XRD پروتوکاچئیک اسید (b)

طیف‌های FTIR ، ^{1}HNMR و ^{13}CNMR و طیف جرمی با طیف‌های گزارش‌شده در مراجع هم‌خوانی کامل داشتند.

مشخصات طیفی وینیل‌پروتوکاچئیک اسید

IR (KBr, cm^{-1}): 3000.91, 2945, 1746, 1610, 1245, 1137; ^{1}HNMR (500 MHz, $CDCl_3$, ppm): 7.7 (dd, 1H, H1), 7.1 (d, 1H, H2), 7.5 (d, 1H, H3), 5.02-5.06 (dd, 1H, H4), 4.91-4.95 (m, 1H, H6), 4.85-4.9(m, 1H, H5), 4.81-4.84(m, 1H, H7), 4.72-4.76 (dd, 2H, H8-H9), 4.63-4.65 (dd, 2H, H11-H12), 4.52-4.57 (dd, 1H, H10), ^{13}CNMR (500 MHz, $CDCl_3$, ppm): 158, 152, 147, 140, 132.56, 132.36, 125, 123.82, 123.32, 121, 97.15, 97.01.

با توجه به اطلاعات تجزیه گرماسنجی تفاضلی روبشی (DSC) در شکل ۴–a، پیک گرماگیر ترکیب وینیل‌پروتوکاچئیک اسید در حدود ۱۳۸ درجه سانتی‌گراد دمای ذوب ترکیب را نشان می‌دهد. یکی از نکات قابل‌توجه در تهیه این ترکیب جدید، وینیل‌دار شدن هر سه گروه عاملی است. به‌طوری‌که در طیف FTIR در شکل ۴–b نیز اثری از گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیلیک اسید مشاهده نمی‌شود و طیف‌های ^{1}HNMR و ^{13}CNMR نیز تأییدی بر این تهیه است.

در ادامه، به‌عنوان نمونه تنها مشخصات طیفی هم‌بسپار تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱ بررسی می‌شود. مشخصات طیفی بقیه نمونه‌ها مشابه با این نمونه است.

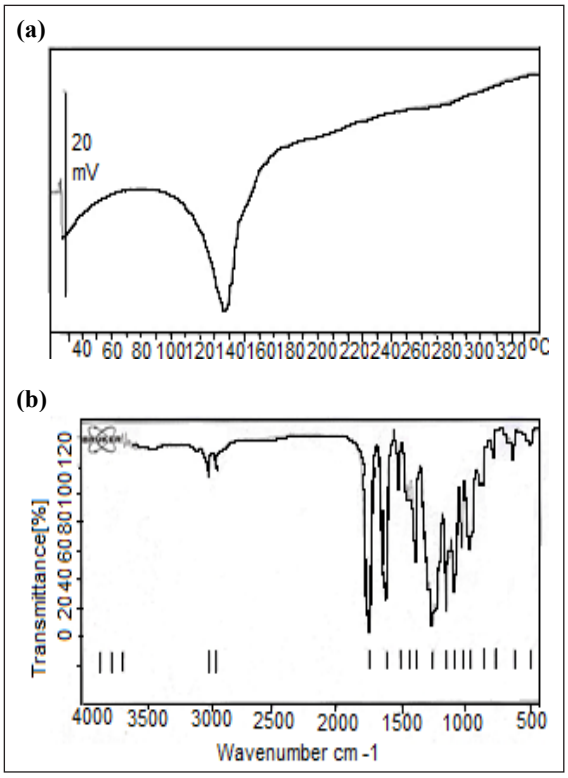
بررسی طیفی نانوهم‌بسپار ترکیب وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱

در طیف FTIR این نمونه در شکل ۵، نوار پهن ناحیه ۲۹۶۶٫۱۷ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی گروه OH اسیدهای کربوکسیلیک، پیک ناحیه ۱۷۲۷ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی گروه کربونیل، نوار ناحیه ۱۶۶۸ cm^{-1} مربوط به ارتعاشات

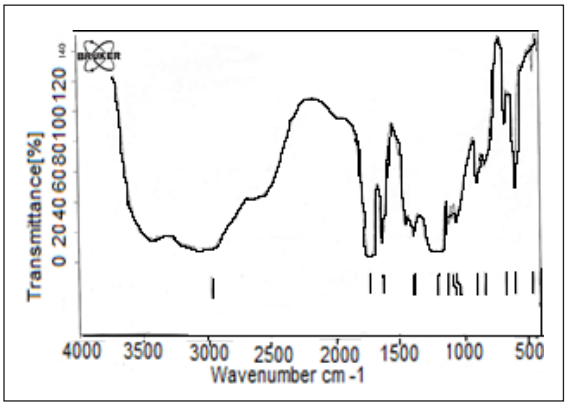
1. Differential scanning callorimetry

کششی C=C حلقه آروماتیکی است. در طیف ^{1}HNMR (شکل ۶)، در ناحیه ppm ۷ پروتون‌های بنزنی، در ناحیه زیر ppm ۴ پروتون‌های متیلنی و در ناحیه ppm ۱۲٫۳۳ پروتون‌های گروه OH ظاهرشده است.

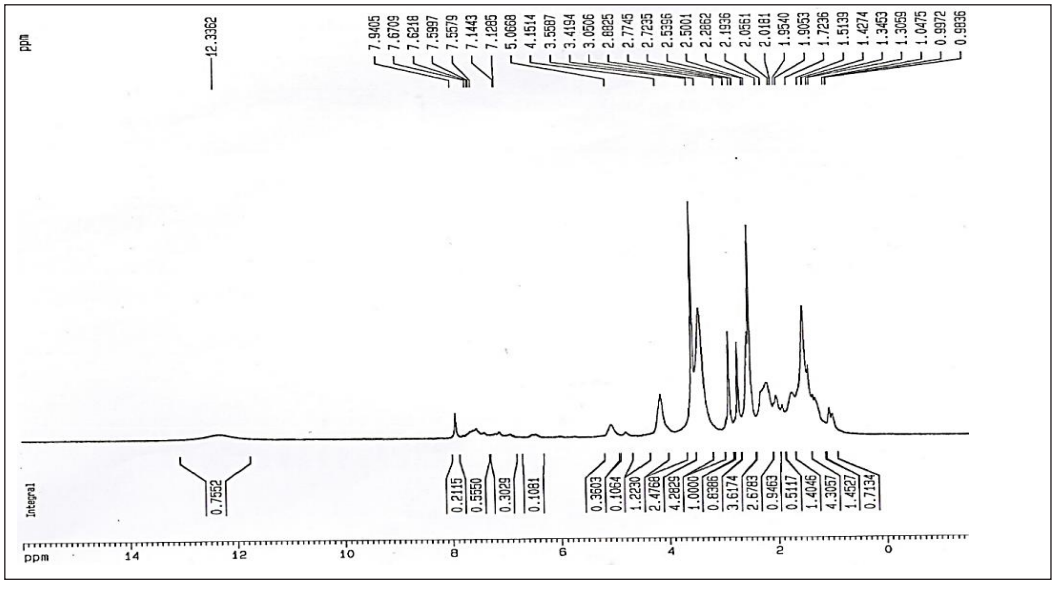
با توجه به اطلاعات نمودار DSC در شکل ۷-a، پیک گرماگیر اول شروع تخریب و پیک گرماگیر دوم مربوط به تخریب تدریجی هم‌بسپار سنتزی است. با توجه به اینکه تک پار تا این دما پایدار



شکل ۴ نمودار تجزیه حرارتی تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید (a)، طیف FTIR ترکیب وینیل پروتوکاچئیک اسید (b)



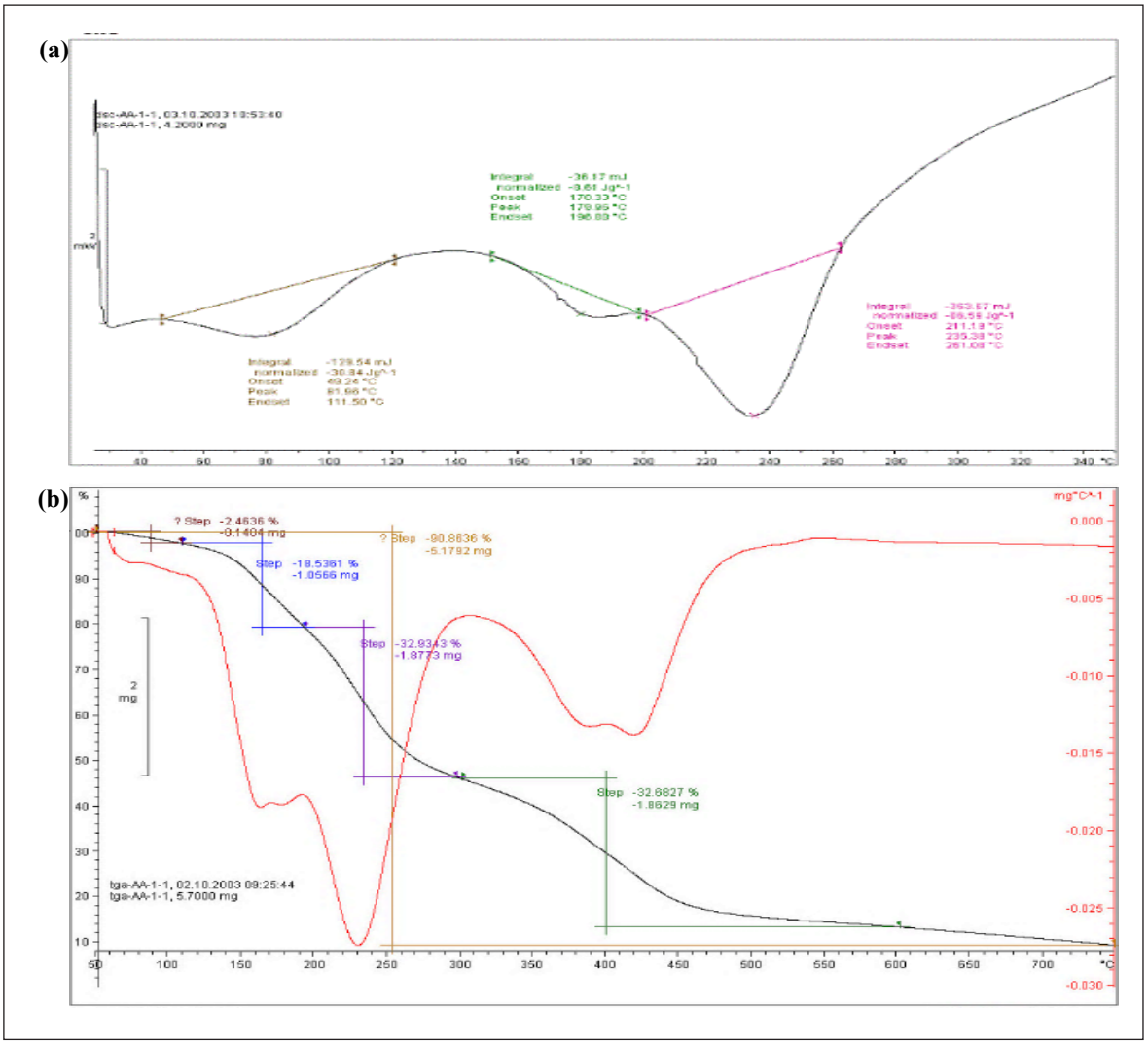
شکل ۵ طیف FT-IR نانوهم‌بسپار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱



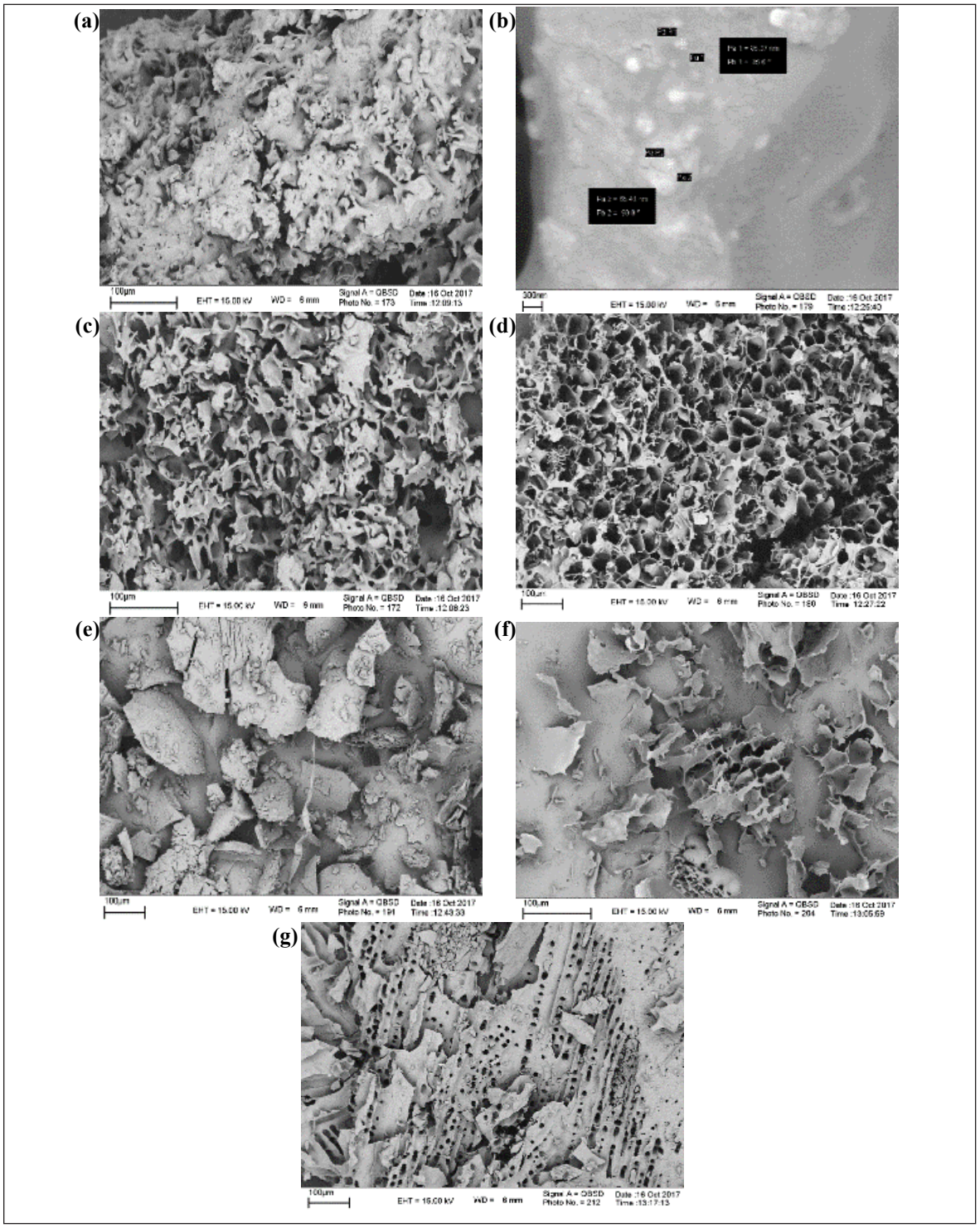
شکل ۶ طیف ^{1}H-NMR نانو هم‌بسپار وینیل پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱

نیست، وجود پیک بلوری در این دما نشان‌دهنده تشکیل بسپار است. با توجه به نمودار TGA به‌دست آمده برای هم‌بسپار سنتز شده (شکل ۷–b) در هم‌بسپار با نسبت ۱:۱ پیک گرماگیر قبل از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به حلال آب است. تخریب هم‌بسپار سنتز شده از ۱۱۰ درجه شروع‌شده و بیش‌ترین تخریب مربوط به دمای ۱۲۰ تا ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد است. از بین رفتن اسکلت اصلی این هم‌بسپار سنتزی در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد است. شکستن سایر اجزای اصلی هم‌بسپار سنتزی در مراحل بعدی انجام می‌شود.

بررسی مشخصات طیفی هم‌بسپارهای جدید از بسپارش ترکیب وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۳ و متاآکریلیک اسید با نسبت ۱:۱ و ۱:۳ و استایرن با نسبت ۱:۱ و ۱:۳ انجام شد. این بررسی نشان‌دهنده سنتز این نانوهم‌بسپارها بود. با توجه به مشابهت طیف‌ها فقط به ذکر نمایش تصویرهای SEM اکتفا می‌شود که با بررسی آن‌ها در کل اندازه ذرات بین ۶۰ تا ۹۰ نانومتر به‌دست آمد (شکل ۸).



شکل ۷ نمودارهای DSC (a) و TGA(b) نانوهم‌بسپار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱

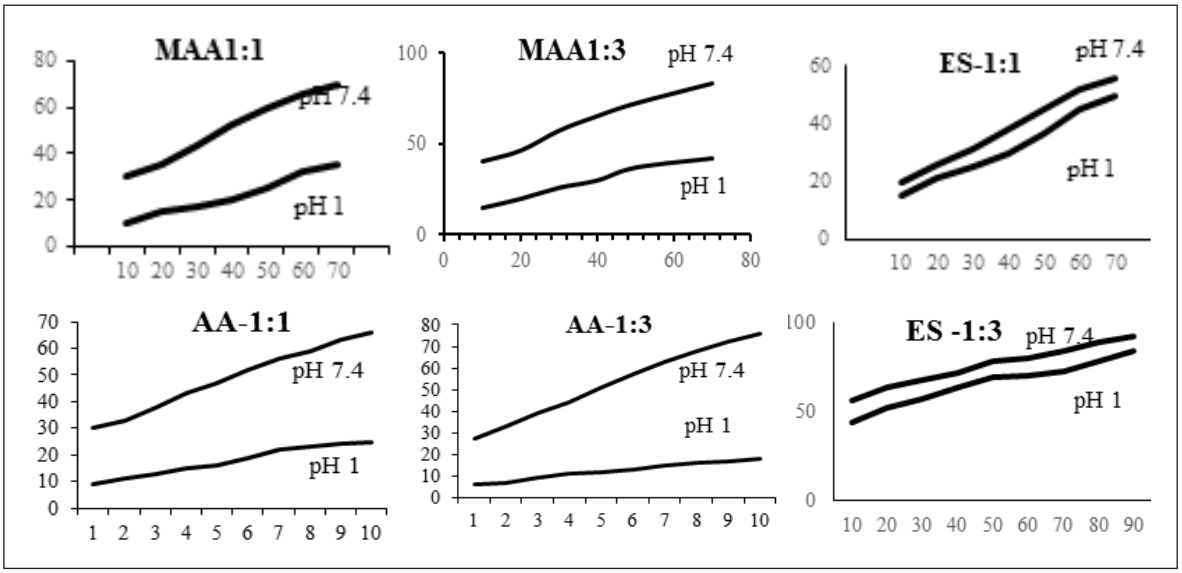


شکل ۸ تصاویر SEM نانوهم‌بسپار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱ (a) با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۱ با اندازه ذرات ۶۵ تا ۸۵ نانومتر (b) با آکریلیک اسید با نسبت ۱:۳(c) با متاآکریلیک با نسبت ۱:۱ (d) با متاآکریلیک با نسبت ۱:۳(e) با استایرن با نسبت ۱:۱(f) با استایرن با نسبت ۱:۳ (g)

نمودارهای رهایش داروی پروتوکاچئیک اسید از هم‌بسپارهای سنتز شده

با توجه به منحنی رهایش نانوهم‌بسپار سنتز شده، تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با متاآکریلیک اسید (شکل ۹ (MAA)) و آکریلیک اسید (AA) با نسبت ۱:۱ و ۱:۳، مقدار رهایش اولیه در pH برابر با ۱ نزدیک صفر است ولی در pH برابر با ۷٫۴ برابر ۳۰ درصد است. در کل مقدار رهایش پروتوکاچئیک اسید در pH برابر با ۷٫۴ نسبت به pH برابر با ۱ بیشتر است که این نتیجه نشان‌دهنده حساسیت بالای نانوهم‌بسپار نسبت به pH است. این مورد به برهم‌کنش‌ها و عامل‌های مؤثر در رهایش در دو محیط اسیدی و بازی مربوط می‌شود. مقدار رهایش کم در محیط با pH برابر با ۱ را می‌توان به پیوند هیدروژنی ایجادشده بین گروه کربوکسیلیک اسید و گروه کربونیل پروتونه شده توجیه کرد. در حالی‌که در محیط با pH برابر با ۷٫۴، وجود سه گروه COO– به ازای یک مولکول پروتوکاچئیک اسید رهایش را بیشتر خواهد کرد. اما در مورد نانوهم‌بسپار سنتز شده با استایرن با دو نسبت متفاوت، نمودارهای رهایش در شکل ۹ (ES) بیانگر این مطلب هستند که رهایش داروی طبیعی پروتوکاچئیک اسید حساسیت کمی به pH از خودشان نشان می‌دهند. رهایش داروی پروتوکاچئیک اسید در زمان اول در نانوهم‌بسپار با نسبت ۱:۱ به‌تقریب از ۱۰ درصد در pH برابر با ۱ و ۲۰ درصد در pH برابر با ۷٫۴ و در هم‌بسپار با نسبت ۱:۳ به‌تقریب از ۴۰ درصد در pH برابر با ۱ و ۶۰ درصد در pH برابر با ۷٫۴ شروع‌شده است. درواقع عدم وجود گروه COO- می‌تواند در این حساسیت کم به pH مؤثر باشد. اما در مورد نانو هم‌بسپار سنتز شده با استایرن با دو نسبت متفاوت، نمودارهای رهایش بیانگر این مطلب هستند که رهایش داروی طبیعی پروتوکاچئیک اسید حساسیت کمی به pH از خودشان نشان می‌دهند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان بیان داشت که مقادیر قابل‌توجهی از مقدار فنل و فلاونوئیدکل استخراج‌شده با روش‌های فراصوت و خیساندن در عصاره گیاه سماق مشاهده و عملکرد بهینه ضداکسیدانی با مقدار IC_{50} برابر با



شکل ۹ نمودارهای رهایش داروی پروتوکاچئیک اسید از هم‌بسپارهای سنتز شده با تک پار وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با متاآکریلیک اسید MAA، آکریلیک اسید (AA) و استایرن (ES) با نسبت ۱:۱ و نسبت ۱:۳

(در تمام نمودارها محور افقی، زمان برحسب ساعت و محور عمودی درصد رهایش دارو است.)

۲۰ µg/ml در مهار رادیکال‌های آزاد محاسبه شد. با اندازه‌گیری ویژگی ضداکسیدانی عصاره متانولی برگ سماق به روش DPPH نیز مشخص شد که ارتباط مستقیمی بین افزایش غلظت عصاره متانولی و افزایش مهار رادیکال آزاد DPPH وجود دارد یعنی با افزایش غلظت ضداکسیدان تعداد رادیکال‌های آزاد مهارشده (احیاشده) هم افزایش می‌یابد. بنابراین، آنتی اکسیدان‌ها با جلوگیری از بروز سرطان‌ها در درمان آن‌ها بسیار مؤثر هستند و در ضمن اجازه تشکیل غده سرطانی را از سلول مربوط در بدن نمی‌دهند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده این است که عصاره متانولی به‌دست آمده از روش فراصوت، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ضداکسیدانی بیشتری نسبت به روش خیساندن دارد.

لازم به یادآوری است رادیکال‌های آزاد به علت نقش زیان‌بار در غذاها و سامانه‌های زیستی بدن، نقش مهمی دارند. بنابراین، بررسی و شناسایی گیاهان دارویی که توانایی حذف رادیکال‌ها و پروکسیددارکردن لیپیدها را دارند، حائز اهمیت است. گیاه سماق از زمان‌های قدیم به‌عنوان یک ادویه ویژه در پزشکی مصرف می‌شده است. بررسی‌های متفاوت بر گیاه سماق نشان می‌دهد که این گیاه دارای ویژگی‌های متفاوت درمانی است [۵]، ازجمله ضداکسیدان [۱۲]، ضد التهاب، ضدباکتری، ضدمیکروب، ضدقارچ [۱۳] و ویژگی هیپوگلیسمی، که این ویژگی زیستی مشاهده‌شده به حضور ترکیبات فنلی نسبت داده می‌شود. گیاه سماق برای درمان بیماری‌های گوارشی مانند زخم، اسهال، تونیک معده، درد شکمی و درد هموروئید [۱۴]، سکته مغزی و سرطان [۱۵]، بی اشتهایی، سرخک، بیماری‌های لثه[۱۶]، محافظت از DNA [۱۷]، فشارخون بالا و چربی خون بالا [۱۸]، چشم، بیماری‌های کبد، درد گلو و همچنین، تهیه داروهایی برای کاهش وزن، درمان پوست، مو، سوختگی و سردردها مورداستفاده قرار می‌گیرند.

فعالیت عصاره متانولی میوه گیاه سماق در برابر پروکسیددارکردن لیپیدها و رادیکال‌های آزاد پیش‌تر گزارش‌شده است، نشان می‌دهد عصاره گیاه می‌تواند از بیماری‌های مزمن مانند آترواسکلروز جلوگیری کند [۱۹ و ۲۰]. از سوی دیگر، علی‌اکبرلو و همکارانش [۱۲] فعالیت ضداکسیدانی عصاره سماق را بررسی کردند که نتایج فعالیت‌های ضداکسیدانی نشان داد، که اثرات ضداکسیانی ناشی از ترکیبات فنلی، به ویژه گالیک اسید و مشتقات آن‌هاست. در پژوهشی دیگر، که توسط Ferk و همکارانش [۲۱] انجام گرفت، اثرات ضداکسیدانی سماق را ۵۰ برابر بیشتر از ویتامین C و E برآورد می‌کنند. گابر و همکارانش [۵] ترکیب‌های فعال سماق مانند: آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، فنل‌ها و ترپنوئیدها را با GC-MS شناسایی کردند و فعالیت ضداکسیدانی ترکیب‌ها را با روش DPPH موردبررسی قرار دادند که مشخص شد فنل‌ها نسبت به سایر ترکیب‌ها دارای فعالیت ضداکسیدانی بیشتری هستند. برگ گیاه سماق دارای ویژگی دیورتیک است و برای کاهش تب، پادزیست، ضدعفونی‌کننده و برای بهبود زخم‌ها و استئوآرتریت (یک نوع آسیب بافت غضروفی مفصل است) استفاده می‌شود [۲۲]. به‌تازگی، مطالعات فیتوشیمیایی نشان داد، برگ‌های این گیاه حاوی اسیدهای فنلی (گالیک اسید، پروتوکاتکویک اسید،بنزوئیک اسید، وانیلیک اسید)، آنتوسیانین‌ها (سیانیدین، پونیدین، پلارانونیدین و پنونیدین)، تانن‌ها، مشتقات گالیک اسید، تانن‌های متراکم، چند فلاونوئید مانند کوئرستین و کامپرفول گلوکوزید است [۹].

در این پژوهش، ویژگی زیستی برگ گیاه موردبررسی قرار گرفت که با توجه به نتایج آن، برگ گیاه سماق دارای مقدار بالای ویژگی ضداکسیدانی، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی است. همسو با نتایج این پژوهش و بررسی نتایج پژوهش‌های دیگران در این زمینه، می‌توان پتانسیل ضداکسیدانی اغلب عصاره‌های گیاهی را به ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نسبت داد [۲۴]. پژوهشی که بر عصاره گیاه شیرین‌بیان انجام شد، نشان داد که فعالیت ضداکسیدانی آن را می‌توان به بیشتر بودن ترکیب‌های فنلی آن نسبت داد که مشابه نتایج ما بود. این گیاه به‌عنوان نرم‌کننده، ضدعفونی‌کننده، ضدالتهاب در درمان معده، بیماری‌های معده، کبد، عفونت‌های ریه و مقوی گوارش است [۲۴]. فعالیت ضداکسیدانی با مقدار کل فنل موجود در عصاره شاه‌توت و گیاه عطر پاییزی رابطه مستقیم داشت. بیش‌ترین مقدار ترکیب‌های فنلی، قوی‌ترین آزمون ضداکسیدانی را در آزمایش‌ها نشان دادند

که با نتایج کار ما هم‌خوانی داشت و به عنوان یک ضداکسیدان مؤثر دارای ویژگی ضدالتهابی، ضدمیکروبی و مسکن هستند [۲۵]. گیاه شاه‌افسر و آنغوزه به دلیل مقادیر بالای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و ویژگی ضداکسیدانی قوی در کاهش رادیکال‌های آزاد و پروکسیددارکردن لیپیدها مؤثر بوده و می‌توانند جایگزین ضداکسیدان‌های مصنوعی شوند. همچنین، به‌عنوان ضدالتهاب، درمان واریس، تسکین دردهای مفصلی، عفونت زخم‌های پای بیماران دیابتی مورداستفاده قرار گیرند [۲۶].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش و دیگر پژوهش‌ها مشخص شد که روش‌های استخراج در کمیت و کیفیت مواد مؤثره دارویی گیاه و عملکرد ضداکسیدانی آن تأثیر می‌گذارد. یافته‌های این پژوهش نشان داد فعالیت‌های ضداکسیدانی با مقدار فنل و فلاونوئید کل رابطه مستقیمی داشته و فعالیت ضداکسیدانی عصاره متانولی برگ سماق را می‌توان به بیشتر بودن ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی نسبت داد که این یافته‌ها در تأیید دارویی این گیاه به عنوان ضدعفونی‌کننده، پادزیست قابل بحث است. همچنین، در این کار پژوهشی ترکیب طبیعی پروتوکاچئیک از برگ‌های گیاه سماق استخراج، جداسازی وخالص‌سازی شد. مشتق وینیل‌دار آن در حضور وینیل استات، سولفوریک اسید و جیوه استات تهیه شد. سپس، هم‌بسپارهای جدید وینیل‌پروتوکاچئیک اسید با آکریلیک اسید، متاآکریلیک و استایرن تحت شرایط رادیکالی در حضور AIBN تهیه شدند. سپس، هم‌بسپارهای تهیه‌شده با دستگاه خشک‌کن انجمادی به نانوذرات تبدیل شدند. با توجه به ویژگی دارویی پروتوکاچئیک اسید چگونگی آزادشدن این دارو از نانوهم‌بسپارها به طور جداگانه در محیط‌های بافر با pH های برابر با ۱ و ۷/۴ موردبررسی قرار گرفت. مشخص شد که نانوهم‌بسپارهای سنتز شده با وینیل‌پروتوکاچئیک اسید و متاآکریلیک اسید با نسبت ۳:۱ حساسیت زیادی به pH دارد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از دانشگاه شهید مدنی آذربایجان که پژوهشگران را در انجام این پژوهش کاربردی یاری کردند، کمال سپاسگزاری را دارند.

مراجع

[1] Jamshidi, M.; Ahmadi-Ashtiani, H.R.; Reza-zadeh, S.H.; J. Med. Plant. 2(34), 177-182, 2010.
[2] Salehian, T.; Safdary, F.; Pirak. A.; Atarodi, Z.; J. Herbal. Drugs. 4, 57-63, 2011.
[3] Khoshbakht, K.; Hammer, K.; Genet Resour Crop Evol. 53(3), 641-651, 2006.
[4] Özcan, M.; Haciseferogullari, H.; Bulg. J. Plant Physiol. 30, 74-84, 2004.
[5] Abu-Reidah, I.M.; Jamous, R.M.; Ali-Shtayeh, M.S.; Jordan J. Biol. Sci. 7(4), 233-244, 2014.
[6] Ali-Shtayeh, M.S.; Al-Assali, A.A.; Jamous, R.M.; Afr. J. Microbiol. Res. 7(21), 2560-2573, 2013.
[7] Shabbir, A.; J. Anim. Plant. Sci. 22(2), 505-512, 2012.
[8] Mohammadi, S.; Kouhsari, S.M.; Feshani, A.M.; Daru, J. Pharm. Sci. 18(4), 270-275, 2010.
[9] Panico, A.; J. Med. Plant Res. 3(11), 855-861, 2009.
[10] Monavari, H.; Iran J. Med. Microbiol. 1(2), 49-59, 2007.
[11] Moazeni, M.; Mohseni, M.; Surgical Science 3, 452-456, 2012.
[12] Aliakbarlu, J.; Mohammadi, S.; Khalili, S.; J.

Food Biochem. 38(2), 159-166, 2014.
[13] Onkar, S.; Mohammed, A.; Nida, A.; Int. Res. J. Pharm. 2, 188-194, 2011.
[14] Ahmad, H.; Faiyaz, A.; Izharul, H.; Shabbir, A.; Global J. Med. Res. 1, 8-12, 2014.
[15] Zargaran, A.; Zarshenas, M.M.; Karimi A.; Yarmohammadi, H.; Borhani-Haghighi, A.; Int. J. Cardiol. 169, 233-237, 2013.
[16] Abu-Reidah, I.M.; Ali-Shtayeh, M.S.; Jamous, R.M.; Arráez-Román, D.; Segura-Carretero, A.; Food chem. 166, 179-191, 2015.
[17] Chakraborty, A.; Ferk, F.; Simić, T.; Brantner, A.; Dusinská, M.; Kundi, M.; Hoelzl, C.; Nersesyan, A.; Knasmüller, S.; Mutat Res. 661, 10-17, 2009.
[18] Polat, R.; Cakilcioglu, U.; Satıl, F.; J Ethnopharmacol. 148(3), 951-963, 2013.
[19] Setorki, M.; Setorki, M.; Rafieian, M.; Heidarian, E.; Ghatreh, K.; Shahinfard, N.; Ansari, R.; Forouzandeh, Z.; Journal of Babol University of Medical Sciences 14(3), 38-45, 2012.
[20] Shafiei, M.; Nobakht, M.; Moazzam, A.; Int. J. Pharma. Sci. 66(12), 988-992, 2011.
[21] Ferk, F.; Chakraborty, A.; Simic, T.; Kundi, M.; Siegfried, K.; BMC Pharmacology 32, 53-64, 2007.
[22] Rayne, S. Mazza, S.; Plant Foods Hum. Nutr. 62(4), 165-175, 2007.
[23] Moghaddam, P.Z.; Mazandarani, M.; Zolfaghari, M.R.; Badeleh, M.T.; Ghaemi, E.A.; Afr. J. Microbiol. Res. 6(8), 1776-1781, 2012.
[24] Zhand, S.; Varasteh, M.A.; Mazandarani, M.; J. Med. Plant. 37, 68-75, 2014.
[25] Arabshahi-Delouee, S.; Urooj, A.; Food Chemistry 102(4), 1233-1240, 2007.
[26] Hemmatabadi, M.; Abdollahi, M.; Bakhshayeshi, S.; Heshmat, R.; Baeeri, M.; Azimaraghi, O.; Larijani, B.; DARU J. Pharm. Scien. 1, 50-55, 2015.

JARC

Preparation of protocatechuic acid nanopolymers extracted from sumac plant and evaluation of antioxidant properties, phenolic content and total flavonoid of its leaf extract and their release

Abdolreza abri[1,*] and Sahar Mahdizadeh[2]

1. Assistant Prof. of Chemistry Department, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani Univercity, Tabriz, Iran
2. M.Sc. in Phytochemistry, Chemistry Department, Faculty of Science, Azarbaijan Shahid Madani Univercity, Tabriz, Iran

Recieved: September 2018, Revised: May 2019, Accepted: June 2019

Abstract: In this research, the sumac plant was collected from Ahar region trees in the East Azarbaijan province, dried in a shade, was milled and finally extracted by three methods: macerate, soxhlet, and ultrasonic treatment. The active ingredient of Protocatechuic acid and its percentage were determined by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). In the next step, vinyl derivative of Protocatechuic acid was synthesized and polymerization reaction with acrylic acid, methacrylic acid, and styrene monomers in the presence of AIBN was performed, and its nanocopolymers were prepared with a freeze dryer device and the structure of the products with FTIR, ^{13}CNMR, ^{1}HNMR, XRD, DSC, TGA and SEM spectra checked and determined. The controlled release of Protocatechuic acid from copolymers was evaluated separately in both simulated stomach conditions and intestinal conditions in buffered media pH=1 and pH = 7.4. In the final part of the work, the antioxidant property of methanolic extract, total phenolic, and flavonoid content was measured.

Keywords: Sumac, Extraction, Phenol, Flavonoid, Nanocopolymer, Release of drug

*Corresponding author Email: ar.abri@azaruniv.ac.ir