DOI: 10.48305/jims.v41.i724.0479

مجله دانشکده پزشکی اصفهان | سال چهل و یکم/شماره‌ی ۷۲۴/هفته‌ی چهارم مرداد ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۲/۵ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۶ | تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۵/۲۸

خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌باکتریال و ضد سرطانی نانوامولسیون سنتز شده از روغن مازو

محمد مهدی عبادی[۱]، مسعود همایونی تبریزی[۲]، علی اسحاقی[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: این مطالعه به منظور بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌باکتریالی و ضدسرطانی روغن مازو به عنوان یک گیاه دارویی مهم در طب سنتی صورت گرفته که به روش نانوامولسیونی به‌عنوان یک روش نوین در داورسانی سنتز شده است.

روش‌ها: فعالیت آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون روغن مازو با روش سنجش فعالیت مهاری رادیکال‌های ۲ و ۲ دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) و خواص ضدمیکروبی آن بر روی چهار باکتری پاتوژن فرصت طلب شامل *استافیلوکوکوس اورئوس*، *میکروکوکوس لوتئوس* و باکتری‌های گرم منفی *اشرشیاکلی* و *کلبسیلاپنومونیه* به روش انتشار دیسک بررسی شد. برای تعیین حداقل غلظت مهارکننده و کشنده رشد از روش میکروبراث دایلوشن استفاده شد. همچنین، خواص ضد سرطانی نانوامولسیون روغن مازو بر روی سلول‌های سرطان پروستات رده‌ی PC3 به روش MTT مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن با سلول‌های نرمال فیبروبلاست پوست رده‌ی HHF مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج دیسک دیفیوژن، نانوامولسیون روغن مازو تنها علیه پاتوژن‌های گرم مثبت *استافیلوکوکوس ارئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* قدرت مهاری دارد، در حالیکه باکتری‌های گرم منفی به این ترکیب مقاوم بودند. نانوامولسیون روغن مازو خواص آنتی‌اکسیدانی قابل قبولی دارد و میزان مهار رادیکال‌های آزاد (IC_{50}) با روش DPPH حدود ۵۸/۹۰۵ میکروگرم/ میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. تست تعیین سمیت نیز بیانگر تأثیر معنی‌دار نانوامولسیون روغن مازو در از بین بردن سلول‌های سرطانی پروستات در مقایسه با سلول‌های نرمال فیبروبلاست پوست می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مطالعه‌ی حاضر نشان داد که نانوامولسیون روغن مازو در شرایط برون‌تنی دارای درجاتی نسبی از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و آنتی‌باکتریال علیه پاتوژن‌های گرم مثبت است که وجود آن‌ها می‌تواند در محصولات غذایی کمک‌کننده باشد.

واژگان کلیدی: عصاره‌ی گیاهی؛ نانو امولسیون؛ آنتی‌اکسیدان؛ آنتی‌باکتریال؛ سرطان پروستات

ارجاع: عبادی محمد مهدی، همایونی تبریزی مسعود، اسحاقی علی. **خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌باکتریال و ضد سرطانی نانوامولسیون سنتز شده از روغن مازو.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۲؛ ۴۱ (۷۲۴): ۴۸۷-۴۷۹

مقدمه

از زمان‌های بسیار قدیم، مردمان تمدن‌های مختلف از گیاهان دارویی برای پیشگیری و درمان گستره‌ی زیادی از بیماری‌ها استفاده می‌کردند که یادمان‌های به‌جا مانده از آن‌ها مؤید این مطلب است (۱). قدیمی‌ترین اشکال درمان پزشکی در تاریخ بشر، گیاهان دارویی بوده‌اند که امروزه نیز و با وجود تمامی پیشرفت‌های طب مدرن، بیش از ۷۰ درصد مردمان کشورهای در حال توسعه برای برآورد نیازهای مراقبتی اولیه خود از این نوع داروها استفاده می‌کنند که این آمارها حاکی از اهمیت بالای این داروها می‌باشد. همچنین، گیاهان دارویی به دلیل تولید ارزان، سازگاری با محیط زیست و آثار جانبی محدود به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع برای گسترش گزینه‌های جدید درمانی در نظر گرفته می‌شود (۲). یکی از این گیاهان دارویی، مازو می‌باشد. مازو، میوه‌ی کروی شکلی است که از تخم‌گذاری نوعی حشره بر روی شاخه‌های تازه درختان، به ویژه درخت بلوط بوجود می آید. این گیاه عمدتاً در یونان، آسیای صغیر، سوریه و ایران یافت می‌شود. مازو، در آسیای مرکزی یکی از محبوب‌ترین گیاهان در طب سنتی بوده است و بیشتر برای درمان اختلال حرکت روده، اسهال خونی و پوسیدگی دندان از آن استفاده می‌شود (۳). امروزه نیز در طب مدرن، این دارو را دارای خواص ضد باکتری، ضد ویروسی، ضد قارچی و دارای آنتی‌اکسیدان و خواص ضد التهابی می‌دانند. وجود

۱- کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: علی اسحاقی: دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

Email: ashaghi@gmail.com

همین خواص نیز باعث شده که توجه محققین به سمت این میوه برای تولید داروهای جدیدی به منظور غلبه بر افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی و اثرات نامطلوب آن بر سلامت انسان جلب شود (٤).

امروزه با پیشرفت در علم و فناوری، مصرف دوزهای دارویی از ترکیبات و قرص‌های ساده به سیستم‌های بسیار پیشرفته که به عنوان سیستم‌های جدید انتقال دارو شناخته می‌شوند، تکامل یافته است. در سیستم‌های دارورسانی، هدف، افزایش اثردرمانی و کاهش سمیت دارو است (٥). نانوامولسیون‌ها از سیستم‌های جدید این نوع دارورسانی هستند که همانند امولسیون، مخلوطی از دو یا چند نوع مایع غیر قابل امتزاج بوده که یکی از آن‌ها به شکل قطراتی کوچک در دیگری توزیع شده است. با این حال، اندازه‌ی قطره نانوامولسیون‌ها یکنواخت‌تر و بسیار کوچک در محدوده‌ی ١٠-١٠٠٠ نانومتر می‌باشد و از نظر سینیتیکی هم پایدارتر از آن‌ها است (٦). این مواد می‌توانند در حل یکی از مشکل بزرگ اکثریت داروها به نام آبگریزی کمک‌کننده باشند. این مشکل منجر به کاهش حلالیت دارو و افت مقدار در دسترس بودن در بدن و در نهایت کاهش اثرات درمانی می‌شود. تمامی این خواص منحصر به فرد نانوامولسیون‌ها باعث شده که این روش یکی از امیدبخش‌ترین ساختارها برای بهبود حلالیت و افزایش ارزش زیستی و عملکردی ترکیبات، بخصوص ترکیبات آب‌گریز شوند (٧).

بنابراین با توجه به ضرورت یافتن داروهای جدید برای غلبه بر محدودیت‌های داروهای موجود و همچنین، اثبات اثرگذاری و اقبال گسترده‌ی مردم به داروهای گیاهی و لزوم استفاده از علوم جدید برای افزایش کارآیی و بهره بروری آن‌ها در درمان‌ها، این مطالعه به منظور تولید نانوامولسیون‌هایی از روغن مازو به عنوان یکی از داروهای گیاهی مفید و بررسی آثار آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌باکتریالی و ضدسرطانی برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌ها

سنتز نانوامولسیون از روغن مازو: روغن مازو به صورت تجاری (از شرکت کیمیاگر توس، مشهد، ایران) و توئین ٨٠ (از شرکت DNAbiotech، مشهد، ایران) تهیه گردید. در این بررسی به منظور سنتز نانوامولسیون، روش امولسیون‌سازی با انرژی بالا با استفاده از دستگاه اولتراسونیک بود. آزمایش در سلول مخصوص التراسونیک ٢٠ کیلوهرتز و با توان ٧٥٠ وات برای ٣٠ دقیقه هموژنایز گردید که با جریان آب، دما ثابت نگه داشته می‌شد. برای اعمال امواج فراصوت و تولید نانوامولسیون، از دستگاه مولد امواج فراصوت استفاده شد. زمان صوت‌دهی متغیر است، که با استفاده از کرونومتر اندازه‌گیری شد. دمای مخلوط در طول مدت صوت‌دهی با جریان مداوم آب سرد در بین دو جداره‌ی استوانه، حفظ گردید. به منظور سنتز نانوامولسیون از توئین ٨٠ به مقدار ١٠٠ میکرولیتر و از توئین ٢٠ هم به مقدار ١٠٠ میکرولیتر به عنوان سورفکتانت را با ١٠ میلی‌لیتر روغن مازو و از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG 400) به مقدار ٥٠٠ میکرولیتر به منظور کوسورفکتانت حلال کمکی استفاده شد. در ادامه با آب دیونایز به حجم ٥٠ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس به مدت ٦٠ دقیقه در هات پلیت استیرر قرار داده شد (٨).

مشخصه‌یابی نانوامولسیون‌های سنتز شده: روش پراکندگی نور پویا (DLS (Dynamic light scattering برای اندازه‌گیری ویژگی‌های اندازه و سطح انجام شد. همچنین در جهت شناسایی و مشخصه‌یابی مورفولوژی نانوذره از آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده شد. همچنین در جهت تعیین بار سطحی نانوذره از آنالیز پتانسیل زتا استفاده گردید.

بررسی خاصیت ضد باکتریایی نانوامولسیون روغن مازو

انتشار دیسک: در این مطالعه، برای ارزیابی اثر ضد باکتریایی نانوامولسیون روغن مازو از روش انتشار از دیسک (دیسک دیفیوژن) استفاده شد (٩). در این آزمایش، اثر ضد باکتریایی نانوامولسیون روغن مازو جهت مهار رشد باکتری‌های گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* (ATCC ٢٩٢١٣)، *میکروکوکوس لوتئوس* (ATCC ١٠٢٤٠) و همچنین باکتری‌های گرم منفی از قبیل *اشریشیاکلی* (ATCC ٢٥٩٢٢) و *کلبسیلا پنومونیه* (ATCC ٧٠٠٦٠٣) بهره برده شد. طی این مراحل، جهت تهیه‌ی دیسک آنتی‌بیوتیکی از دیسک بلانک استفاده شد و هر آزمایش سه بار تکرار گردید و به منظور انجام محاسبات از میانگین آن‌ها استفاده شد. برای این منظور، هر دیسک بلانک به نانوامولسیون روغن مازو با غلظت ١ میلی‌گرم/میلی‌لیتر آغشته شد. از باکتری‌های رشد کرده، سوسپانسیونی معادل کدورت ٠/٥ مک‌فارلند تهیه و روی محیط مولر هینتون آگار به‌صورت کشت سفره‌ای، کشت داده شد. پلیت‌ها به مدت ١٠ تا ١٥ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند و پس از آن، با پنس استریل در سطح محیط قرار گرفتند، به‌طوری‌که فاصله‌ی دیسک‌ها از لبه‌ی پلیت ١/٥ سانتی‌متر و نسبت به هم ٢/٥ سانتی متر بود. سپس پلیت به مدت ١٨ تا ٢٤ ساعت در انکوباتور با دمای ٣٧ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از این مدت، قطر هاله‌ی عدم رشد هر آنتی‌بیوتیک بر حسب میلی‌متر با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد (١٠).

تعیین حداقل غلظت مهاری و حداقل غلظت کشندگی به روش میکرودایلوشن: روش میکرودایلوشن جهت بررسی اثر عوامل ضد میکروبی از میکروپلیت‌های ٩٦ چاهکی استفاده می‌شود که هر یک از این چاهک‌ها با ترکیبی از محیط کشت، ماده‌ی ضد میکروبی و سوسپانسیون میکروبی پر می‌شوند. در این آزمایش اثر مهارکنندگی

غلظت‌های مختلف نانوامولسیون روغن مازو بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* در زمان صفر و ۲۴ ساعت به کمک روش میکرودایلوشن و در میکروپلیت‌های ۹۶ چاهکی بعد از گرماگذاری در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد برای هر دو باکتری مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۱). برای این کار، از کشت تازه‌ی پاتوژن‌های کوکسی گرم مثبت در محیط آبگوشت تریپتوز سوی براث کدورتی معادل نیم مک‌فارلند تهیه گردید و به نسبت ۱ به ۱۰۰ رقیق شد (تا کدورتی معادل 10^6 باکتری به دست آید). از نانوامولسیون روغن مازو در غلظت های ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در محیط براث استفاده شد. نهایتاً، ۱۰۰ میکرولیتر از رقت‌های مختلف نانوامولسیون روغن مازو که حاوی ۱۰۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری است، ریخته شد و میکروپلیت‌ها بعد از تلقیح میکروبی در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد انکوبه شدند. همچنین چاهک‌هایی حاوی ۲۰۰ میکرولیتر محیط براث به عنوان کنترل منفی و چاهک‌هایی حاوی محیط کشت و باکتری به عنوان کنترل مثبت در نظر گرفته شد. پس از انکوباسیون، اولین چاهکی که در آن رشدی مشاهده نشد به عنوان حداقل غلظت مهارکننده رشد در نظر گرفته شد. از این رقت و رقت‌های بالاتر، ۱۰ میکرولیتر روی محیط کشت نوترینت آگار برده شد، رقتی که در آن رشدی مشاهده نشد به عنوان حداقل غلظت کشنده رشد در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که هر آزمایش سه بار تکرار گردید و به منظور انجام محاسبات از میانگین آن‌ها استفاده شد.

جذب و خوانش میکروپلیت‌ها قبل از گرماگذاری و ۲۴ ساعت بعد از گرماگذاری توسط دستگاه الایزاریدر در طول موج ۶۳۰ نانومتر انجام شد. بعد از تعیین جذب چاهک‌ها درصد مهار رشد باکتری‌های مورد آزمایش در این تحقیق توسط نانوامولسیون روغن مازو مورد آزمایش به کمک رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (۱۲) که در این رابطه O جذب کنترل مثبت در ساعت ۲۴ منهای E جذب در قبل از گرماگذاری و جذب نمونه حاوی ماده‌ی سنتزی و باکتری در ساعت ۲۴ منهای جذب در ساعت صفر می‌باشد.

$$\text{درصد مهار رشد} = \frac{O-E}{O} \times 100 \qquad (۱)$$

بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی نانوامولسیون روغن مازو به روش DPPH: به منظور بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال آزاد DPPH توسط نانوامولسیون روغن مازو سنتز شده، در این آزمایش از BHA به عنوان یک آنتی‌اکسیدان استاندارد (کنترل مثبت) استفاده شد؛ برای این منظور، ابتدا یک میلی‌گرم DPPH را در ۹/۱۶ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد حل شد. سپس غلظت‌های متفاوت ۵، ۶۲، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از نانوامولسیون تهیه و میزان ۵۰۰ میکرولیتر از آن را با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول DPPH مخلوط و در نهایت سوسپانسیون‌های مذکور ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شدند. در نهایت، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد؛ جهت تعیین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و توان مهار رادیکال‌های آزاد نانوذرات از رابطه‌ی ۲ استفاده شد (۱۳).

$$\text{درصد جذب رادیکال} = \frac{\text{جذب DPPH} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب DPPH}} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

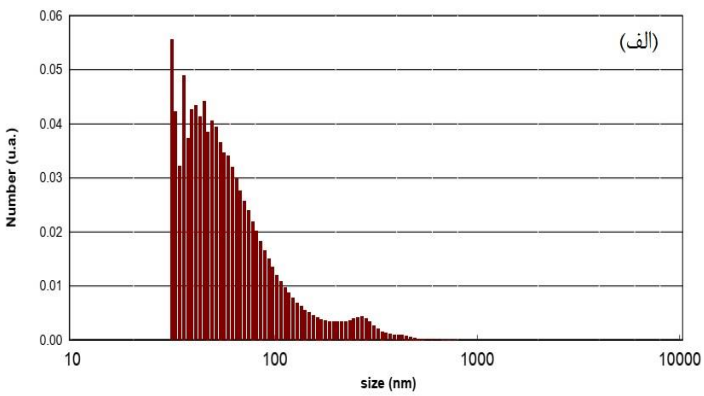
بررسی اثرات سمیت نانوامولسیون روغن مازو بر علیه سلول‌های سرطانی: برای این کار، ابتدا در هر یک از چاهک‌های یک پلیت ۹۶ خانه‌ای، ۵×۱۰^۳ سلول سرطانی پروستات رده‌ی PC3 و سلول فیبروبلاست پوست رده‌ی HFF کشت داده شد. محیط کشت مورد استفاده برای این سلول‌ها نیز به ترتیب RPMI1640 و DMEM حاوی ۱۰ درصد سرم جنین گاوی و یک درصد آنتی‌بیوتیک پنیسیلین/استرپتومایسین بوده است. بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون سلول‌ها، محیط رویی با محیط جدید حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون سنتز شده از روغن مازو جایگزین و در سه پلیت مجزا، برای ۲۴ ساعت در شرایط کشت دوباره نگهداری شدند. هر غلظت از نانوامولسیون سنتز شده نیز در سه چاهک برای تکرار انجام شد. بعد از گذشت این زمان، پلیت‌ها از انکوباتور خارج و به هر چاهک ۲۵ میکرولیتر از محلول MTT با غلظت ۴ میکروگرم/میلی‌لیتر افزوده شد. سپس پلیت‌ها مجدداً به انکوباتور بازگردانده شدند و بعد از چهار ساعت با تخلیه‌ی محیط و افزودن ۱۰۰ میکرولیتر DMSO میزان رنگ تولیدی که بیانگر میزان بقای سلولی است، توسط دستگاه الایزا در طول موج ۵۷۰ نانومتر خوانده شد. میزان بقای سلول‌ها نیز از رابطه ۳ به دست می‌آید (۱۴).

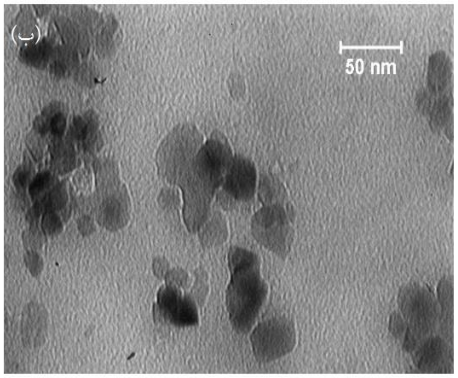
$$\text{درصد بقای سلولی} = \frac{\text{میانگین جذب نوری خانه های هر غلظت}}{\text{میانگین جذب نوری خانه های کنترل}} \times 100 \qquad (۳)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها: نتایج بقای سلولی وارد نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ (version 26, IBM Corporation, Armonk, NY) شد و آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای سنجش آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سطح اطمینان ۵ درصد برای نیز این محاسبات در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصه یابی نانوامولسیون روغن مازو: بر اساس نتایج حاصل از آنالیز پراکندگی نور پویا، اندازه‌ی متوسط نانوامولسیون روغن مازو بر اساس تعداد ۵۸ نانومتر اندازه‌گیری شد (شکل ۱).

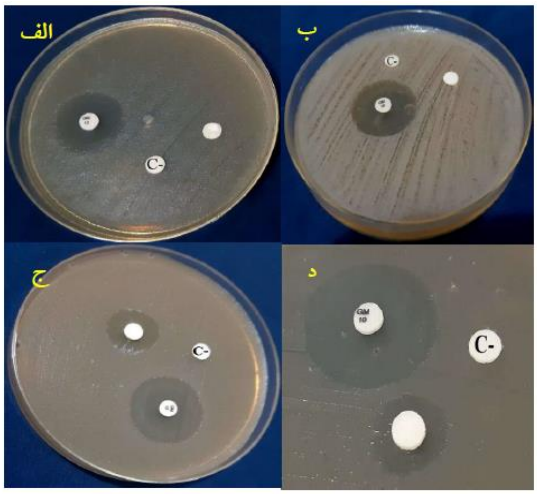




شکل ۱. شناسایی خصوصیات نانوامولسیون روغن مازو تهیه شده؛ الف: نتایج حاصل از اندازه گیری اندازه نانوذرات سنتز شده با استفاده از آنالیز پراکندگی نور پویا، ب: نمایی از مورفولوژی نانوذرات سنتز شده با استفاده از تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی

پتانسیل زتا که به عنوان یک مؤلفه‌ی مهم جهت پیش‌بینی پایداری نانوذرات به کار گرفته شده نیز برای نانوامولسیون روغن مازو حدود ۳۳/۵۸- میلی‌ولت ارزیابی شد که نمایانگر پایداری نانوامولسیون است. بطورکلی اغلب نانوامولسیون‌ها دارای اندازه‌های کمتر از ۳۰۰ نانومتر هستند، که اندازه‌ی مناسبی جهت انجام مطالعات زیستی می‌باشند. با توجه به این‌که میزان PDI کم‌تر از ۰/۵- نشان‌دهنده‌ی پراکندگی تک فاز می‌باشد به این ترتیب می‌توان به پراکندگی یکنواخت نانوامولسیون سنتز شده اشاره نمود. پتانسیل زتا سطح نانوامولسیون روغن مازو ۳۳- گزارش گردید. طبق گفته‌های Salopek و همکاران قرارگیری پتانسیل زتا نانوامولسیون در محدوده‌ی ۳۰- تا ۱۶- منعکس‌کننده‌ی ثبات نانوامولسیون می‌باشد (۱۵). بنابراین می‌توان گفت نانوامولسیون تهیه شده ازروغن مازو در نزدیک به محدوده‌ی پایداری قرار دارد. طبق تصاویر آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری گرفته شده، مورفولوژی نانوامولسیون روغن مازو یکنواخت و تقریباً کروی می‌باشد (شکل ۲).

بررسی خاصیت آنتی‌باکتریایی نانوامولسیون روغن مازو: برای ارزیابی خصوصیات آنتی‌باکتریال نانوامولسیون روغن مازو به روش کربی-بائر عمل شد؛ بنابر نتایج حاصله مشخص شد که نانوامولسیون روغن مازو در غلظت ۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر می‌تواند رشد پاتوژن‌های گرم مثبت *استافیلوکوکوس ارئوس و میکروکوکوس لوتئوس* را مهار کند ولی علیه باکتری‌های گرم منفی *اشرشیاکلی و کلبسیلاپنومونیه* فاقد خاصیت مهارکنندگی می‌باشد. قطر هاله‌های عدم رشد برای باکتری‌های *استافیلوکوکوس ارئوس و میکروکوکولوتئوس* به ترتیب ۱۹ و ۱۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین دیسک جنتامایسین (کنترل مثبت) استفاده شده نیز موجب مهار هر ٤ پاتوژن شده که نشان‌دهنده‌ی صحت انجام تست دیسک دیفیوژن می‌باشد.



شکل ۲. قطر هاله عدم رشد در حضور نانوامولسیون روغن مازو: الف) *اشرشیا کلی* ب) *کلبسیلاپنومونیه* ج) *استافیلوکوکس ارئوس* د) *میکروکوکوس لوتئوس*. نانوامولسیون روغن مازو در غلظت ۱ میلی‌گرم/ میلی لیتر می‌تواند رشد پاتوژن‌های گرم مثبت *استافیلوکوکوس ارئوس و میکروکوکوس لوتئوس* را مهار کند ولی علیه باکتری‌های گرم منفی *اشرشیاکلی و کلبسیلاپنومونیه* فاقد خاصیت مهارکنندگی می‌باشد.

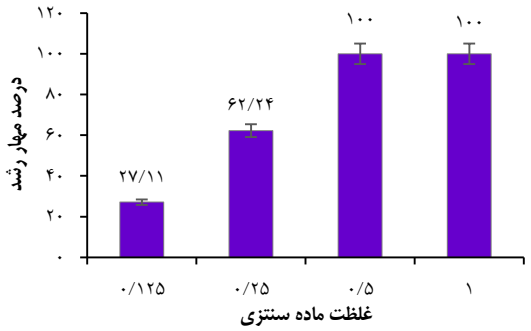
تست حداقل غلظت مهارکننده رشد نیز به روش میکرودایلوشن انجام گرفت که براین اساس، حداقل غلظت مهارکننده رشد برای دو سویه *استافیلوکوکوس ارئوس و میکروکوکو لوتئوس* به ترتیب ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر و حداقل غلظت کشنده نیز به ترتیب ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر است. با توجه به اینکه نانوامولسیون روغن مازو علیه سویه‌های *اشرشیاکلی و کلبسیلاپنومونیه* فاقد خاصیت مهارکنندگی رشد است، بنابراین حداقل میزان مهارکنندگی برای این دو سویه گرم منفی تعیین نشد.

جدول۱. نتایج حاصل از دیسک دیفیوژن، و مقادیر MIC و MBC

آزمایش	ماده	اشرشیاکلی	کلبسیلا پنومونه	استافیلوک ائوروس	میکروکوس لوتئوس
قطر هالهی عدم رشد در روش	نانوامولسیون	غیر قابل تشخیص	غیر قابل تشخیص	۱۹ ± ۰/۱	۱۵ ± ۰/۱
دیسک دیفیوژن (میلی‌متر)	جنتامایسین	۲۴ ± ۰/۱	۲۵ ± ۰/۱	۲۲ ± ۰/۱	۲۷ ± ۰/۱
MIC	نانوامولسیون (میلی گرم/ میلی‌لیتر)	غیر قابل تشخیص	غیر قابل تشخیص	۰/۵ ± ۰/۰	۱ ± ۰/۰
	کلرامفنیکل (میکروگرم/میلی‌لیتر)	۱۰۰ ± ۰/۰	۱۰۰ ± ۰/۰	۱۰۰ ± ۰/۰	۱۰۰ ± ۰/۰
MBC	نانوامولسیون (میلی گرم/ میلی‌لیتر)	غیر قابل تشخیص	غیر قابل تشخیص	۰/۵ ± ۰/۰	۲ ± ۰/۰

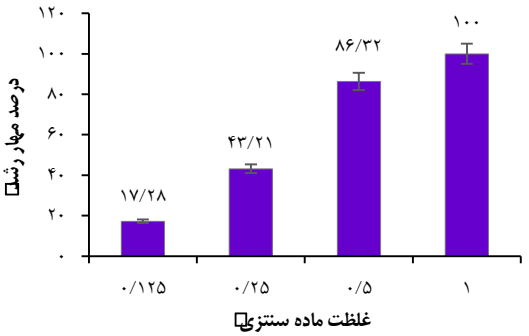
نتایج تعیین حداقل غلظت کشندهی نانوامولسیون روغن مازو برای دو سویهی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکو لوتئوس* به ترتیب ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد (جدول ۱).

شکل ۳، درصد مهار رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* توسط نانوامولسیون روغن مازو با روش میکرودایلوشن را نشان میدهد. نانوامولسیون روغن مازو در غلظتهای ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر و ۱ رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* را ۱۰۰ درصد مهار کرده است. درحالی که نانوامولسیون روغن مازو در غلظت و ۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر رشد *میکروکوکوس* را ۱۰۰ درصد مهار کرده است. در شکل ٤ نیز میتوان دریافت که آنتیبیوتیک کلرامفنیل در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر و ۰/۳ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر به ترتیب رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* را ۱۰۰ درصد مهار کرد.



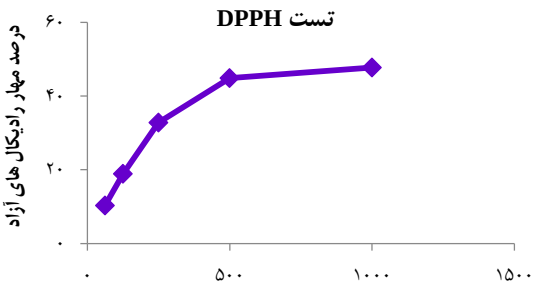
شکل ۳. درصد مهار رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* توسط نانوامولسیون سنتز شده با روش میکرودایلوشن

بررسی قدرت نانوامولسیون روغن مازو در مهار رادیکال DPPH: نتایج این مطالعه نشان‌دهندهی مهار رادیکال DPPH توسط نانوامولسیون روغن مازو است. مهار رادیکال DPPH توسط نانوامولسیون روغن مازو به صورت وابسته به غلظت میباشد؛ به طوری که با افزایش غلظت نانوامولسیون، مهار رادیکال DPPH نیز افزایش مییابد (شکل ۵). میزان مهار رادیکالهای آزاد (IC_{50}) نانوامولسیون روغن مازو تقریباً ۵۸ میکروگرم/ میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد که حدود ۵۰ درصد از رادیکال های آزاد در این غلظت مهار شده‌اند.



شکل ٤. درصد مهار رشد *میکروکوکوس لوتئوس* توسط نانوامولسیون سنتز شده با روش میکرودایلوشن

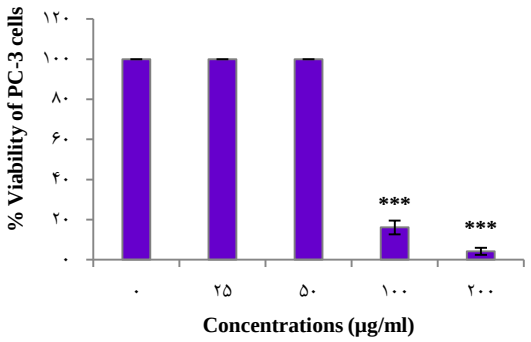
نتایج آنالیز واریانس نیز بیانگر این نکته است که نانوامولسیون روغن مازو به طرز معنیداری تولید رادیکالهای آزاد DPPH را مهار میکند.



شکل ۵. تعیین میزان مهار رادیکالهای آزاد توسط نانوامولسیونهای روغن مازو در غلظتهای مختلف

سمیت سلولی نانوامولسیون روغن مازو علیه سلولهای سرطانی: نتایج ارزیابی تست MTT برروی سلولهای سرطانی و سالم نشان میدهد که افزایش غلظت نانوامولسیون روغن مازو موجب کاهش بقای رده‌های سلول سرطانی پروستات و فیبروبلاست پوستی میشود. با این حال، نانوامولسیون روغن مازو در غلظتهای ۱۰۰ و

۲۰۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر موجب کاهش معنی‌داری در رشد سلول‌های سرطانی پروستات می‌شوند (شکل ٦)؛ در حالیکه نانوامولسیون ما در غلظت‌های بالاتر از ۲۰۰ میکروگرم/میلی‌لیتر قادر است به طرز معنی‌داری رشد فیبروبلاست پوستی را مهار کند. بنابراین می‌توان انتظار داشت، نانوامولسیون روغن مازو علاوه بر خاصیت ضد سرطانی در عین حال میزان کشندگی ناچیزی برروی رده‌های سلولی نرمال داشته باشد.



شکل ٦. تعیین اثر سمیت نانوامولسیون‌های روغن مازو در غلظت‌های مختلف بر علیه سلول های سرطانی پروستات رده PC-۳

بحث

گیاه مازو به دلیل میزان بالایی ترکیبات فنولیک، تانن و فلاونوئید دارای خواص درمانی از قبیل ضد حساسیت، ضد التهاب، ضدمیکروبی و ضد سرطان می‌باشد (١٦). به هرحال، این ترکیبات هیدروفوب بوده و به دلیل کاهش حلالیت و پایین بودن سطح فراهمی زیستی (Bioavailability) استفاده‌ی بالینی محدودی دارند (۱۷). نانوامولسیون‌ها به دلیل اندازه‌ی ذرات و ویژگی‌های منحصر به فرد، موجب افزایش حلالیت و پایداری این ترکیبات می‌شوند (۵). در مطالعه‌ی حاضر، خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی نانوامولسیون روغن مازو مورد ارزیابی قرارگرفت. در مطالعه‌ی حاضر، نانوامولسیون روغن مازو به روش اولتراسونیکاسیون مخلوط روغن مازو با توئین ۸۰ و آب مقطر سنتز شد. مطالعات محدودی خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی ترکیبات موجود در روغن مازو مورد ارزیابی قرار داده‌اند؛ بنابراین، ما برای اولین بار، در مطالعه‌ی حاضر نشان دادیم که نانوامولسیون روغن مازو در شرایط آزمایشگاهی، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی قابل قبولی دارد؛ همچنین، این نانوامولسیون قادر است رشد پاتوژن‌های گرم مثبت *استافیلوکوکوس ارئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* را مهار کند.

مطالعه‌ی قادرمزی و همکاران نشان داد که استفاده از سورفاکتانت مناسب و حمام اولتراسونیک منجر به تولید نانوامولسیون با کمترین اندازه‌ی ذرات، و در عین حال بیشترین شاخص پایداری امولسیون می‌شود (۱۸). در همین راستا، در مطالعه‌ای مشابه، نجفی و همکاران با استفاده از توئین ۸۰ و امواج فراصوت نانوامولسیون آب در روغن عصاره‌ی زعفران را تولید کردند که پایداری بالایی را از خود نشان داد (۱۹). متوسط سایز نانوامولسیون روغن مازو تولید شده در مطالعه‌ی ما حدود ۵۸ نانومتر با شارژ الکتریکی منفی بود؛ بر اساس نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری مشخص شد که این مورفولوژی این نانوذرات به صورت کروی، همگن و یکنواخت بود. بنابراین می‌توان اینچنین ارزیابی کرد که روش تولید نانوامولسیون به کار گرفته شده در این مطالعه یکی از بهترین روش‌ها برای تولید نانوذرات با کمترین اندازه و پایداری بالا می‌باشد.

بر اساس مطالعات موجود، تانیک اسید، یکی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌باکتریال موجود در روغن مازو می‌باشد؛ تانیک اسید از طریق لیز غشای سلول و اتصال و ایجاد کمپلکس با دیواره‌ی باکتری و همچنین غیر فعال‌سازی آنزیم‌های باکتریایی می‌توانند منجر به کاهش رشد باکتری‌ها شوند (۲۰).

فاتحی و همکاران نشان دادند که حداقل میزان مهارکنندگی رشد روغن مازو برای سویه‌های بالینی *سودوموناس آئروجینوزا* حدود ۵۰ میلی‌گرم/میلی‌لیتر می‌باشد (۲۱). نتایج ارزیابی خصوصیات آنتی‌باکتریال نانوامولسیون روغن مازو در مطالعه‌ی حاضر بیانگر این بود که این ماده دارای خاصیت ضد باکتریایی بوده و توانایی محدود کردن رشد باکتری های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* را دارد؛ به هر حال، نانوامولسیون روغن مازو نتوانست رشد دو پاتوژن گرم منفی باکتری *اشریشیا کلی* و *کلبسیلا پنومونیه* را مهار کند.

زارعی یزدلی و همکاران در مطالعه‌ای مشابه در رابطه با اثرات ضد باکتریایی روغن مازو متوجه شدند که روغن گال مازو مهار رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در روش اتشار از دیسک و براث میکرودایلوشن می‌شود (۲۲). بر اساس مطالعه‌ی ما، میزان MIC (Minimal inhibitory concentration) و MBC (Minimal bactericidal concentration) برای دو باکتری های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *میکروکوکوس لوتئوس* به ترتیب برابر با ۰/۵ و ۱میلی‌گرم/میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. این میزان نسبت به مطالعات مشابه قبلی که حداقل میزان مهارکنندگی رشد عصاره‌ی مازو علیه طیفی از پاتوژن‌های گرم مثبت و منفی به خصوص *استافیلوکوکوس ارئوس* را بیش از ٦ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش کرده بودند، بسیار امیدوارکننده‌تر بود (۲۲، ۲۳).

از دلایل عدم تأثیر نانوامولسیون روغن مازو بر کاهش رشد دو باکتری *اشریشیا کلی* و *کلبسیلا پنومونیه* می‌توان به دلیل تفاوت حساسیت باکتری‌های گوناگون به مواد ضدمیکروبی به علت ساختار

متفاوت دیواره‌ی سلولی میکروارگانیسم‌ها نام برد (۲٤). باکتری‌های گرم منفی از قبیل *اشریشیا کلی* و *کلبسیلا پنومونیه* دارای غشای خارجی بوده که به مانند سدی از نفوذ مولکول‌ها آب‌گریز خارجی می‌تواند جلوگیری کند؛ همچنین این باکتری های گرم منفی دارای آنزیم‌هایی در فضای پری پلاسمیک بوده قادرند مولکول‌های خارجی را تجزیه کنند (۲٤). مشابه یافته‌های ما، Basri و Fan نیز متوجه شدند که عطرمایه‌ی مازو، بیشترین تأثیر را بر باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* داشته در حالیکه هیچ ناحیه‌ی مهار رشدی برای باکتری گرم منفی *اشرشیاکلی* طی آزمایش انتشار از دیسک مشاهده نکردند (۲۵). با توجه به مطالب گفته شده، به نظر می‌رسد نانوامولسیون روغن مازو علیه باکتری‌های گرم مثبت درجاتی از خواص ضد میکروبی داشته باشد ولی برای تأیید قطعی، نیازمند طراحی مطالعات بیشتر و بهتری هستیم.

بر اساس مطالعات پیشین، عصاره‌ی مازو دارای ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدانتی می‌باشد؛ اثرات آنتی‌اکسیدانتی نانوامولسیون روغن مازو می‌تواند به دلیل حضور ترکیبات زیاد پلی‌فنول‌هایی از قبیل تانیک اسید و گالیک اسید باشند. ترکیبات پلی‌فنولی، توانایی خنثی کردن رادیکال آزاد DPPH، ABTS، هیدروژن پروکساید و رادیکال هیدروکسیل را دارند (۲٦، ۲۷). نتایج بررسی قدرت آنتی‌اکسیدانتی نانوامولسیون روغن مازو در مطالعه‌ی ما نشان داد که این نانوامولسیون، توانایی خنثی کردن رادیکال‌های آزاد شده از DPPH را دارا می‌باشد. بنابر شواهد موجود، نانوامولسیفایر کردن ترکیبات گیاهی موجب حفظ پایداری و قدرت آنتی‌اکسیدانتی این ترکیبات خواهد شد؛ در همین راستا مطالعات اخیر نشان دادند که نانوامولسیون‌های روغن کرچک و روغن دانه‌ی آلبالو، قدرت آنتی‌اکسیدانتی این ترکیبات را در مقایسه با فرم طبیعی‌شان به طرز معنی‌داری افزایش می‌دهد (۲٦، ۲۸).

در مطالعه‌ی حاضر نشان دادیم که نانوامولسیون روغن مازو توانسته با موفقیت، میزان زنده‌مانی سلول‌های سرطانی پروستات را کاهش دهد؛ در مطالعات پیشین نیز خواص ضد سرطانی عصاره‌ی مازو برای کاهش بقای رده‌های سلولی سرطان سرویکس و کولون نشان داده شده بود (۲۳). روغن مازو بدلیل در برداشتن ترکیباتی از قبیل تانن ها، آلکالوئیدها، گلیکوزید، ساپونین، ترپنوئید، فلاوونوئید و ترکیبات فلونیک خواص ضد سرطانی دارد (٤، ۲۹). نکته‌ی قابل توجه در مطالعه‌ی ما این بود که میزان IC_{50} نانوامولسیون روغن مازو برای فیبروبلاست‌های نرمال پوست به طرز معنی‌داری بیشتر از سلول‌های سرطان پروستات بود؛ در این رابطه Yusof و Abdullah نشان دادند که عطرمایه‌ی مازو، خاصیت سایتوتوکسیسیتی انتخابی دارند و میزان سمیت آن بر سلول سرطانی کبد بیشتر از فیبروبلاست‌های نرمال است (۳۰).

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه‌ی حاضر بیانگر وجود درجاتی از خواص آنتی‌اکسیدانتی، آنتی‌باکتریال علیه باکتری‌های گرم مثبت و ضد سرطانی نانوامولسیون روغن مازو می‌باشد. این مطالعه به عنوان نقطه‌ی شروعی برای تحقیقات بیشتر در رابطه با تأثیر نانوامولسیون روغن مازو و سایر گیاهان مشابه دارای ترکیبات زیستی سودمند، برای اهداف درمانی در نظر گرفته شود. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشانگر پتانسیل بالقوه‌ی نانوامولسیون روغن مازو برای تبدیل شدن به یک استراتژی درمانی برای بیماری‌های ناشی از استرس اکسیداتیو و همچنین سرطان در آینده می‌باشد؛ همچنین پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی سمیت مؤثر، اثر نانوامولسیون روغن مازو بر روی سایر رده‌های سلول‌های سرطانی و نیز مطالعات حیوانی مورد پژوهش و ارزیابی بیشتر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج ازطرح تحقیقاتی / پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد به شماره‌ی ۱٦۲٤۷۳۹۱۸ رشته بیوشیمی می‌باشد که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد به تصویب رسیده و با حمایت مالی معاونت پژوهشی به انجام رسیده است. بدینوسیله از زحمات معاونت پژوهشی و کارکنان آزمایشگاه بیوشیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد تقدیر وتشکر می‌شود.

References

1. Baydoun S, Chalak L, Dalleh H, Arnold N. Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in traditional medicine by the communities of Mount Hermon, Lebanon. J Ethnopharmacol 2015; 173: 139-56.
2. Lavari N, Ghasemi M, Nabipour I. Ethnopharmacology of medicinal plants in the Southwest of Mond Mountain [in Persian]. Iran South Med J 2017; 20(4): 380-98.
3. Naim M, Begum W, Shakoor F. Quercus infectoria (Mazu): a review. World J Pharm Res 2017; 6: 176-85.
4. Elham A, Arken M, Kalimanjan G, Arkin A, Iminjan M. A review of the phytochemical, pharmacological, pharmacokinetic, and toxicological evaluation of Quercus Infectoria galls. J Ethnopharmacol 2021; 273: 113592.
5. Kumar M, Bishnoi RS, Shukla AK, Jain CP. Techniques for formulation of nanoemulsion drug delivery system: a review. Prev Nutr food Sci 2019; 24(3): 225-34.
6. Jaiswal M, Dudhe R, Sharma PK. Nanoemulsion: an advanced mode of drug delivery system. 3 Biotech

2015; 5(2): 123-7.
7. Rehman FU, Shah KU, Shah SU, Khan IU, Khan GM, Khan A. From nanoemulsions to self-nanoemulsions, with recent advances in self-nanoemulsifying drug delivery systems (SNEDDS). Expert Opin Drug Deliv 2017; 14(11): 1325-40.
8. Osanloo M, Amani A, Sereshti H, Abai MR, Esmaeili F, Sedaghat MM. Preparation and optimization nanoemulsion of Tarragon (Artemisia dracunculus) essential oil as effective herbal larvicide against Anopheles stephensi. Ind Crops Prod 2017; 109: 214-9.
9. Weinstein MP, Lewis JS, Bobenchik AM, Campeau S, Cullen SK, Galas MF, et al. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, Twenty-Fourth Informational Supplement, CLSI document M100-S24. CLSI Wayne; 2014.
10. Seibert JB, Bautista-Silva JP, Amparo TR, Petit A, Pervier P, dos Santos Almeida JC, et al. Development of propolis nanoemulsion with antioxidant and antimicrobial activity for use as a potential natural preservative. Food Chem 2019; 287: 61-7.
11. Shanmugapriya K, Kim H, Saravana PS, Chun BS, Kang HW. Astaxanthin-alpha tocopherol nanoemulsion formulation by emulsification methods: Investigation on anticancer, wound healing, and antibacterial effects. Colloids Surf B Biointerfaces 2018; 172: 170-9.
12. Stepanović S, Vuković D, Dakić I, Savić B, Švabić-Vlahović M. A modified microtiter-plate test for quantification of staphylococcal biofilm formation. J Microbiol Methods 2000; 40(2): 175-9.
13. Tomankova K, Kolarova H, Kolar P, Kejlova K, Jirova D. Study of cytotoxic effect of photodynamically and sonodynamically activated sensitizers in vitro. Toxicol In Vitro 2009; 23(8): 1465-71.
14. Shanei A, Akbari-Zadeh H, Attaran N, Salamat MR, Baradaran-Ghahfarokhi M. Effect of targeted gold nanoparticles size on acoustic cavitation: An in vitro study on melanoma cells. Ultrasonics 2019; 102: 106061.
15. Salopek B, Krasic D, Filipovic S. Measurement and application of zeta-potential. Rud Geolosko Naft Zb 1992; 4(1): 147-51.
16. Popović BM, Štajner D, Ždero R, Orlović S, Galić Z. Antioxidant characterization of oak extracts combining spectrophotometric assays and chemometrics. ScientificWorldJournal 2013; 2013: 34656.
17. Tan CP, Nakajima M. β-Carotene nanodispersions: preparation, characterization and stability evaluation. Food Chem 2005; 92(4): 661-71.
18. Ghadermazi R, Khosrowshahi Asl A, Azizi MH, Tamjidi F. Investigation of ultrasonic bath, surfactant to oil ratio and quince seed mucilage concentration effect on spontaneous nanoemulsion properties [in Persian]. Innov Food Technol 2019; 6(4): 533-47.
19. Najaf Najafi M, Nemati S, Mohammadi Sani A, Kadkhodaee R. Evaluation of physical properties and stability of water-in-oil-nanoemulsions containing saffron extract [in Persian]. Technol Med Aromat Plants Iran 2020; 2(2): 12-24.
20. Farha AK, Yang QQ, Kim G, Li HB, Zhu F, Liu HY, et al. Tannins as an alternative to antibiotics. Food Biosci 2020; 38: 100751.
21. Fatehi S, Mohammadi Sichani M, Tavakoli M. Evaluation of antimicrobial and anti-quorum sensing activity of Mazouj and Ghalghaf galls extracts of oak against Pseudomonas aeruginosa [in Persian]. Qom Univ Med Sci J. 2018; 12(10): 36-45.
22. Zarei-Yazdeli M, Seyed Ebrahimi SA, Alipanah H, Noori M. Evaluation of antibacterial activity of ethanoloic and methanoloic extracts of Dracocephalum kotschyi and Mazouj galls [in Persian]. Feyz 2020; 24(3): 293-301.
23. Darogha SN. Antibacterial activity of Quercus infectoria extracts against bacterial isolated from wound infection. J Kirkuk Univ Sci Stud 2009; 4(1): 20-30.
24. Schleifer KH, Kandler O. Peptidoglycan types of bacterial cell walls and their taxonomic implications. Bacteriol Rev 1972; 36(4): 407-77.
25. Basri DF, Fan SH. The potential of aqueous and acetone extracts of galls of Quercus infectoria as antibacterial agents. Indian J Pharmacol 2005; 37(1): 26-9.
26. Kaur G, Athar M, Alam MS. Quercus infectoria galls possess antioxidant activity and abrogates oxidative stress-induced functional alterations in murine macrophages. Chem Biol Interact 2008; 171(3): 272-82.
27. Hasmida MN, Nur Syukriah AR, Liza MS, Mohd Azizi CY. Effect of different extraction techniques on total phenolic content and antioxidant activity of Quercus infectoria galls. Int Food Res J. 2014; 21(3): 1075-9.
28. Homayouni Tabrizi M, Darchin Maragheh A, Karimi E. Evaluation of antioxidant and cytotoxic effects of nanoemulsion of sour cherry kernel oil on A549 lung cancer and HUVEC normal cells [in Persian]. Jundishapur Sci Med J. 2019; 18(1): 71-9.
29. Ohiagu FO, Chikezie PC, Chikezie CM, Enyoh CE. Anticancer activity of Nigerian medicinal plants: a review. Futur J Pharm Sci 2021; 7(1): 1-21.
30. Yusof WNSW, Abdullah H. Phytochemicals and cytotoxicity of Quercus infectoria ethyl acetate extracts on human cancer cells. Trop life Sci Res 2020; 31(1): 69-84.

DOI: *10.48305/jims.v41.i724.0479*

Journal of Isfahan Medical School **Vol. 41, No. 724, 4th Week, August 2023**

Received: 25.04.2023 Accepted: 17.07.2023 Published: 19.08.2023

The Antioxidant, Antibacterial, and Anti-Cancer Properties of Nanoemulsions Synthesized from Mazu Oil

Mohammadmahdi Ebadi[1], Masoud Homayouni Tabrizi[2], Ali Es-haghi[2]

Original Article

Abstract

Background: This study was conducted to investigate the antioxidant, antibacterial, and anticancer effects of Mazu oil as an important medicinal plant in traditional medicine, which was synthesized by the nanoemulsion method as a new method in medicine.

Methods: The antioxidant activity of Mazu oil nanoemulsion was investigated by DPPH radical inhibitory activity assay and its antimicrobial properties on four Gram-positive pathogenic bacteria, including *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, and Gram-negative bacteria *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* were assed by disk diffusion method. To determine the minimum growth inhibitory and growth killer concentration the microbroth dilution method was used. In addition, the anticancer properties of Mazu oil nanoemulsion on prostate cancer cells were investigated by MTT method and the results were compared with normal skin fibroblast cells.

Findings: Based on the disc diffusion results, the nanoemulsion of Mazu oil has inhibitory power only against gram-positive pathogens *Staphylococcus aureus* and *Micrococcus luteus*, while gram-negative bacteria were resistant to this compound. Mazu oil nanoemulsion has acceptable antioxidant properties and the free radical inhibition rate (IC_{50}) was measured by the DPPH method to be about 58.905 µg/ml. The toxicity test also shows the significant effect of Mazu oil nanoemulsion in destroying prostate cancer cells compared to normal skin fibroblast cells.

Conclusion: The present study shows that the nanoemulsion of Mazu oil in vitro has relative degrees of antioxidant, anticancer, and antibacterial properties against Gram-positive pathogens, which can be helpful in food products.

Keywords: Plant extract; Nanoparticles; Antioxidant; Anti-bacterial agents; Prostate cancer

Citation: Ebadi M, Homayouni Tabrizi M, Es-haghi A. **The Antioxidant, Antibacterial, and Anti-Cancer Properties of Nanoemulsions Synthesized from Mazu Oil.** J Isfahan Med Sch 2023; 41(724): 479-87.

1- MSc, Department of Biology, School of Basic Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Biology, School of Basic Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
Corresponding Author: Ali Es-haghi, Associate Professor, Department of Biology, School of Basic Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran; Email: ashaghi@gmail.com