



Scan online to view this article

Synthesis, study and characterization of nano niosomal system containing Glycrrizha glabra extract in order to improve its therapeutic effects

Milad Akhlaghi¹, Marziyeh Ebrahimpour², Kazem Ansari³, Fatemeh Parnian⁴, Maryam Zarezadeh Mehrizi⁵, Mohammad Taebpour⁶, Bibi fatemeh Haghirosadat^{2*}

1- Department of clinical biochemistry, Faculty of Medicine, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2- Medical Nanotechnology and Tissue Engineering Research Center, Yazd Reproductive Sciences Institute, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

3- Nano-Biotech Foresight Company Biotechnology Campus, Science & Technology Park of Yazd, Yazd, Iran

4- Department of Medical Biotechnology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

5- Faculty of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

6- Department of Medical Biotechnology, Faculty of Medicine, Shahid Sadoughi University of Medical sciences, Yazd, Iran

Abstract

Aim and Background: The use of medical herbs and their extracts because of their low side effects is increasing all over the world. Glycrrizha glabra is one of these plants with proven therapeutic effects, but conventional prescribing of them faces challenges. Using of drug delivery nanocarriers such as Niosome is one of the new strategies to overcome these challenges. The aim of this study was to synthesis and characterization of nano niosomal system containing Glycrrizha glabra extract in order to improve its therapeutic effects.

Material and methods: Nanoniosome were synthesized using Tween-60 (70%) and cholesterol (30%) by thin film method and by using inactive method, Glycrrizha glabra extract was loaded into them. Their physico-chemical features were assayed by Zeta sizer, AFM and FTIR and at last the release rate of extract and toxicity of Nanoniosome on normal cells were assayed.

Results: Data showed that the synthesized nanoniosomes are anionic with -21.2 ± 1.64 mV zeta potential, size of 90.7 ± 3.6 nm, dispersion index of 0.53 and 55.36% encapsulation efficiency. The nanoniosomal system presented slow and controlled release of the extract. AFM and FTIR analysis demonstrated that nanoparticles have appropriate morphology and the system does not interact with the extract. The results of MTT assay also approved that the system has not toxicity effects on normal cells.

Conclusion: The results indicated that synthesized nanoniosome vesicles because of their appropriate features, could be good carrier for delivering of Glycrrizha glabra extract and thus improve its therapeutic effects.

Key words: Niosome, Slow release, Glycrrizha glabra Encapsulation, Cell survival, IAU science.

Corresponding author:

Medical Nanotechnology and Tissue Engineering Research Center, Yazd Reproductive Sciences Institute, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
Email: Fhaghirosadat@gmail.com



برای مشاهده این مقاله به صورت
آنلاین اسکن کنید

تولید، بررسی و مشخصه یابی نانو سامانه نیوزومی حاوی عصاره شیرین بیان به منظور بهبود خواص درمانی آن

میلاد اخلاقی^۱، مرضیه ابراهیم پور^۲، کاظم انصاری^۳، فاطمه پرنیان^۴، مریم زارع زاده مهریزی^۵،
محمد طائب پور^۴، بی بی فاطمه حقیرالسادات^{۲*}

- ۱- گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
- ۲- مرکز تحقیقات نانوتکنولوژی پزشکی و مهندسی بافت، پژوهشکده علوم تولید مثل، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
- ۳- شرکت ریز فناوران فردانگر، مرکز زیست فناوری، پارک علم و فناوری، یزد، ایران
- ۴- گروه زیست فناوری، پردیس بین الملل دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
- ۵- دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از گیاهان دارویی و عصاره آن‌ها به دلیل عوارض جانبی کم در سرتاسر دنیا در حال افزایش است. شیرین بیان از جمله این گیاهان با خواص درمانی ثابت شده است اما استفاده از آن با روش‌های سنتی با چالش‌هایی رو به رو است. استفاده از نانوحامل‌های دارویی مثل نیوزوم از جمله استراتژی‌های نوین برای غلبه بر این چالش‌ها است. هدف از این مطالعه، تولید و بررسی خواص نانو نیوزوم‌های حاوی عصاره شیرین بیان به منظور ارتقاء خواص درمانی آن است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه پس از عصاره‌گیری از ریشه گیاه شیرین بیان به روش سوکسله، ویزیکول‌های نیوزومی با استفاده از توئن-۶۰ (۷۰٪) و کلسترول (۳۰٪) به روش فیلم نازک سنتز و عصاره شیرین بیان به صورت غیرفعال در آن بارگذاری گردید. سپس با استفاده از دستگاه‌های زتا سایزر، AFM و FTIR به ترتیب اندازه و بار، مورفولوژی و عدم برهم کنش سامانه با نانو ذره تعیین و در آخر میزان رهایش عصاره در دمای ۳۷ °C و عدم سمیت آن بر روی سلول‌های نرمال با استفاده از تست MTT مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: سامانه سنتز شده، آنیونی با بار سطحی $1/64 \pm 21/2$ mV - اندازه $3/6 \pm 90/7$ نانومتر، شاخص پراکندگی $0/53$ و میزان درون‌گیری $55/36$ ٪ است. هم‌چنین سامانه ساخته شده از نوع آهسته رهش و با حداکثر میزان رهایش $57/3$ درصد در ۴۸ ساعت است. بررسی‌های AFM و FTIR نیز نشان می‌دهد که نانوذرات دارای مورفولوژی مناسب است و سامانه با عصاره بر هم کنشی نداشته است. هم‌چنین نتایج تست MTT نشان دهنده عدم سمیت سامانه بر روی سلول‌های نرمال بود.

بحث: در این مطالعه عصاره شیرین بیان درون حامل‌های نانو نیوزومی بارگذاری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. بررسی داده‌ها نشان داد که سامانه آهسته رهش و آنیونی سنتز شده بدون تغییر در ماهیت عصاره و اثر جانبی بر روی سلول‌های نرمال سبب افزایش پایداری عصاره گردیده است.

نتیجه‌گیری: سامانه نیوزومی سنتز شده، می‌تواند حامل مناسبی برای عصاره شیرین بیان باشد و سبب افزایش پایداری و در نتیجه بهبود عملکرد آن گردد.

واژه‌های کلیدی: نیوزوم، آهسته رهش، انکپسولیشن شیرین بیان، درصد زنده‌مانی، IAU science

مقدمه

نویسنده مسئول:

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد

پست الکترونیکی: Fhaghirosadat@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

باعث ایجاد خواص درمانی آن مانند خاصیت ضدتوموری، ضد التهابی، ضد ویروسی و آنتی اکسیدانی آن می گردند. هم- چنین مطالعه های زیادی تأثیر شیرین بیان و عصاره آن را بر سلول های دستگاه تنفسی و بهبود بیماری های دستگاه تنفسی تصدیق می کند (۱۸،۱۹).

امروزه خواص درمانی مناسب و اثرهای زیان بار کم داروهای گیاهی، مصرف آن ها در سرتاسر دنیا را افزایش داده اما استفاده آن ها به شکل سابق با مشکلاتی همانند اثرگذاری بر بافت غیر هدف و یا اثرگذاری کم بر بافت هدف و هم چنین اکسید شدن برخی مواد مؤثر موجود در عصاره و یا اسانس گیاه روبه رو است که همین امر نیاز به استفاده از نانو حامل های دارویی نظیر لیپوزوم و نیوزوم روشن می سازد که بتواند این دشواری ها را رفع و استفاده از داروهای گیاه را تسهیل بخشد و باعث اثرگذاری بهتر و بهبود عملکرد درمانی گیاهان دارویی شود (۲۰،۲۱).

نیوزوم برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ در صنعت آرایشی به- عنوان یک فاکتور کاربردی معرفی شد و سپس کاربرد آن برای حامل های دارو مورد بررسی قرار گرفت. نیوزوم ها حامل های لیپیدی هستند که از تجمع سورفاکتانت های غیریونی در محیط آبی شکل گرفته و ساختار دو لایه ای محصور را ایجاد می کنند و می توان به عنوان حامل داروهای چربی دوست و آب دوست از آن ها استفاده شود. در بسیاری از موارد برای تهیه نیوزوم از کلسترول و مشتقات آن استفاده می شود. از جمله مزایای این نانو حامل دارویی می- توان به طراحی آسان، زیست سازگاری، انعطاف پذیری و رهایش آهسته دارو اشاره کرد (۲۲،۲۳).

باتوجه به استفاده گسترده و ثابت شده از عصاره شیرین بیان در درمان بسیاری از بیماری ها و هم چنین مزایای نیوزوم ها به عنوان نانو حامل های دارویی، هدف از مطالعه حاضر، ساخت و مشخصه یابی نانو حامل های نیوزومی حاوی عصاره شیرین بیان به روش آب پوشانی لایه نازک و بررسی سمیت نانو نیوزوم ها بر روی سلول های نرمال بدن انسان است.

گیاهان دارویی در ترکیب های شیمیایی خود دارای مقدار مشخصی ماده مؤثره هستند که می تواند در پیشگیری، تشخیص، کمک به روند درمانی و در مجموع حفظ حالت فیزیولوژیک طبیعی بدن کمک کنند (۳-۱). طب سنتی و استفاده از آن از ابتدای تاریخ مورد توجه انسان ها بوده است. در بسیاری از کشورها و ملیت ها با فرهنگ های مختلف استفاده از گیاهان برای درمان بسیاری از بیماری ها و افزایش سلامت جامعه رایج است (۴،۵،۶). مطالعه های اخیر نتایج سودمند استفاده از گیاهان در درمان و پیش گیری بیماری- هایی هم چون دیابت (۷،۸)، آترواسکلروزیس (۹،۱۰)، بیماری های عصبی (۱۱، ۱۲) و سرطان (۱۳) را تأیید می- کند. خاصیت آنتی اکسیدانی گیاهان از جمله مکانیسم های مهم آن ها است که در درمان بسیاری از بیماری ها می توان از آن استفاده کرد (۱۴،۱۵). مصرف گیاهان دارویی و عصاره آن ها به دلیل قیمت مناسب، عوارض جانبی کم و هم چنین فراوانی و در دسترس بودنشان در حال افزایش است (۱۶). هم چنین منشأ طبیعی داروهای گیاهی سبب سازگاری بهتر آن ها با ارگانیزم های زنده از جمله بدن انسان نسبت به داروهای شیمیایی می گردد (۱۷). شیرین بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra* که دارای ریشه یونانی و از دو کلمه glykos به معنای شیرین و rhiza به معنای ریشه مشتق شده است. در هند به آن mulaithi و در خاورمیانه به آن شیرین زبان (locarice) می گویند. این گیاه از خانواده Fabaceae است که طول آن به یک متر می رسد. دارای برگ های پنبه ایی حدود ۷-۱۵ سانتی متر با ۹ تا ۱۷ کاسبرگ و با گل هایی با طول ۸/۰ تا ۲/۱ سانتی متر و رنگ بنفش تا آبی کم رنگ مایل به سفید است. ریشه و ساقه های زیرزمینی این گیاه مصرف دارویی دارند. بررسی های فتوشیمیایی نشان می دهد که گلیسیریزین که یک ترکیب تری ترپنوئید است باعث ایجاد طعم شیرین ریشه این گیاه و هم چنین ترکیب های فلاونوئید مثل لیکریتین و ایزولیکریتین سبب ایجاد رنگ زرد این گیاه می شوند که همین ترکیب های شیمیایی مثل فلاونوئیدها و ساپونین ها

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری

پس از تهیه گیاه شیرین‌بیان و قبل از عصاره‌گیری، نوع و گونه گیاهی آن به تأیید کارشناسان حوزه گیاه‌شناسی دانشگاه یزد رسید. عصاره‌گیری از ریشه گیاه شیرین‌بیان انجام گرفت که برای این منظور، ابتدا ریشه گیاه در درمای محیط در سایه و به‌دور از نور خورشید خشک گردید و سپس با استفاده از آسیاب برقی، پودر آن به‌دست آمد. به‌منظور عصاره‌گیری از روش سوکسله استفاده گردید. سوکسله از رایج‌ترین روش‌های عصاره‌گیری در آزمایشگاه‌ها است. دستگاه سوکسله شامل ۴ قسمت عمده گرم‌کن، بالن، محفظه استخراج و کندانسور است. ابتدا ۵۰ گرم از پودر حاصل شده داخل محفظه کارتوش فشرده شد و سپس درون ستون سوکسله قرار داده شد. سپس ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ در درون بالن ریخته و سوکسله به آن متصل گردید، در آخر با نصب کندانسور و ورودی و خروجی آب عملیات عصاره‌گیری انجام گرفت. بعد از کامل شدن سیکل ششم، عصاره درون بالن را توسط کاغذ واتمن صاف گردید و به‌منظور خشک شدن و تبخیر حلال، عصاره درون ظرف‌های شیشه‌ای و به‌دور از نور خورشید در دمای محیط قرار گرفت. در آخر عصاره به‌دست آمده وزن شد و تا زمان استفاده درون یخچال قرار گرفت.

تعیین طول موج ماکسیموم و رسم منحنی استاندارد

از روش اسپکتروفوتومتری به‌منظور تعیین طول موج ماکسیموم عصاره شیرین‌بیان استفاده گردید. در این روش ابتدا محلول استوک عصاره شیرین‌بیان با غلظت ۱ mg/mL در حلال PBS (Sigma، آمریکا) و ایزوپروپیل (Merck، آلمان) ساخته شد. سپس با استفاده از محلول استوک، غلظت‌های مختلفی از عصاره (۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۲٫۵، ۳۰، ۱۵ و ۷٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با استفاده از روش‌های

رقت‌سازی درون حلال‌های PBS و ایزوپروپیل ساخته شد. سپس طیف جذبی به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (Epoch، آمریکا) در محدوده ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر برای تمام رقت‌ها خوانش شد. طول موج ماکسیموم، طول موجی بود که بیش‌ترین مقدار جذب در آن در تمام رقت‌ها صورت پذیرفته شده بود. سپس با استفاده از جذب‌های به‌دست آمده از رقت‌های مختلف در طول موج ماکسیموم، منحنی استاندارد عصاره Glycrrizha glabra در بافر PBS و ایزوپروپیل رسم گردید و با استفاده از نمودار حاصل شده معادله خط عصاره در PBS و ایزوپروپیل محاسبه گردید. آزمایش‌ها در این مرحله با سه بار تکرار انجام شد.

تهیه نانو نیوزوم‌های حاوی عصاره Glycrrizha

glabra

روش آب‌پوشانی لایه نازک (Thin Film hydration)، روشی بود که برای سنتز نانو سامانه مورد آزمایش از آن استفاده گردید. به‌منظور ساخت نانو نیوزوم‌ها، ابتدا توئن ۶۰ و کلسترول به نسبت مولی ۷۰ به ۳۰٪ و عصاره شیرین‌بیان با غلظت ۲ mg/mL در کلروفرم حل گردیدند و سپس محلول حاصل در دمای ۴۵ °C بر روی روتاری (Heidolph، آلمان) با دور ۱۵۰ rpm قرار داده شد تا فیلم نازک خشک تحت شرایط خلاء ساخته شود. هیدراتاسیون فیلم نازک لیپیدی به‌منظور ایجاد نیوزوم‌های کروی حاوی عصاره، در دمای ۶۰ °C و به‌مدت ۱ ساعت با اضافه کردن بافر PBS به نسبت 1x انجام گرفت. کاهش اندازه نانوذره‌ها نیز به‌وسیله سونیکیت حمامی با توان اولتراسونیک ۱۰۰ وات و فرکانس ۲۸ ± ۵٪ کیلوهرتز در مدت زمان یک ساعت انجام گرفت (۲۴).

بررسی میزان درون‌گیری سامانه

برای بررسی میزان عصاره بارگذاری شده ابتدا عصاره‌های بارگذاری نشده و آزاد در محلول، به‌وسیله روش کیسه دیالیز

ساختار و اندازه گیری گونه های شیمیایی به کار می رود (۲۵). در این روش، از عصاره شیرین بیان، نیوزوم های فاقد عصاره و سامانه نیوزومی حاوی عصاره شیرین بیان استفاده شد و طیف FTIR هر سه نمونه به صورت جداگانه به دست آمد. برای این منظور ابتدا مقدار ۱ میلی گرم از هر نمونه با نسبت ۱ به ۱۰۰ را به نمک پتاسیم برماید (KBr) اضافه و در یک هاون پودر و به وسیله دستگاه پرس هیدرولیک و تحت فشار ۵ تا ۸ تن بر سانتی متر مکعب فشرده گردید (روش قرص-سازی) و با ضخامتی در حدود ۰/۱ سانتی متر بر روی صفحه ای قرار گرفت و هر نمونه در طول موج 4000 cm^{-1} - توسط دستگاه FT-IR (Brucker, آلمان) مورد بررسی قرار گرفت و گروه های عاملی آن شناسایی گردید.

بررسی مورفولوژی نانوسامانه سنتز شده

برای بررسی مورفولوژی و به دست آوردن شکل و ساختار نانوسامانه سنتز شده نیز از مشاهده میکروسکوپی استفاده شد. میکروسکوپ انرژی اتمی (AFM)، میکروسکوپ مورد استفاده در این مطالعه بود که با آن مورفولوژی نانوذرات از نظر زبری، شکل و توده ایی بودن بررسی گردید. میکروسکوپ نیروی اتمی ابزاری برای مشاهده نمونه ها با ابعاد نانومتری و بررسی توپوگرافی سطحی آن ها است. این میکروسکوپ نمونه ها را با یک سوزن تیز به طول ۲ میکرون و قطر کمتر از ۱۰ نانومتر مورد آنالیز قرار داد (۲۶).

بررسی سایز و پتانسیل زتای ذرات سنتز شده

برای اندازه گیری قطر نانو ذره ها و بار سطحی (پتانسیل زتا) آن ها از دستگاه زتا سایزر (Malvern Instrument مدل Nano zeta sizer ES، انگلستان) استفاده گردید. اندازه گیری نانو نیوزوم ها در یک زاویه ۹۰ درجه و تابش نور لیزر با طول موج ۶۵۷ nm در دمای ۲۵ سانتی گراد صورت گرفت. هم چنین اندازه گیری نمونه ها در ۵ مرتبه و هر مرتبه با مدت زمان ۳۰ ثانیه انجام گردید. جهت تعیین اندازه از $600\text{ }\mu\text{L}$ نمونه با غلظت ۵/۵ تا ۰/۱ mg/mL استفاده شد. تعیین پتانسیل زتا/بار سطحی نانو نیوزوم ها در دمای اتاق با

(Mw cut off = 12000 Da) و توسط فرآیند انتشار در دمای 4°C در درون بشری حاوی بافر فسفالین سالین حذف گردیدند. اساس روش کیسه دیالیز از خصوصیت های غشاء های نیمه تراوا که بین محلول و بافر دیالیز قرار می گیرد نشأت می گیرد. این غشاها که به طور معمول از جنس سلولزی دارند دارای حفره هایی هستند که اجازه عبور به مولکول های کوچک تر را می دهند و از عبور مولکول های بزرگ جلوگیری می کنند. به منظور پرورده کردن کیسه دیالیز، ابتدا کیسه دیالیز به مدت ۱۰ دقیقه با بافر کیسه دیالیز (۱ mM از EDTA، سدیم بی کربنات ۲/۲٪) جوشانیده شد (دما 80°C). در مرحله بعد برای حذف مواد بافر، کیسه دیالیز به مدت ۱۰ دقیقه دیگر در آب مقطر جوشانده شد. سپس، نیوزوم های حاوی عصاره به نسبت های ۱ به ۱۰، ۱۰ به ۲۰ و ۲۰ به ۴۰ با ایزوپروپیل مخلوط شدند تا دیواره لیپیدی آن ها شکسته شود و عصاره محبوس در آن ها آزاد گردد. در آخر میزان جذب عصاره آزاد شده در رقت های ذکر شده و در طول موج ماکسیموم تعیین شده به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر به دست آید و با استفاده از منحنی استاندارد عصاره در ایزوپروپیل و رابطه ۱، درصد بارگذاری عصاره در نیوزوم ها تعیین گردید (۲۱).

رابطه ۱)

$$\frac{\text{مقدار عصاره شده}}{\text{مقدار عصاره اولیه}} \times 100 = \text{درصد عصاره بارگذاری شده}$$

بررسی عدم برهم کنش سامانه به عصاره شیرین بیان

برای بررسی تعامل و عدم برهم کنش میان سامانه نیوزومی سنتز شده با عصاره شیرین بیان از تکنیک طیفسنجی مادون قرمز (FTIR) استفاده گردید. طیفسنجی مادون قرمز یا FTIR بر اساس جذب تابش و بررسی جهش های ارتعاشی مولکول ها و یون های چند اتمی صورت می گیرد. این روش به عنوان روشی پر قدرت و توسعه یافته برای تعیین

استفاده از $1500 \mu\text{L}$ نمونه با غلظت 0.1 mg/mL تعیین گردید و برای جلوگیری از آلوده شدن ذرات با گرد و غبار که تأثیر به سزایی در نتایج ایجاد می کند نمونه ها بلافاصله بعد از آماده سازی مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش ها در این مرحله نیز با ۳ بار تکرار صورت گرفت.

تعیین الگوی رهائش عصاره شیرین بیان از سامانه نیوزومی

روند رهائش عصاره از سامانه سنتز شده با استفاده از روش کیسه دیالیز مورد بررسی قرار گرفت. در این روش مقدار 20 mL از لیپوزوم های حاوی عصاره درون کیسه دیالیز قرار گرفت و به مدت ۴۸ ساعت در مجاورت 200 mL بافر PBS (نسبت ۱ به ۱۰) و در دمای 37°C و $\text{pH} = 7.4$ (شرایط فیزیولوژیکی بدن) قرار گرفت. به فواصل زمانی منظم و متناوب (۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت) مقدار 1 mL از بافر PBS اطراف کیسه دیالیز برداشته و به همان مقدار (1 mL) بافر جدید با دما و pH یکسان اضافه گردید سپس جذب نمونه های برداشت شده با استفاده از دستگاه اسپکترومتری در طول موج ماکسیموم تعیین شده، خوانده و نمودار رهائش عصاره از نانو ذره ها با استفاده از منحنی استاندارد عصاره در بافر PBS رسم گردید.

سنجش سمیت سامانه بر روی سلول های نرمال

برای سنجش میزان سمیت سامانه در این مطالعه از روش MTT استفاده گردید. آزمون MTT که یک آزمون بر پایه رنگ سنجی است. اساس این آزمون احیاء کریستال های زرد رنگ تترازولیوم (فرمول شیمیائی 3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT)) توسط ردوکتازهای میتوکندریایی سلول های زنده است. سلول های مورد استفاده در این مطالعه، از نوع سلول های نرمال ردهی فیبروبلاست پوست انسان (HFF) بودند که از انستیتوی پاستور تهران تهیه گردیدند و طبق پروتکل های کشت سلولی در محیط کشت RPMI-1640 غنی شده با سرم جنین گاوی (FBS) ۱۰٪، در دمای 37°C و رطوبت ۹۵٪ کشت داده شدند. برای انجام

تست MTT این سلول ها برای ۴۸ ساعت در پلیت های ۹۶ تایی کشت داده شدند، بعد از رسیدن تعداد سلول ها به میزان مورد نیاز (1×10^4)، سلول ها برای ۴۸ ساعت با غلظت های مختلف ($0.1, 1, 10, 100, 1000 \text{ mg/mL}$) از نانو سامانه لیپونیوزومی فاقد عصاره تیمار شدند. سپس ۲۰ میکرولیتر از نمک MTT با غلظت ۰/۵ میکرولیتر به هر چاهک اضافه و انکوباسیون ۴ ساعت انجام گرفت. سپس مایع رویی خارج و به منظور حذف کریستال های فورمازون 150 میکرولیتر DMSO به هر چاهک اضافه گردید و ۳۰ دقیقه ریگر انکوباسیون انجام گرفت. بعد از آن جذب چاهک ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه الیزا ریدر (synergy HTX, Bio Tek, USA) خوانده و میزان زنده-مانی سلول ها با استفاده از رابطه ۲ به محاسبه گردید.

رابطه ۲)

$$100 \times \frac{\text{میانگین جذب نوری در محیط کشت - میانگین جذب نوری در گروه آزمون}}{\text{میانگین جذب نوری در محیط کشت - میانگین جذب نوری در گروه کنترل}}$$

یافته ها

تعیین طول موج ماکسیموم و نمودار استاندارد

بررسی های طیف جذبی عصاره شیرین بیان در طول موج های ۲۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر نشان داد که بیشترین مقدار جذب مشترک در غلظت های مختلف عصاره ریشه این گیاه در طول موج ۳۳۰ نانومتر است (نمودار ۱). سپس با استفاده از این طول موج نمودارهای استاندارد شیرین بیان در بافرهای PBS و ایزوپروپانول رسم گردید. نمودار استاندارد شیرین-بیان در بافر PBS (نمودار ۲) خطی راست با معادله $Y=0.0012X-0.0053$ و ضریب تعیین (R^2) ۰/۹۹۹ است. این نمودار در بافر ایزوپروپانول نیز خطی راست با معادله $Y=0.0017X-0.0067$ و ضریب تعیین ۰/۹۹۹۶ است.

راندمان انکپسولاسیون سامانه نیوزومی و بررسی الگوی رهائش دارو

میزان انکپسولاسیون عصاره شیرین بیان درون سامانه نیوزومی سنتز شده با توجه به نمودار استاندارد شیرین بیان

در بافر ایزوپروپیل و رابطه ۱ محاسبه گردید، که مقدار عددی آن برابر با ۵۵/۳۶ درصد بود. هم‌چنین با استفاده از نمودار استاندارد شیرین بیان در بافر PBS، الگوی رهایش عصاره آن از سامانه در زمان‌های مختلف و تحت شرایط فیزیولوژیک بدن تعیین و رسم گردید (نمودار ۴). بررسی الگوی رهایش عصاره نشان داد که سامانه دارای رهایش آهسته و نیمه هدفمند است و بیش‌ترین میزان رهایش در ۴۸ ساعت برابر با ۵۷/۳ درصد است. هم‌چنین از نمودار به دست آمده این‌گونه نتیجه‌گیری می‌شود که رهایش عصاره از سامانه در دو فاز صورت می‌گیرد. فاز اول که رهایش سریع‌تر است و در ۱۰ ساعت اول اتفاق می‌افتد به دلیل اختلاف غلظت زیاد عصاره در سامانه با محیط پیرامون آن است و فاز دوم که شیب نمودار کاهش یافته و به دلیل کاهش این اختلاف غلظت ایجاد می‌شود.

بررسی اندازه و میزان بار سطحی سامانه نیوزومی

مطابق با شکل ۱، بررسی نتایج حاصل از دستگاه زتا سایزر نشان داد که سایز ذرات نیوزومی حاوی عصاره شیرین بیان برابر با $3/6 \pm 90/7$ نانومتر و شاخص پراکندگی آن برابر با $0/53$ بود. هم‌چنین با توجه به شکل ۲، پتانسیل زتای سامانه سنتز شده برابر با $1/64 \pm 21/2$ mV است که نشان‌دهنده این است که سامانه از نوع آنیونی و دارای بار منفی است، که همین امر سبب کاهش سمیت سامانه می‌گردد.

بررسی طیف‌های مادون قرمز حاصل از تکنیک FTIR

از تکنیک FTIR به منظور سنجش عدم برهم‌کنش سامانه نیوزومی سنتز شده با عصاره شیرین بیان استفاده گردید. تصاویر به دست آمده از طیف FTIR عصاره شیرین بیان (شکل ۳-A) وجود پیک‌های شاخصی هم‌چون پیک پهن موجود در ناحیه 3300 cm^{-1} که نشان‌دهنده گروه عاملی OH، پیک موجود در ناحیه 2924 cm^{-1} که مربوط به ارتعاش کششی C-H، پیک ناحیه 1700 cm^{-1} که مشخصه ارتعاش کششی C=O، پیک ناحیه 1664 cm^{-1} که نشان‌دهنده ارتعاش خمشی CH_2 و پیک ناحیه cm^{-1}

۱۲۱۳ که مرتبط با گروه عاملی P=O است را در ساختمان عصاره ریشه گیاه شیرین بیان نشان می‌دهد. با بررسی و مقایسه پیک‌های موجود در طیف FTIR نانو نیوزوم‌های حاوی عصاره شیرین بیان (شکل ۳-C) و نانو نیوزوم‌های فاقد عصاره (شکل ۳-B) مشاهده شد که تغییرهای جزئی در پیک‌های مربوط به سامانه حاوی عصاره نسبت به سامانه فاقد عصاره اتفاق افتاده که نشان‌دهنده ورود عصاره به درون سامانه است. برای مثال پیک‌های شاخص موجود در نانو نیوزوم‌های فاقد عصاره مثل پیک نواحی 3445 cm^{-1} ، $2925/6$ ، 1638 و 1101 بعد از ورود عصاره به سامانه با اندکی تغییر به ترتیب به نواحی 3437 ، 2922 ، 1622 و 1091 جا به جا شدند. هم‌چنین با توجه به این که در طیف FTIR سامانه حاوی عصاره پیکی جدیدی اضافه نشده و پیکی هم ناپدید نگشته می‌توان به این نتیجه رسید که میان سامانه و عصاره برهم‌کنش شیمیایی رخ نداده و هر دو ماهیت خود را حفظ و از تغییر به دور مانده‌اند.

تصویربرداری با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

با توجه به تصاویر به دست آمده (شکل ۴) از نانوذرات به وسیله میکروسکوپ نیروی اتمی می‌توان به این نتیجه رسید که نیوزوم‌ها یکنواخت، کروی شکل و متراکم هستند که این خود نشان از مورفولوژی مناسب این نانوذرات جهت به کارگیری آن‌ها به عنوان حامل‌های دارویی است.

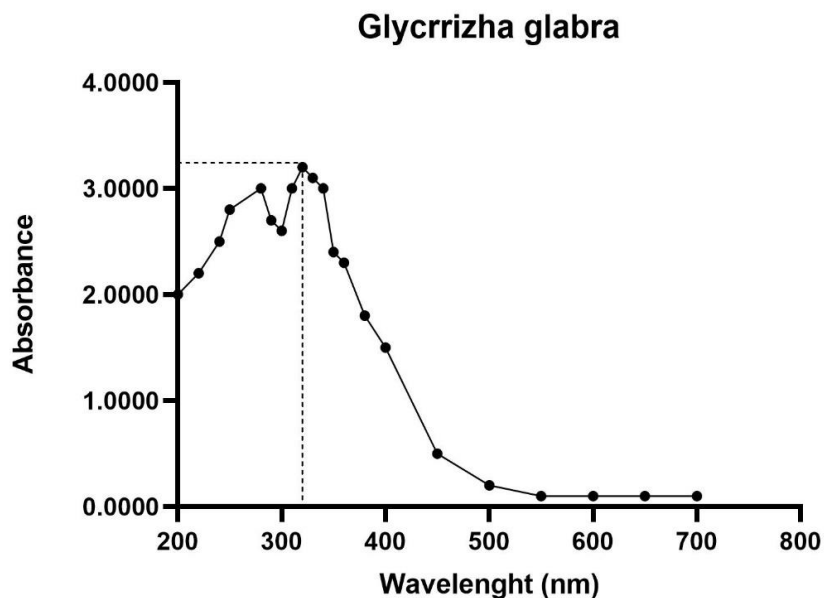
بررسی اثر سمیت نانو نیوزوم‌های سنتز شده بر روی

سلول‌های رده HFF

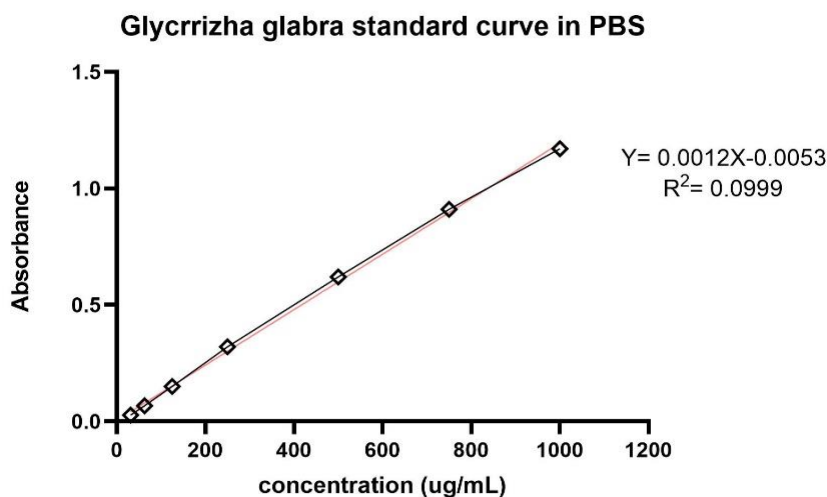
بعد از تیمار سلول‌های رده HFF با نیوزوم‌های فاقد عصاره به منظور سنجش میزان سمیت این نانو ذره‌ها تست MTT انجام گرفت. نتایج این تست بعد از ۴۸ ساعت تأثیر نیوزوم‌ها نشان داد که سامانه سنتز شده دارای سمیت ناچیزی بر روی سلول‌های نرمال است چرا که بعد از تیمار سلول‌ها با سامانه نیوزومی فاقد دارو با غلظت‌های ۰/۱، ۱، ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر میزان زنده‌مانی سلول‌ها به-

ترتیب برابر بود با ۹۹، ۹۸، ۹۶، ۹۶ و ۹۵ درصد که نشان از سمیت پایین سامانه دارد (نمودار ۵).

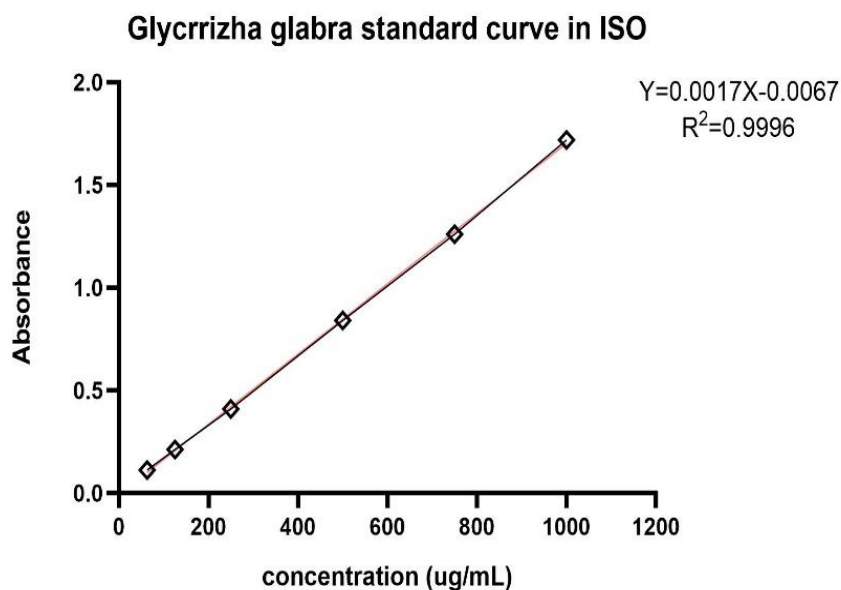
نمودار ۱: طیف جذبی حاصل از عصاره شیرین بیان در طول موج‌های ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر. بیش‌ترین مقدار جذب در طول موج ۳۲۰ nm است.



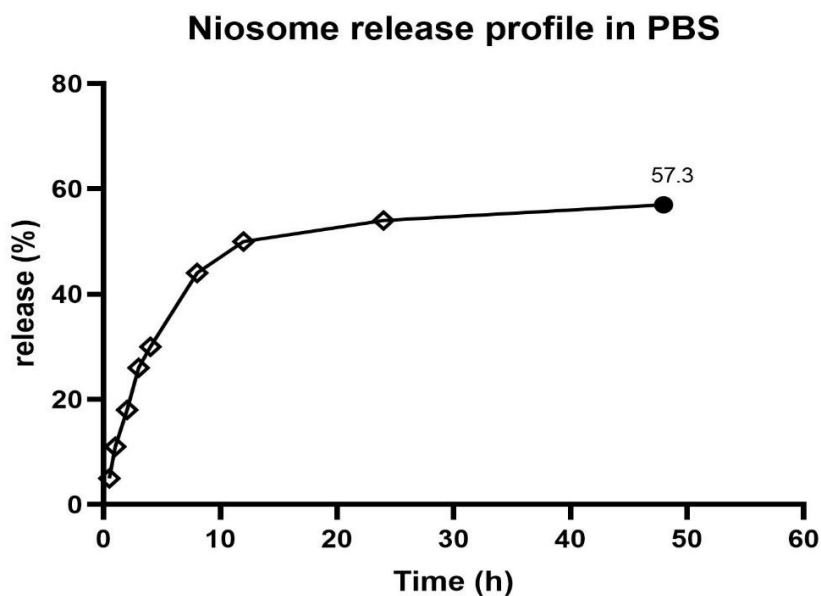
نمودار ۲: منحنی استاندارد عصاره شیرین بیان در بافر فسفات سالین که حاصل از بررسی طیف جذبی غلظت‌های مختلف از عصاره در طول موج ماکسیموم آن است.



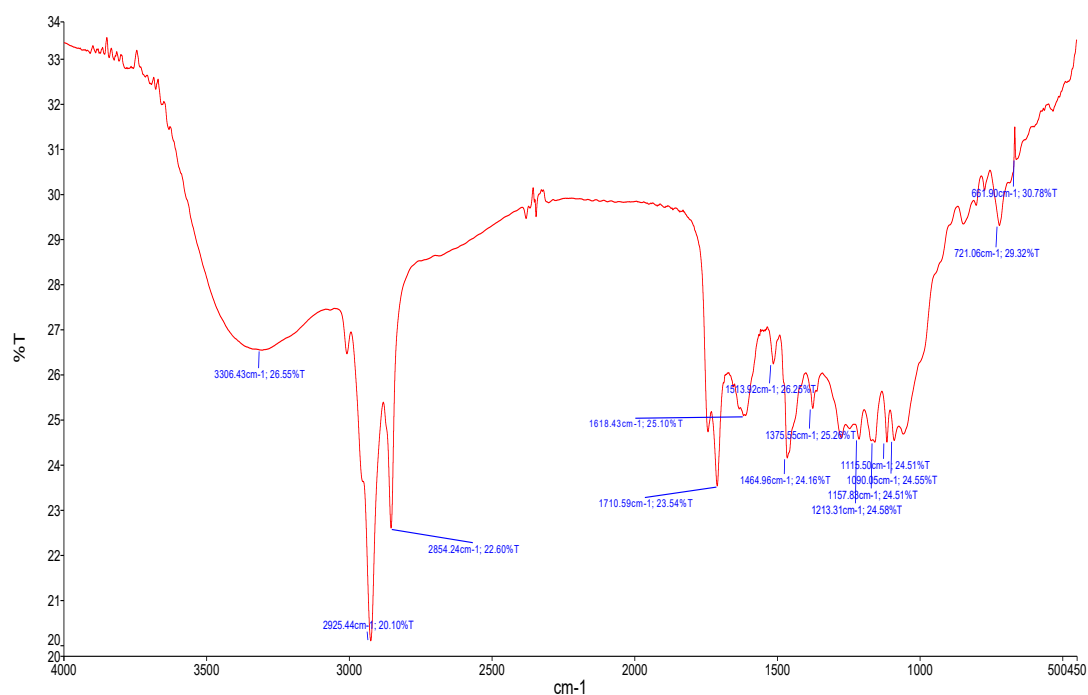
نمودار ۳: منحنی استاندارد عصاره شیرین بیان در بافر ایزوپروپیل که حاصل از بررسی طیف جذبی غلظت های مختلف از عصاره در طول موج ماکسیموم آن است.



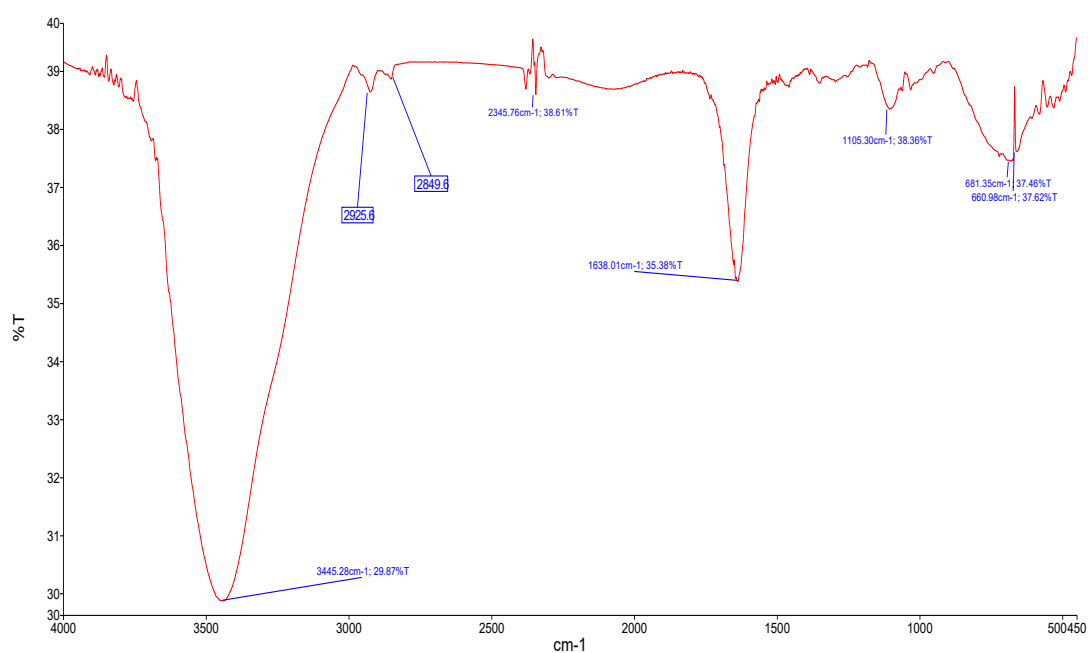
نمودار ۴: الگوی رهائش عصاره شیرین بیان از سامانه لیپوزومی طی ۴۸ ساعت. نمودار نشان دهنده آهسته رهش بودن سامانه است. هم چنین بیش ترین میزان رهائش عصاره از سامانه ۵۷/۳ درصد در طول ۴۸ ساعت است.



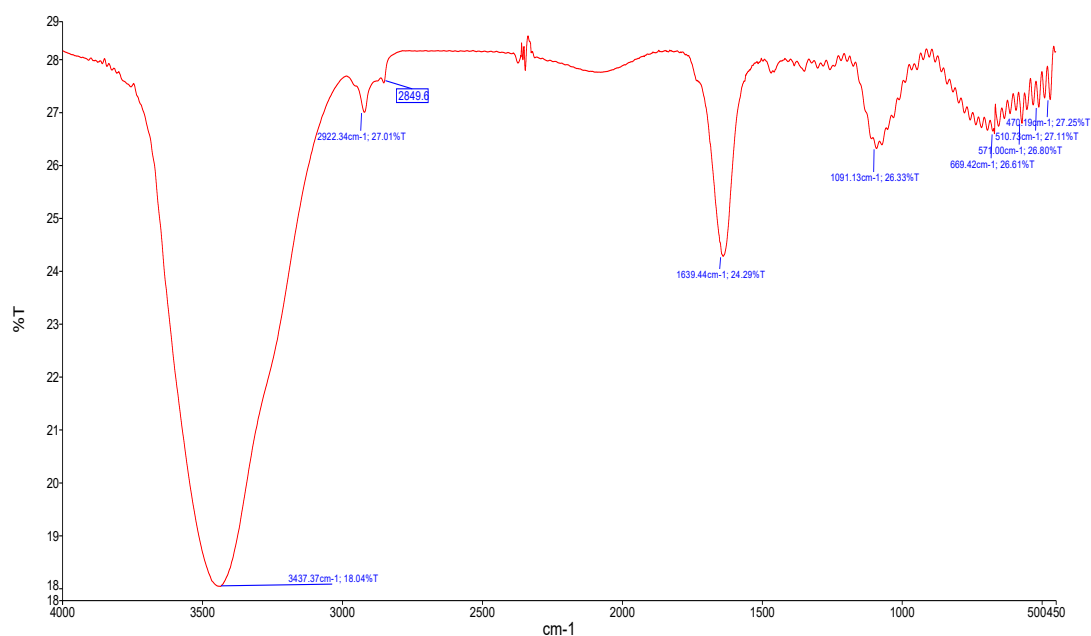
(A)



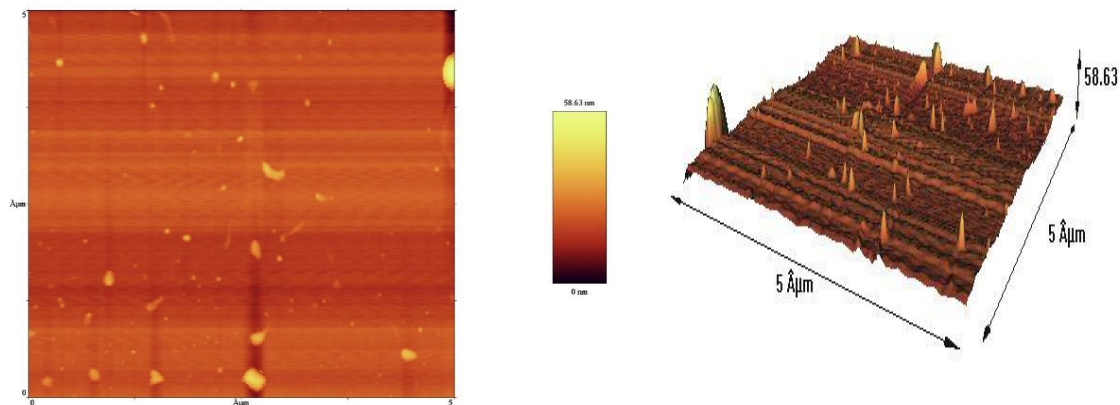
(B)



(C)

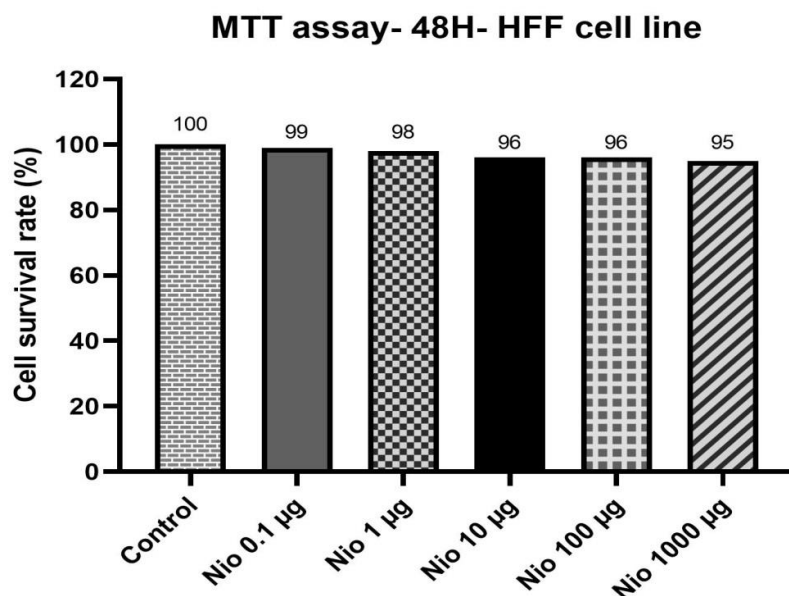


شکل ۳ - طیف های مادون قرمز حاصل از آنالیز به روش طیف سنجی مادون قرمز. (A) عصاره گیاه شیرین بیان (B) سامانه نیوزومی فاقد عصاره. (C) سامانه نیوزومی حامل عصاره. با توجه به حضور پیک های شاخص نمودار A و B در نمودار C می توان دریافت عصاره و سامانه سنتز شده با هم بر هم کنش ندارند.



شکل ۴ - تصاویر حاصل از عکس برداری توسط میکروسکوپ نیروی اتمی. عکس ها نشان دهنده مورفولوژی مناسب نانو نیوزوم ها است. نانو ذرات دارای شکلی کروی و سطحی صاف هستند.

نمودار ۴: نتایج حاصل از تست MTT بر روی رده سلولی HFF بعد از ۴۸ ساعت تیمار با سامانه نانونیوزومی فاقد عصاره در غلظت‌های مختلف. داده‌ها نشان از عدم سمیت سامانه سنتز شده بر روی سلول‌های نرمال دارد.



بحث

در این مطالعه، نانو سامانه نیوزومی حاوی عصاره شیرین بیان تهیه گردید. بررسی نتایج فیزیکوشیمیایی نشان داد که سامانه سنتز شده دارای راندمان انکپسولاسیون ۵۳/۳۶٪ و رهایش آهسته و نیمه هدفمند (کنترل شده) است و حداکثر میزان رهایش عصاره از سامانه در طول ۴۸ ساعت برابر با ۵۷/۳٪ بود. راندمان انکپسولاسیون از پارامترهای در نانسامانه‌ها هستند که به عوامل مهمی از جمله، اندازه ذرات، ماهیت ماده درون‌گیری شده، نوع لیپیدهای به‌کار رفته و غلظت آن‌ها در ساختار نانوذرات وابسته است (۲۷). در گزارشی که در سال ۲۰۱۸ منتشر شد، Majdizadeh و همکارانش اعلام کردند که موفق به ساخت نانو سامانه حاوی اسانس *menthe piperita* با راندمان انکپسولاسیون ۶۱/۳۸٪ شدند (۲۰). نتایج مطالعه ما نیز از نظر میزان درون‌گیری سامانه نزدیک به نتایج گزارش شده توسط

Majdizadeh بود. بررسی‌های DLS حاکی از این بود که اندازه این نانوذرات ۹۰/۷ nm و شاخص پراکندگی آن نیز برابر با ۰/۵۳ بود. همچنین مشخص شد که نانسامانه سنتز شده از نوع آنیونی (بار منفی) بوده و پتانسیل زتای آن نیز برابر با $1/64 \pm 21/2$ mV بود که این بار منفی با جلوگیری از تجمع و رسوب نانوذرات سبب کاهش سمیت سامانه و بهبود عملکرد آن می‌گردد (۲۸). بررسی‌های طیف FTIR نیز بر هم‌کنش سامانه سنتز شده با عصاره شیرین- بیان را رد و تأییدی بر حفظ ماهیت عصاره و سامانه بعد از بارگذاری آن بود. نتایج حاصل از AFM هم مورفولوژی مناسب نانوذرات رو تأیید کرد و نشان داد که ذرات دارای شکلی کروی، یکنواخت و صاف هستند که این به‌نوبه خود می‌تواند مهر تأییدی برای استفاده از این سامانه به‌عنوان نانوحامل دارویی باشد. عدم سمیت سامانه بر روی سلول‌های نرمال نیز با توجه به نتایج تست MTT تأیید گشت.

تاکنون مطالعه‌های متعددی بر روی ساخت و مشخصه‌یابی نانو حامل‌های دارویی انجام شده است. همان‌طور که ذکر شد، راندمان انکپسولاسیون یا همان میزان درون‌گیری سامانه از پارامترهای مهم در انتخاب نانو حامل‌های دارویی است (۲۰،۲۸). در سال ۲۰۱۹، Barakat و همکارانش گزارش کردند که نانوسامانه لیپیدی حاوی عصاره آویشن سنتز و اثر سمیت آن را بر روی سلول‌های سرطان پستان بررسی کردند. میزان درون‌گیری در مطالعه آن‌ها ۶۷/۱۱٪ گزارش شد (۱). در سال ۲۰۱۳ نیز Fang و همکارانش سامانه لیپیدی با درصد درون‌گیری ۵۱٪ و اندازه ۷۰ nm را گزارش کردند (۲۹). Babaei و همکاران نیز در سال ۲۰۱۶، نیوزوم‌های حاوی سیس پلاتین با راندمان انکپسولاسیون ۴۳/۶ درصد را به‌منظور اثردهی بر سلول‌های سرطان سینه سنتز کردند (۳۰). در سال ۲۰۱۵ نیز، Ebrahimi Khosfi و همکارانش نیز نانوسامانه لیپیدی حاوی عصاره آویشن شیرازی سنتز کردند و گزارش کردند که میزان درون‌گیری سامانه در بهترین حالت برابر با ۵۴/۴٪ است (۳۱). همسو با مطالعه‌های فوق مطالعه ما نیز اهمیت میزان انکپسولاسیون نانوسامانه‌های حامل دارویی را تأیید می‌کند. میزان انکپسولاسیون در مطالعه ما بیش‌تر و یا نزدیک به درصد هم‌پوشانی در مطالعه‌های بالاست که این خود از مزایای پژوهش حاضر است.

میزان رهایش، عدم تعامل سامانه و دارو با یکدیگر، مورفولوژی و بار سطحی مناسب نیز از پارامترهای مهم در انتخاب نانو حامل‌های دارویی است (۳۲). Haghirsadat و همکاران در سال ۲۰۱۷، پیشنهاد فورمولاسیون جدیدی از نانوسامانه لیپیدی حاوی دوکسوروبیسین با پتانسیل زتای -۲۳، اندازه ۹۳/۶۱ nm و راندمان انکپسولاسیون ۸۲/۸٪ را ارائه کردند (۳۳). اندازه کوچک‌تر نانوذرات در مطالعه حاضر از مزایای آن نسبت به مطالعه Haghirsadat است.

Shah و همکاران نیز در سال ۲۰۱۶، فرمولاسیون‌های مختلفی از نانو نیوزوم‌های حاوی ناپروکسین با ویژگی‌های فیزیوشیمیایی از جمله سایزی ۳۸۱ تا ۴۱۴ نانومتر، لود

۶۰/۳۶ تا ۷۱/۹۸ درصد و میزان رهایش ۶۵/۹۱ تا ۷۵/۲۴ را گزارش کردند (۳۴). از مزایای مطالعه ما نسبت به مطالعه Shah، اندازه کوچک‌تر نانوذرات است که سبب افزایش زیست سازگاری آن می‌شود.

در سال ۲۰۱۷ Naderinezhad و همکارانش، نیوزوم‌های حاوی کورکومین با اندازه ۲۴۲ نانومتر، راندمان انکپسولاسیون ۹۵/۲٪، بار سطحی ۳۸ mV - و شاخص پراکندگی ۰/۱۷ با حداکثر میزان رهایش ۴۳/۸۷ درصد سنتز کردند (۳۵). اندازه کوچک‌تر و درصد رهایش بیش‌تر از مزیت‌های مطالعه ما نسبت به مطالعه Naderinezhad است اما راندمان انکپسولاسیون بیش‌تر و بار سطحی مناسب‌تر از ویژگی‌های مطلوب مطالعه Naderinezhad نسبت به مطالعه ما است.

در سال ۲۰۱۹ نیز Hemati و همکاران، نانو نیوزومی حاوی کوئرستین با ویژگی‌های فیزیوشیمیایی هم‌چون اندازه ۱۰۰ نانومتر، پتانسیل زتای ۶ - تا ۳۵ + میلی‌ولت و درون‌گیری بین ۷۱ تا ۹۵ درصد سنتز کردند (۳۶). از مزیت‌های مطالعه ما نسبت به مطالعه Hemati می‌توان به اندازه کوچک‌تر و بار سطحی مطلوب‌تر اشاره کرد اما میزان درون‌گیری کم‌تر از ضعف‌های مطالعه حاضر نسبت به مطالعه Hemati است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ما موفق به ساخت نانوحامل‌های نیوزومی جهت رسانش عصاره شیرین‌بیان با راندمان انکپسولاسیون بالا، رهایش هدفمند و ویژگی‌های فیزیوشیمیایی مطلوب شدیم که این خود گواهی بر مناسب بودن عملکرد این نانوسامانه به‌عنوان یک حامل دارویی مناسب است و لذا انجام تحقیقات تکمیلی جهت کاربرد بالینی و تجاری از این سامانه پیشنهاد می‌گردد. هم‌چنین اگر چه در این مطالعه، ما موفق به ساخت و سنتز نانونیوزوم‌های حاوی عصاره شیرین‌بیان با ویژگی‌های فیزیوشیمیایی مناسب شدیم، اما این مطالعه نیز مانند سایر پژوهش‌ها دارای نقص و کاستی‌هایی هم بود. عدم بررسی الگوی رهایش و تأثیر آن در

شرایط سلول های سرطانی، عدم بررسی پایداری نانونیوزومها در شرایط مختلف، عدم سنتز فرمولاسیون های مختلف از نیوزومها با درصدهای مولی متفاوت از لیپیدها و کلسترول و همچنین عدم بررسی ورود سامانه به بافت هدف از جمله معایب مطالعه حاضر است که پیشنهاد بررسی آنها به سایر پژوهشگران علاقمند به این زمینه می گردد.

- 1- Barakat F, Aboee-Mehrizi F, Haghirsadat BF, Sedighi-Khavidak S, Ashkezari MD. Designing and optimization of liposomal nano-carriers containing *Nepeta persica* extract and study of its cytotoxicity on the breast cancer cell line (MCF-7). J. Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2019.
- 2- Yakhchi V, Jahanizadeh S, Yazdian F, Rashedi H, Haghirsadat BF. Synthesis and Evaluation of Lipid-based Nanoparticle Containing Ginger Extract against *Aspergillus* Species. SSU_Journals. 2020;28(6):27.80-66
- 3- Van Wyk B-E, Wink M. Medicinal plants of the world: CABI; 2018.
- 4- Al-Snafi AE. *Glycyrrhiza glabra*: A phytochemical and pharmacological review. IOSR Journal of Pharmacy. 2018;8(6):1-17.
- 5- More VV. Niosomal drug delivery-a comprehensive review. Asian Journal of Pharmaceutics (AJP): Free full text articles from Asian J Pharm. 2019;12(04).
- 6- Thangadurai K, Amani P, Jeeva Gladys R, Rengasundari GM, Lenin M, Yuvaraj M. A review on hepatoprotective and Anti-HIV action of traditional herbs to reduce the hepatotoxicity of highly active anti-retroviral therapy (HAART).
- 7- Mustafa SB, Akram M, Muhammad Asif H, Qayyum I, Hashmi AM, Munir N, et al. Antihyperglycemic activity of hydroalcoholic extracts of selective medicinal plants *Curcuma longa*, *Lavandula stoechas*, *Aegle marmelos*, and *Glycyrrhiza glabra* and their polyherbal preparation in Alloxan-induced diabetic mice. Dose-Response. 2019;17(2):1559325819852503.
- 8- Batiha GE-S, Beshbishy AM, El-Mleeh A, Abdel-Daim MM, Devkota HP. Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of *Glycyrrhiza glabra* L.(Fabaceae). Biomolecules. 2020;10(3).
- 9- Zaigham M, Hamiduddin M, Ikram M. Aslussoos (*Glycyrrhiza glabra* Linn): A root with immense pharmaceutical potential and its utilization in Unani system of medicine. International J. Herbal Medicine. 2019;7(5):27-34.
- 10- Sedighi M, Bahmani M, Asgary S, Beyranvand F, Rafieian-Kopaei M. A review of plant-based compounds and medicinal plants effective on atherosclerosis. J. research in medical sciences: the official j. Isfahan University of Medical Sciences. 2017;22.
- 11- Pastorino G, Cornara L, Soares S, Rodrigues F, Oliveira MBP. Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*): A phytochemical and pharmacological review. Phytotherapy research. 2018;32(12):2323-39.
- 12- Paudel YN, Angelopoulou E, Semple B, Piperi C, Othman I, Shaikh MF. Potential neuroprotective effect of the HMGB1 inhibitor Glycyrrhizin in neurological disorders. ACS chemical neuroscience. 2020;11(.500-485:(4
- 13- Gioti K, Papachristodoulou A, Benaki D, Beloukas A, Vontzalidou A, Aligiannis N, et al. *Glycyrrhiza glabra*-Enhanced Extract and Adriamycin Antiproliferative Effect on PC-3 Prostate Cancer Cells. Nutrition and cancer. 2020;72(2):320-32.
- 14- Sekhon-Loodu S, Rupasinghe H. Evaluation of antioxidant, antidiabetic and antiobesity potential of selected traditional medicinal plants. Frontiers in nutrition. 2019;6:53.

- 15- Unuofin JO, Lebelo SL. Antioxidant effects and mechanisms of medicinal plants and their bioactive compounds for the prevention and treatment of type 2 diabetes: an updated review. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2020;2020.
- 16- Nastić N, Švarc-Gajić J, Delerue-Matos C, Barroso MF, Soares C, Moreira MM, et al. Subcritical water extraction as an environmentally-friendly technique to recover bioactive compounds from traditional Serbian medicinal plants. *Industrial Crops and Products*. 2018;111:579-89.
- 17- Mehrbod P, Abdalla MA, Njoya EM, Ahmed AS, Fotouhi F, Farahmand B, et al. South African medicinal plant extracts active against influenza A virus. *BMC complementary and alternative medicine*. 2018;18(1):1-10.
- 18- Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, El-Hack A, Mohamed E, Khafaga AF, et al. Use of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) herb as a feed additive in poultry: Current knowledge and prospects. *Animals*. 2019;9(8):536.
- 19- Ashraf A, Ashraf MM, Rafiqe A, Aslam B, Galani S, Zafar S, et al. In vivo antiviral potential of *Glycyrrhiza glabra* extract against Newcastle disease virus. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*. 2017;30.
- 20- Majdizadeh M, Rezaei Zarchi S, Movahedpour AA, Shahi Malmir H, Sasani E, Haghirsadat BF. A new strategy in improving therapeutic indexes of medicinal herbs: preparation and characterization of nano-liposomes containing *Mentha piperita* essential oil. *SSU_Journals*. 2018;25(11):853-64.
- 21- Sahoo SK, Dilnawaz F, Krishnakumar S. Nanotechnology in ocular drug delivery. *Drug discovery today*. 2008;13(3-4):144-51.
- 22- Shirsand S, Keshavshetti GG. Recent advances in niosomal drug delivery—a review. May–June *RJLBPCS*. 2019;5(3).
- 23- Ge X, Wei M, He S, Yuan W-E. Advances of non-ionic surfactant vesicles (niosomes) and their application in drug delivery. *Pharmaceutics*. 2019;11(2):55.
- 24- Shahi MH, Kalantar SM, Sasani E, Asgari M, HAGHIRALSADAT BF. Synthesis and optimization of niosomal carriers containing doxorubicin in order to achieve a final formulation with high potential in cancer cells temperature and acidity. 2019.
- 25- Petit T, Puskar L. FTIR spectroscopy of nanodiamonds: Methods and interpretation. *Diamond and Related Materials*. 2018;89:52-66.
- 26- Liu X, Song D, He X, Wang Z, Zeng M, Deng K. Nanopore structure of deep-burial coals explored by AFM. *Fuel*. 2019;246:9-17.
- 27- Honary S, Zahir F. Effect of zeta potential on the properties of nano-drug delivery systems-a review (Part 1). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2013;12(2):255-64.
- 28- Mohawed OA, El-Ashmoony M, Elgazayerly ON. Niosome-encapsulated clomipramine for transdermal controlled delivery. *Int J Pharm Pharm Sci*. 2014;6(9):567-75.
- 29- Fang Y, Wu XG, Chen J, Dang SC, Jiang DL, Chen M, et al., editors. Preparation and characterization of mpeg modified magnetic long-circulating doxorubicin hydrochloride liposomes. *Advanced Materials Research*; 2013: Trans Tech Publ.

- 30- Babaei M, Arjmand M, Seifkordi A. Evaluation the effect of nanoniosomal cisplatin on brain cancer cell line C6. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 2016;6(23):61-4.
- 31- Ebrahimi Khosfi M, Khosravi Darani K, Hosseini H, Arabi Sh KFR, Kohi Kamali P. Production of nanoliposomes containing essential oil of Boiss Zataria multiflora by response surface method. *Nano Meghyas*. 2014;1(2):119-28.
- 32- Gharbavi M, Amani J, Kheiri-Manjili H, Danafar H, Sharafi A. Niosome: a promising nanocarrier for natural drug delivery through blood-brain barrier. *Advances in pharmacological sciences*. 2018;2018.
- 33- Haghirsadat F, Amoabediny G, Sheikhha MH, Zandieh-doulabi B, Naderinezhad S, Helder MN, et al. New liposomal doxorubicin nanoformulation for osteosarcoma: drug release kinetic study based on thermo and pH sensitivity. *Chemical biology & drug design*. 2017;90(3):368-79.
- 34- Shah N. Characterization, optimization and formulation of niosome containing naproxen. *Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research*. 2016;5(1):1-6.
- 35- Naderinezhad S, Haghirosadat F, Amoabediny G, Naderinezhad A, Esmaili Z, Akbarzade A. Synthesis of biodegradable and self-assembled anionic nano-carrier: Novel approach for improvement of Curcumin-delivery to bone tumors cells & Mathematical modeling of drug-release kinetic. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 2017;7(27):77-84.
- 36- Hemati M, Haghirsadat F, Yazdian F, Jafari F, Moradi A, Malekpour-Dehkordi Z. Development and characterization of a novel cationic PEGylated niosome-encapsulated forms of doxorubicin, quercetin and siRNA for the treatment of cancer by using combination therapy. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*. 2019;47(1):1295-311.