مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید شیر فراسودمند حاوی دارچین با استفاده از سامانه نانولیپوزوم

شبنم ایمانی شاه آباد[۱]، آینازعلیزاده [۲*]، مهناز طبیبی آذر[۳]، حامد همیشه کار[٤]، لیلاروفه گری نژاد[۲]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم وصنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم وصنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاداسلامی، تبریز، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده تغذیه وعلوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

٤- استاد مرکز تحقیقات کاربردی داروئی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰ /۰٦/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۲/۲۳

کلمات کلیدی:

غذای فراسودمند،

شیر،

سامانه لیپوزومی،

دارچین.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.53

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7

* مسئول مکاتبات:

A.alizadeh@iaut.ac.ir

چکیده

دارچین به دلیل دارا بودن ترکیبات فنلی متعدد، اثرات سلامتی بخش و درمانی ثابت‌شده‌ای دارد. از طرف دیگر، استفاده از سامانه‌های حامل برای غلبه بر ناسازگاری های موجود بین ماتریکس غذا و ترکیبات زیست فعال با هدف غنی سازی مواد غذایی اهمیت ویژه‌ایی پیدا کرده است. بنابراین، جهت تولید محصولی فراسودمند و افزایش رغبت به مصرف شیر، در مطالعه حاضر شیر پرچرب غنی‌شده با دارچین توسط سامانه نانولیپوزومی به همراه هیدرولیزات زئین تهیه گردید. کارایی ریزپوشانی، ظرفیت بارگیری، اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات لیپوزوم‌های تهیه‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس میزان ترکیبات فنولی کل، فعالیت ضد اکسیدانی، شاخص رنگ، ویسکوزیته و خواص حسی شیرهای غنی‌شده در روز اول و هفتم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با شیر حاوی عصاره دارچین و شیر شاهد (بدون دارچین) مقایسه گردید. اندازه ذرات و توزیع سامانه لیپوزومی به ترتیب در محدوده ۳۷٦-٤۰۳ نانومتر و ۰/٥٤-۰/٦۳ و کارایی ریزپوشانی و ظرفیت بارگیری نیز به ترتیب بالاتر از ۸٥ و ٥۳ درصد به دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بود که افزودن دارچین با استفاده از سامانه لیپوزومی اثر معنی‌داری روی خصوصیات شیر غنی‌شده ندارد و مشابه نمونه شاهد ارزیابی شد. میزان ترکیبات فنولی و فعالیت ضد اکسیدانی شیر غنی‌شده با دارچین توسط سامانه لیپوزومی در روز هفتم بالاتر از نمونه شاهد (ترکیبات فنلی در حدود ۳٥ برابر و فعالیت ضد اکسیدانی در حدود ۷ برابر) و همچنین نمونه غنی‌شده توسط عصاره دارچین (ترکیبات فنلی در حدود ۱/٥ برابر و فعالیت ضد اکسیدانی در حدود ۲ برابر) بود. از لحاظ رنگ نیز افزودن دارچین به‌صورت عصاره منجر به کاهش روشنایی، افزایش قرمزی و افزایش زردی شیر گردید در حالیکه به‌صورت سوسپانسیون مشابه نمونه شاهد ارزیابی گردید. از لحاظ حسی نمونه غنی‌شده توسط دارچین با استفاده از سامانه لیپوزومی به دلیل عدم تأثیر منفی روی خواص حسی مشابهت بالایی با نمونه شاهد داشت و اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰٥$) بین این دو نمونه مشاهده نگردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]

[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

۱-مقدمه

امروزه جوامع بشری به دنبال آن دسته از رژیم‌های غذایی هستند که علاوه بر رفع گرسنگی، سبب بهبود سلامتی شده و از بیماری‌هایی نظیر فشار خون بالا، کلسترول بالا، افزایش وزن، بیماری‌های قلبی-عروقی و سرطان‌ها که از مهم‌ترین عوامل خطر در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه می‌باشند، جلوگیری کنند. از طرف دیگر، در دهه‌های گذشته تقاضای مصرف‌کنندگان در زمینه تولید مواد غذایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر کرده است. مصرف‌کنندگان بیشتر به غذاهایی علاقه دارند که به‌طور مستقیم به سلامتی آن‌ها کمک کنند. امروزه، نقش غذاها علاوه بر رفع گرسنگی و تأمین مواد مغذی ضروری، ممانعت از بیماری‌های وابسته به تغذیه، بهبود وضعیت سلامت و شادابی فیزیکی و ذهنی مصرف‌کننده نیز می‌باشد. در این خصوص، غذاهای فراسودمند نقش مهمی ایفا می‌کنند. تقاضای در حال رشد برای چنین غذاهایی می‌تواند با هزینه‌های در حال افزایش مراقبت بهداشتی، افزایش دائم عمر متوسط و تمایل افراد مسن برای بهبود کیفیت زندگی در ارتباط باشد [۱].

مصرف محصولات لبنی و خصوصاً شیر به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه جوامع انسانی مطرح بوده و گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد آمار مبتلایان به پوکی استخوان، فشارخون، بیماری‌های عفونی و سرطان روده بزرگ در کشورهایی که سرانه مصرف شیر در آن‌ها بالا می‌باشد، کمتر است. علاوه بر این، جوامع با مصرف بالاتر شیر نسبت به جوامع دیگر از ضریب هوشی بالاتری برخوردارند [۲]. امروزه کاهش مصرف شیر و دریافت پائین کلسیم، منجر به همه‌گیر شدن بیماری خاموش قرن یعنی پوکی استخوان در بین افراد جامعه گردیده است. به جهت افزایش رغبت به مصرف شیر به‌خصوص در کودکان، شیرهای طعم‌دار می‌تواند گزینه مناسبی باشد بطوریکه استفاده از افزودنی‌های مجاز در نوشیدنی‌های لبنی به‌منظور ایجاد تنوع در طعم و رنگ و درنتیجه افزایش سرانه مصرف و همچنین ارتقاء خصوصیات سلامتی بخش محصول مورد هدف تولیدکنندگان و محققان بوده است [۳].

دارچین با نام علمی *Cinnamomum verum* از خانواده *Lauraceae* یک درخت همیشه‌سبز کوچک با ارتفاع حدود ۱۰-۱۵ متر و متعلق به خانواده برگ‌بو می‌باشد. این درخت بومی سریلانکا و هندوستان می‌باشد و در ایران رویش ندارد [٤]. از دارچین اساساً به‌عنوان یک ادویه و طعم‌دهنده استفاده می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که ترکیب اسانس دارچین قادر است که از رشد میکروارگانیسم‌های اصلی فاسد کننده غذاها پیشگیری کند. فعالیت ضد میکروبی دارچین در ارتباط با حضور سیناماآلدهید می‌باشد که به دلیل الکترونگاتیوی بالا در سامانه‌های زیستی میکروارگانیسم‌ها دخالت کرده و با ترکیبات نیتروژن دار مانند پروتئین و اسید نوکلئیک واکنش می‌دهد و به این طریق مانع رشد میکروارگانیسم‌ها می‌گردد [۵]. علاوه بر این، دارچین در درمان نفخ، دیابت نوع ۲، تب و لرز، سرفه، کمک به هضم، سردرد، دندان‌درد، بدبویی دهان و سکسکه، عفونت مثانه، سرماخوردگی و آنفولانزا، روماتیسم و التهاب مفاصل و ترمیم زخم و رفع لک به‌کاررفته و محرک عمومی بدن بوده، جریان خون را تسریع کرده و تنفس را تحریک می‌کند. همچنین، دارچین نشاط‌آور بوده و ضد دلهره و ضد وسواس است و در قدیم در درمان جنون به کار می‌رفته است. دارچین مسکن درد عضلات بوده و تنگی نفس و سرفه را درمان می‌کند [٦, ٧]. با توجه به کاربرد دارویی گیاهان دارویی در بسیاری از کشورها، تعداد زیادی از محصولات غذایی فراسودمند از طریق افزودن این گیاهان به ماده غذایی تهیه شده‌اند [۸].

پپتیدهای زیست فعال به‌عنوان جزئی ویژه از پروتئین در نظر گرفته می‌شوند که در ساختار پروتئین غیرفعال هستند. بعد از اینکه این ترکیبات از ساختار پروتئین با استفاده از هیدرولیز آنزیمی خارج شوند ممکن است عملکردهای فیزیولوژیکی مختلفی را از خود نشان دهند. ثابت شده است که زیست فعالی پپتیدها معمولاً به‌وسیله ساختار و ترتیب اسیدهای آمینه تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. پپتیدها ممکن است خواص متفاوتی نظیر فعالیت ضد اکسیدانی، ضد لخته‌ای شدن خون، کی‌لیت کنندگی فلزات، تسکین دهندگی، ضد میکروبی، کاهنده کلسترول و کاهنده فشارخون عمل از خود نشان دهند [۹]. هیدرولیزات زئین یا پپتیدهای ذرت خواص مختلفی نظیر تسکین خستگی و مقاومت به اکسیداسیون چربی را از خود نشان داده‌اند [۱۰]. پپتیدهای مذکور به‌آسانی توسط بدن انسان جذب نمی‌شود درحالی‌که خصوصیات فیزیولوژیکی منحصربه‌فردی از خود

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

نشان می‌دهند و برخلاف زئین از حلالیت بالایی در آب برخوردارند [۱۱].

ساختار اصلی لیپوزوم‌ها از لیپیدهای قطبی به‌ویژه فسفولیپیدها تشکیل می‌شود، اگرچه مواد پایدارکننده مانند استرول‌ها نیز معمولاً در ساختار آن‌ها حضور دارند. فسفولیپیدها به‌محض واکنش با آب به‌صورت سازمان‌یافته و به فرم غشاهای دولایه‌ای تجمع می‌یابند و در اثر نیروی برشی به شکل کروی (وزیکول) درمی‌آیند. نانولیپوزوم‌ها می‌توانند هر سه گروه ترکیبات آب‌دوست، آب‌گریز و دوگانه دوست را درون‌پوشانی کنند و به دلیل سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و عدم حضور ترکیبات سمی، کاربردهای گوناگون در تحویل هدفمند دارو، لوازم آرایشی و صنایع غذایی دارند و می‌توانند به‌عنوان سامانه انتقال و تحویل مواد مولد طعم و آروما، مواد مغذی و مواد ضد میکروبی مورد استفاده قرار گیرند [۱۲, ۱۳]. در سال‌های اخیر، استفاده از نانوریزپوشانی راهکاری مفید در رفع بسیاری از دشواری‌های غنی‌سازی مواد غذایی تشخیص داده شده است و می‌توان با واردکردن این اجزاء در نانو حامل‌ها ، قابلیت پخش‌پذیری ، پایداری در مواد غذایی و بدن، کنترل رهایش در ماده غذایی و هم‌چنین دسترسی زیستی ترکیبات آب‌گریز را بهبود بخشید [۱٤, ۱۵]. از مهم‌ترین نانو حامل‌های بر پایه لیپید می‌توان به نانومولسیون، نانولیپوزوم، نیوزوم، فیتوزوم، نانوکریستال‌های چربی و حامل لیپیدی نانوساختار اشاره کرد [۱٦, ۱۷]. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای برای استفاده از نانو لیپوزوم‌ها در صنعت غذا به‌منظور غنی‌سازی اجزای زیست فعال و توسعه غذاهای فراسودمند صورت گرفته است که می‌توان به غنی‌سازی آب‌پرتقال با ویتامین E و C توسط سامانه لیپوزومی [۱۸]، غنی‌سازی شیر کم‌چرب توسط اسید لینولئیک [۱۹]، تولید نانولیپوزوم حاوی ویتامین A [۲۰]، میکرو نانوریزپوشانی بتا کاروتن در پروتئین زئین [۲۱] و غنی‌سازی ماست با بتا کاروتن [۲۲] اشاره نمود. از طرف دیگر در اکثر مطالعاتی که روی افزودن دارچین در محصولات لبنی و شیر انجام شده است از اسانس دارچین، عصاره آن و یا پودر دارچین برای تولید محصول فراسودمند استفاده‌شده است [۲۳-۲۷] و در هیچ مطالعه‌ای استفاده از سامانه لیپوزومی و اینکه استفاده از سامانه لیپوزومی چه تأثیری می‌تواند روی خواص ضد اکسیدانی دارچین داشته باشد، گزارش نشده است . بنابراین، هدف تحقیق حاضر، تولید شیر عملگرای غنی‌شده با دارچین با استفاده از سامانه لیپوزومی و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی شیر تهیه شده در مدت زمان ۷ روز نگهداری می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد

شیر پرچرب از کارخانه پگاه تهیه گردید. کلیه مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر از شرکت تجاری مرک و سیگما با درجه خلوص تجزیه‌ای تهیه شدند.

۲-۲-تهیه هیدرولیزات زئین

هیدرولیزات زئین با استفاده از روش کونگ و خیونگ (۲۰۰٦) باکمی تغییرات تهیه گردید. پودر خشک زئین با استفاده از آنزیم الکالاز در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت هیدرولیز و نسبت آنزیم به سوبسترا ۲/۵ به ۱۰۰ (گرم بر گرم) انتخاب شد [۲۸]. قبل از شروع هیدرولیز pH محلول زئین روی میزان بهینه برای فعالیت آلکالاز (pH=9) تنظیم گردید و همچنین هر ۱۰ دقیقه میزان آن با استفاده از سود ۱ مولار دوباره تنظیم شد. بعد از هیدرولیز، pH محلول با استفاده از هیدروکلریک اسید به ۷ رسانده شد و سپس محلول در ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه برای غیرفعال شدن آنزیم حرارت داده شد. در مرحله بعد محلول در g ٦۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد برای حذف مواد نامحلول سانتریفیوژ گردید و قسمت بالایی محلول سانتریفیوژ شده بعد از خشک‌کردن به‌صورت انجمادی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲-۳-تهیه نانولیپوزوم

نانولیپوزوم حاوی دارچین با استفاده از روش هیدراسیون لایه نازک و بر اساس تلفیقی از روش امجدی و همکاران (۲۰۱۸) و راستی و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات تولید گردید. فرآیند تولید لیپوزوم شامل انحلال ۹۰۰ میلی‌گرم لستین، ۲۵۰ میلی‌گرم کلسترول و ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره دارچین در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول مطلق بود. فرآیند تبخیر و تشکیل فیلم نازک در انتهای بالن ته‌گرد با استفاده از تبخیرکننده چرخان با دور ٦۰ rpm در دمای ٦۰

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

درجه سانتی‌گراد انجام گرفت به‌طوریکه میزان دارچین در نانولیپوزوم نهائی روی ۷/۵ درصد تنظیم شد. سپس فیلم خشک‌شده با استفاده از ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات نمکی (pH=7.4) حاوی ۵ mg/ml پروتئین هیدرولیز شده زئین هیدراته گردید. سپس سوسپانسیون لیپوزومی با استفاده از التراسونیک با قدرت ۷۰ درصد و مدت‌زمان ۱۰ دقیقه تحت فرآوری قرار گفت. در نهایت نانولیپوزوم تولیدشده تا زمان انجام آزمون‌ها در یخچال نگهداری شد [۲۹, ۳۰].

۲-٤-اندازه‌گیری اندازه ذرات و پتانسیل زتا

روش طیف‌بینی همبستگی فوتونی (PCS) برای اندازه‌گیری اندازه متوسط ذرات، توزیع ذرات و پتانسیل زتا استفاده گردید (Zetasizer Nano-ZS, Malvern, UK). همه اندازه‌گیری‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

۲-۵-کارایی ریزپوشانی و میزان بارگیری

به‌منظور محاسبه کارایی ریزپوشانی ابتدا دیسپرسیون نانولیپوزوم در ٤۲۰۰g برای ۱۵ دقیقه جهت جدا شدن دارچین کپسوله نشده سانتریفیوژ شد. بعد از جداسازی فازها، ۱ میلی‌لیتر از فاز بالایی جمع‌آوری و سپس ۵ میلی‌لیتر کلروفرم اضافه گردید. بعد از هم زدن کافی و گذشت زمان ۵ دقیقه، توسط کاغذ صافی ۰/٤۵ میکرومتر فیلتر شد. در نهایت جذب محلول عبور کرده از فیلتر در ۲۸۰ نانومتر توسط طیف‌سنجی نوری انجام گرفت [۳۱]. به‌صورت مشابهی دارچین موجود در لایه پائینی فاز جداشده استخراج و به‌عنوان دارچین کپسوله شده تعیین مقدار گردید. کارایی ریزپوشانی (EE%) و ظرفیت بارگیری (LC%) توسط فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند:

$$EE(\%) = \frac{(Total\ cinnamon\ amount) - (Free\ cinnamon\ amount)}{Total\ cinnamon\ amount} \times 100$$

$$LC(\%) = \frac{Encapsulated\ cinnamon\ amount}{Nanoparticles\ amount} \times 100$$

۲-٦-تولید شیر غنی‌شده با دارچین

شیر پرچرب خریداری‌شده تا حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده‌شده و سپس سوسپانسیون تهیه‌شده حاوی دارچین ریزپوشانی‌شده با دو فرمولاسیون مختلف (حاوی هیدرولیزات زئین در ساختار لیپوزوم و بدون هیدرولیزات زئین) به شیر اضافه گردید و بعد از هم زدن جزئی در دمای یخچال نگهداری شد. در مرحله بعد حدود ۲۰ گرم نانولیپوزوم به ۱۰۰ سی‌سی نمونه شیر اضافه گردید. در نهایت تیمارهای مورد بررسی شامل شیر معمولی غنی نشده (C)، شیر غنی‌شده توسط ۱/۵ درصد عصاره دارچین (FFO)، شیر غنی‌شده توسط دارچین ریزپوشانی شده در نانولیپوزوم (EC) و شیر غنی‌شده توسط دارچین ریزپوشانی شده در نانولیپوزوم حاوی هیدرولیزات زئین (CEC) بودند که در طی روزهای ۱ و ۷ نگهداری موردبررسی قرار گرفتند.

۲-٦-۱-اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته نمونه‌های تولیدشده مطابق با استاندارد AOAC با استفاده از سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد [۳۲].

۲-٦-۲- اندازه‌گیری ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته شیرهای غنی‌شده با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد انجام گرفت که به اسپیندل شماره ۱ مجهز بود و در ۱۰۰ rpm و دمای ٤ (دمای یخچال) و ۲۵ درجه سانتی‌گراد (دمای محیط) اندازه‌گیری ویسکوزیته انجام گرفت.

۲-٦-۳-شاخص‌های رنگی

رنگ نمونه‌های تولیدشده با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب مدل colorflex ساخت آمریکا ارزیابی گردید. بعد از کالیبره کردن دستگاه توسط کاشی‌های استاندارد نمونه‌های تولید شده در ظرف مخصوص دستگاه ریخته شد و سه شاخص L^*، a^* و b^* از روی صفحه دستگاه قرائت گردید. برای هر نمونه سه تکرار انجام گرفت و میانگین آن‌ها گزارش گردید [۳۳].

۲-٦-٤-اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

مقدار کل ترکیبات فنولی شیر حاوی دارچین بر اساس روش فولین سیوکالچو مورد بررسی قرار گرفت. مقدار کل ترکیبات فنولی از معادلهٔ خط رسم شده بر مبنای گالیک اسید با غلظت‌های (صفر، ۳۰، ۷۰، ۱۱۰، ۱۵۰، ۱۹۰ و ۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر در متانول ۸۰ درصد) به‌صورت معادل میلی‌گرم گالیک اسید در هر لیتر شیر بیان گردید [۳٤].

۲-٦-۵-بررسی فعالیت ضد اکسیدانی

بررسی فعالیت آنتی رادیکالی نمونه‌ها، با استفاده از رادیکال‌های پایدار DPPH مطابق با روش وگاگالوز و همکاران (۲۰۰۹)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

انجام گرفت [۳۵]. سی میکرولیتر از نمونه‌ها با ٦۰۰ میکرولیتر از محلول متانولی ۱ میلی مولار DPPH مخلوط و سپس به حجم ٦ میلی لیتر رسانده شد و بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق و محل تاریک، میزان جذب (A1) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج قرائت شد. نمونه کنترل نیز مشابه با روش ذکرشده و بدون شیر تهیه و جذب آن (A0) قرائت گردید [۳۵]. میزان فعالیت گیرندگی رادیکال با استفاده از فرمول زیر تعیین شد:

$$\text{DPPH inhibition } \% = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

۲-٦-٦-ارزیابی حسی

ارزیابی حسی انجام‌گرفته برای شیرهای تهیه‌شده شامل طعم و مزه، بو، رنگ و پذیرش کلی بود که توسط ۱۰ پنلیست نیمه ماهر (۵ زن و ۵ مرد در محدوده سنی ۲۰-۳۵ سال) برای هر نمونه در روزهای اول و هفتم به روش هدونیک پنج نقطه‌ای انجام گرفت.

۲-۷-آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفتند و نتیجه به‌صورت میانگین همراه با انحراف معیار گزارش گردید. آزمون دانکن برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. سطح معنی‌داری برای آزمایش‌ها ۵ درصد و از نرم‌افزار SAS ورژن ۹,۱ برای محاسبات آماری استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-توزیع اندازه و اندازه ذرات

اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات نانولیپوزوم حاوی دارچین در فرمولاسیون‌های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج DLS نشان داد که نانوکپسول‌های تولیدشده با دو فرمولاسیون مختلف در محدوده ۲۲۰-۵۸۰ نانومتر بودند که توزیع نسبتاً یکنواختی نشان دادند و تمامی ذرات اندازه کمتر از ۵۸۰ نانومتر داشتند.

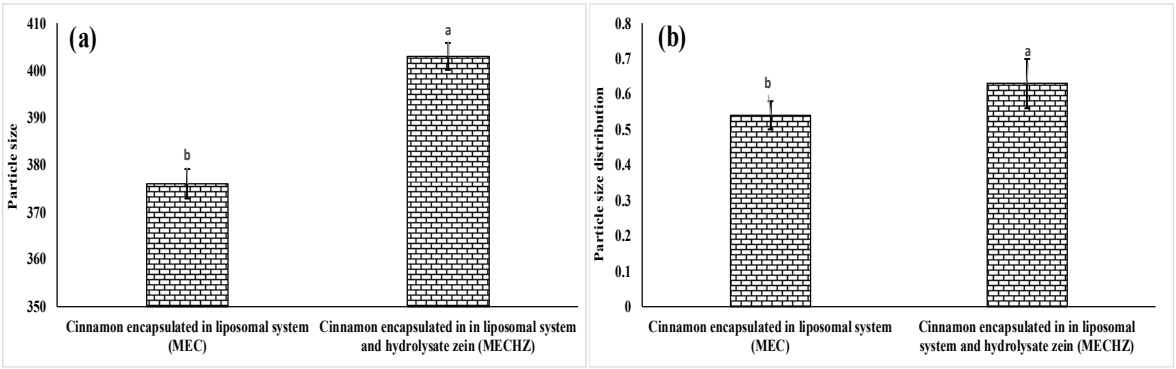

Fig 1 Particle size (a) and polydispersity index (b) of nanoliposome contained cinnamon. (Different letter indicate significant differences ($p<0.05$))

همان‌طوریکه از روی شکل ۱ مشخص است با افزودن هیدرولیزات زئین اندازه ذرات نانولیپوزوم در حدود ۷ درصد افزایش نشان داد و از ۳۷٦ به ٤۰۳ نانومتر افزایش یافت. همچنین با افزودن هیدرولیزات زئین در سامانه لیپوزومی توزیع اندازه ذرات نیز حدود ۱۷ درصد افزایش نشان داد که نشان‌دهنده افزایش غیریکنواختی در اندازه ذرات بود. سازمان استاندارد جهانی بیان کرده که توزیع اندازه ذرات کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده تک توزیعی و بیشتر از ۰/۷ نشان‌دهنده وجود چند توزیعی می‌باشد [۳٦] که نتایج تحقیق حاضر در بین این دو محدوده و مشابه نتایج گزارش‌شده در تحقیقات دیگر می‌باشد [۳۷-۳۹].

۳-۲-کارایی ریزپوشانی

کارایی ریزپوشانی نشان‌دهنده میزان دارچینی می‌باشد که در داخل سامانه لیپوزومی ریزپوشانی شده است. کارایی ریزپوشانی نه‌تنها منعکس‌کننده دارچین کپسوله نشده روی سطح نانوکپسول می‌باشد بلکه نسبت دارچین استخراج‌شده از نزدیک سطح کپسول را نیز در برمی‌گیرد [٤۰]. میزان کارایی ریزپوشانی برای تیمار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

EC و ZEC به ترتیب ۸۷/۸۲ و ۸۵/۳۵ درصد به دست آمد که کارایی ریزپوشانی نسبتاً بالایی بود. به‌عبارتی‌دیگر، در هر دو فرمولاسیون استفاده‌شده بیشتر از ۸۵ درصد دارچین اضافه‌شده در ساختار نانولیپوزوم ریزپوشانی شد و کمتر از ۱۵ درصد آن به‌صورت کپسوله نشده وجود داشت. استفاده از هیدرولیزات زئین در فرمولاسیون لیپوزوم تا حدودی منجر به کاهش قدرت کارایی ریزپوشانی گردید که این اثر کاهشی در حدود ۳/۵ درصد بود. کارایی ریزپوشانی بالا در تحقیق حاضر اشاره به کارایی بالا و اثر حفاظتی مناسب سامانه لیپوزومی و ممانعت از اثر عوامل مخرب روی ترکیبات ارزشمند دارچین می‌باشد. نتایج مشابهی در ارتباط با بازده بالا نانولیپوزوم ها در مطالعات قبلی (۸۳-۹۵ درصد) گزارش‌شده است [۲۲, ۴۱, ۴۲]. نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر کاملاً در تطابق با نتایج الیزوندو همکاران (۲۰۱۲) بود که بیان نمودند روش لیپوزومی اثر معنی‌داری روی خصوصیات فیزیکی و کارایی ریزپوشانی ترکیبات زیست فعال دارد [۴۳].

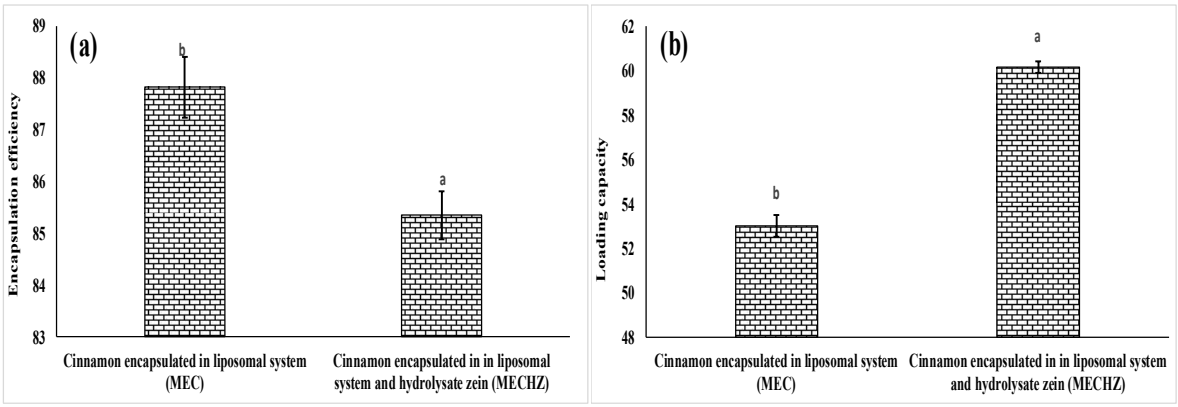

Fig 2 Encapsulation efficiency (a) and loading capacity (b) of nanoliposome contained cinnamon. (Different letter indicate significant differences ($p<0.05$))

میزان ظرفیت بارگیری که نشان‌دهنده توانائی حمل دارچین توسط سامانه لیپوزومی می‌باشد با افزودن زئین تنها در حدود ۱۳ درصد افزایش نشان داد که نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. عموماً پذیرفته شده است که کارایی ریزپوشانی و ظرفیت بارگیری در سامانه لیپوزومی می‌تواند تحت تأثیر اندازه و سطح ویژه قرار گیرد [۴۴]. با این وجود، نیروی برشی بالا و دیگر روش‌های کاهش اندازه مواد ریزپوشانی شده می‌تواند عملکرد و ساختار مواد ریزپوشانی شده را تخریب نماید. همچنین، کاهش اندازه می‌تواند منجر به کاهش کارایی ریزپوشانی مواد آب‌گریز گردد که در اثر شکسته شدن اتفاق می‌افتد. به‌هرحال یافته‌های مطالعه حاضر رابطه معکوسی بین کاهش اندازه و کارایی ریزپوشانی دارچین به‌عنوان یک ترکیب آب‌گریز نشان داد که در مطالعه راستی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابه گزارش گردیده است [۲۹].

۳-۳-اسیدیته شیر تولیدشده فراسودمند

نتایج اسیدیته شیر فراسودمند تولیدی حاکی از آن بود که افزودن دارچین به‌صورت عصاره منجر به افزایش معنی‌دار ($p<0.05$) اسیدیته در روز اول و هفتم گردید در حالیکه به‌صورت سامانه لیپوزومی اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نگردید. بااین‌حال، افزودن دارچین به‌صورت سامانه لیپوزومی تا حدودی منجر به افزایش غیر معنی‌داری ($p>0.05$) در اسیدیته گردید که نتایج نشان داده‌شده در شکل ۳ گویای این واقعیت می‌باشد. همچنین، در همه تیمارها باگذشت زمان اسیدیته افزایش نشان داد اما فقط برای تیمار شاهد این افزایش معنی‌دار بود و در بقیه تیمارها که حاوی دارچین به‌صورت عصاره و سامانه لیپوزومی بود افزایش اسیدیته معنی‌دار نبود. علت افزایش اسیدیته در تیمار شاهد احتمالاً رشد ریزسازواره‌ها و تولید اسید لاکتیک از لاکتوز بوده است که در تیمارهای حاوی دارچین به علت خاصیت ضد میکروبی دارچین [۴۵] افزایش اندکی در اسیدیته مشاهده گردید. به‌طورکلی استفاده از دارچین به‌صورت سامانه لیپوزومی تغییر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

کمتری در میزان اسیدیته شیرهای تولیدشده نشان داد و از لحاظ آماری با نمونه شاهد در روز اول و هفتم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

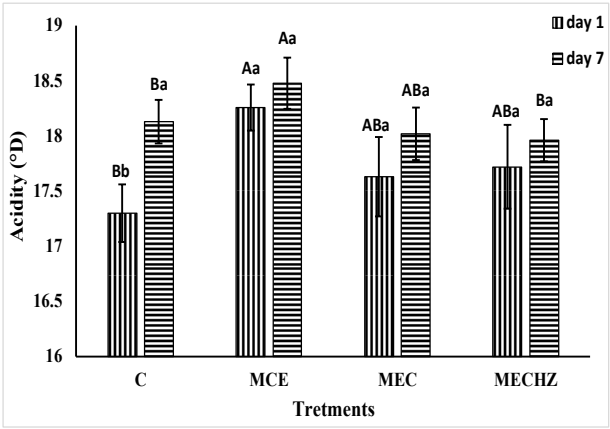

Fig 3 Change in acidity value of various treatments during storage time (C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein).
A–B Values in the same day indicate significant differences ($p<0.05$)
[a–b] Values in the same treatment indicate significant differences ($p<0.05$)

۳-٤-ترکیبات فنولی

ترکیبات فنلی به دلیل دارا بودن گروه‌های هیدروکسیلی زیاد، توانائی بالایی در ربایش رادیکال‌های آزاد دارند، به همین دلیل، جزء ترکیبات پراهمیت گیاهی محسوب می‌شوند. این ترکیبات فعالیت‌های زیستی مهمی در موجودات دارند و می‌توانند آثار سودمندی در مبارزه با بیماری‌های مرتبط با تولید رادیکال اکسیژن آزاد در بدن انسان داشته باشند [٤٦, ٤٧]. میزان ترکیبات فنولی شیر حاوی دارچین به‌صورت عصاره و لیپوزومی که در شکل ٤ نشان داده شده است حاکی از آن بود که میزان ترکیبات فنولی شیر حاوی دارچین به‌صورت لیپوزومی و عصاره در روز اول اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند اما بعد از یک هفته میزان ترکیبات فنولی در شیر حاوی سامانه لیپوزومی بالاتر بود. همچنین افزودن دارچین به دلیل داشتن ترکیبات فنولی بالا که در مطالعات مختلفی به آن اشاره شده است [٤٨-٥١] منجر به افزایش میزان ترکیبات فنولی شیر و در نتیجه خاصیت ضد اکسیدانی شیر گردید [٤٥]. ترکیبات فنولیک موجود در دارچین شامل سیناماآلدهید، کومارین، کامفن، ایگنول، سینامیک اسید، سیناساسیول و گاما ترپینن می‌باشند که وجود آن‌ها نقش ضد اکسایشی دارچین را افزایش می‌دهد [۵۲]. با توجه به نتایج شکل ٤ استفاده از سامانه لیپوزومی منجر به حفظ بهتر ترکیبات فنولی در روز هفتم گردید درحالی‌که نمونه حاوی عصاره دارچین کاهش ۳۱ درصدی نشان داد. احتمالاً دلیل این پدیده این بوده است که سامانه لیپوزومی نقش حفاظتی و پوششی روی ترکیبات فنولی دارچین نشان داده است (خصوصاً سامانه لیپوزومی حاوی هیدرولیزات زئین) در حالیکه عصاره فاقد نقش حفاظتی بوده و محتوای ترکیبات فنولی به‌راحتی تحت تاثیر عوامل مخرب از بین رفته‌اند. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران گزارش گردیده است که بیان کردند استفاده از سامانه نانولیپوزوم باعث حفظ بهتر اسید لینولنیک مزدوج در شیر نسبت به نمونه شاهد بدون درون‌پوشانی و استفاده از نانولیپوزوم گردیده بود [۱۹].

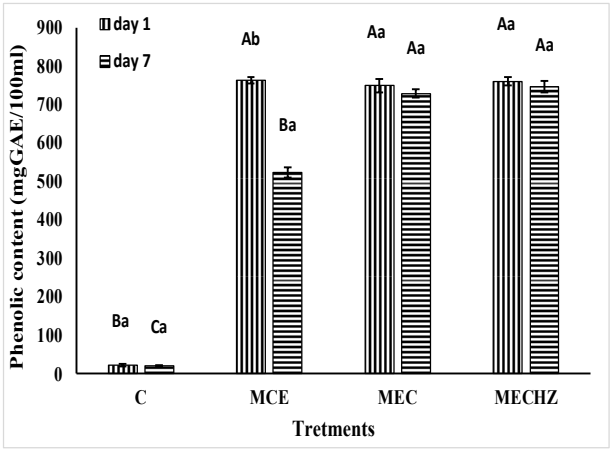

Fig 4 Phenolic content of various treatments during storage time (C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein).
A–B Values in the same day indicate significant differences ($p<0.05$)
[a–b] Values in the same treatment indicate significant differences ($p<0.05$)

۳-۵-فعالیت ضد اکسیدانی شیر تولیدشده فراسودمند

در ارتباط با تولید غذاهای غنی از پلی فنول و آنتی اکسیدان، غنی سازی با استفاده از دارچین کامل برتری بالاتری نسبت به استفاده

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

از مقادیر زیادآنتی اکسیدان تنها دارد که دلیل آن سمیت بالا و اثرات منفی آنتی اکسیدان تنها (به خاطر دز بالای مورد استفاده آن) روی سلامتی می باشد [۵۳]. اندازه‌گیری DPPH چهار نوع شیر (یک مورد شاهد و ۳ مورد حاوی دارچین) حاکی از تأثیر معنی‌دار سامانه لیپوزومی و همچنین زئین در افزایش فعالیت ضد اکسیدانی دارچین بود که نتایج نشان داده‌شده برای تیمارهای مختلف در روز ۱ و ۷ در شکل ۵ نشان داده شده است. همان-طوری‌که که مشخص است در همان روز اول بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) مشاهده گردید و تیمارهای حاوی دارچین به‌صورت عصاره و لیپوزوم دارای فعالیت ضد اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه شاهد بودند و همچنین استفاده از هیدرولیزات زئین منجر به افزایش بیشتر فعالیت ضد اکسیدانی گردید. نتایج تحقیق حاضر همخوان با سایر محققینی بود که گزارش کردند استفاده از سامانه لیپوزومی منجر به افزایش فعالیت ضد اکسیدانی ترکیبات مختلف خواهد گردید. تان و همکاران گزارش کردند که ریزپوشانی کاروتنوئید در لیپوزوم منجر به افزایش فعالیت ضد اکسیدانی کاروتنوئید گردید [٥٤]. همچنین، محققین دیگری گزارش کرده اند که غنی سازی شکلات با استفاده از نانوذرات دارچین منجر به افزایش محتوی پلی فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی شکلات گردید [۵۵].

علاوه بر این، برای دو تیمار شاهد و تیمار حاوی عصاره دارچین فعالیت ضد اکسیدانی در روز هفتم نسبت به روز اول کاهش معنی‌دار ($P<0.05$) شدیدی (به ترتیب ۵۰ و ۳۵٪ کاهش) نشان داد در حالیکه برای دو تیمار لیپوزومی کاهش فعالیت ضد اکسیدانی بعد از گذشت یک هفته معنی‌دار ارزیابی نشد و همچنین هیدرولیزات زئین در سامانه لیپوزومی منجر به حفظ بهتر فعالیت ضد اکسیدانی گردید. فعالیت ضد اکسیدانی دو تیمار MEC و MECHZ بعد از گذشت ۷ روز به ترتیب ۳/٤ و ۲/۱۵٪ کاهش نشان داد که این میزان کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. نتایج جداول ٤ و ۵ همخوان با یکدیگر بودند و ارتباط مناسبی بین محتوی ترکیبات فنولی و فعالیت ضد اکسیدانی مشاهده گردید که در مطالعات دیگری نیز گزارش گردیده است که با افزایش ترکیبات فنولی میزان فعالیت ضد اکسیدانی افزایش‌یافته است [۲۷].

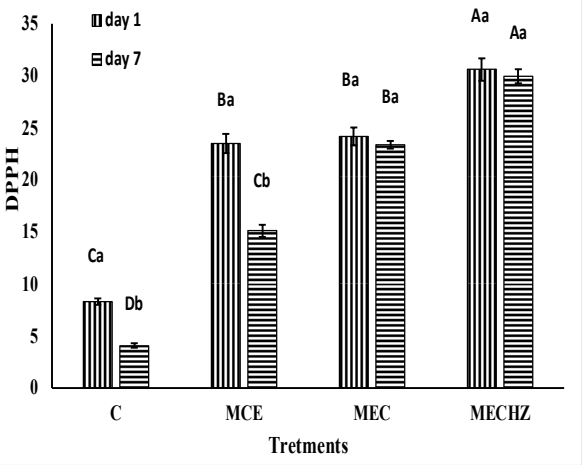

Fig 5 DPPH activity of various treatments during storage time (C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein).
A–B Values in the same day indicate significant differences ($p<0.05$)
$^{a–b}$ Values in the same treatment indicate significant differences ($p<0.05$)

نتایج تحقیق حاضر به‌خوبی نشان داد که نانوریزپوشانی به‌خوبی منجر به افزایش فعالیت ضد اکسیدانی شیر حاوی دارچین گردید و همچنین استفاده از هیدرولیزات زئین در سامانه لیپوزومی به دلیل خواص ضد اکسیدانی که دارد منجر به تقویت فعالیت ضد اکسیدانی و همچنین افزایش دوره زمانی گردید. با این وجود، اگرچه مطالعات زیادی در ارتباط با خواص آنتی اکسیدانی دارچین انجام گرفته است و ارتباط مستقیمی بین مصرف دارچین و سلامتی وجود دارد [٥٦]، اما از آنجائیکه ساختار مولکولی یک فاکتور اساسی در مهار رادیکال‌های آزاد و پتانسیل آنتی اکسیدانی دارچین در بدن انسان می باشد، باید تغییرات ساختاری در ترکیبات فنولی حاضر در سامانه لیپوزومی مورد بررسی قرار گیرد.

۳-٦-اندازه‌گیری ویسکوزیته

نتایج ویسکوزیته شیرهای غنی‌شده و نشده در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شکل ٦ نشان داده‌شده است. همان‌طوری‌که مشخص است با افزایش دما میزان ویسکوزیته در همه شیرها کاهش نشان داده است که همخوان با نتایج دیگر محققین می‌باشد [۵۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

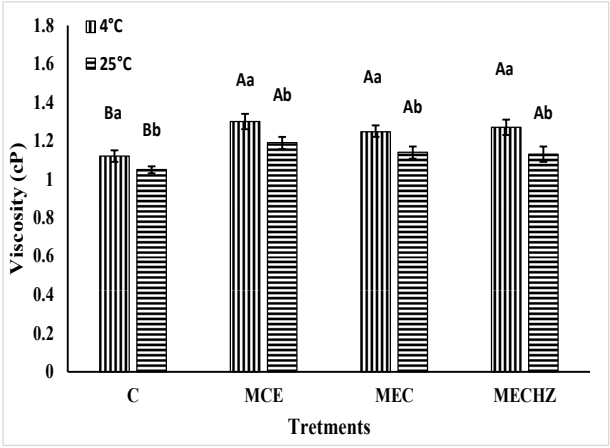

Fig 6 Viscosity of various treatments at temperatures of 4 and 25°C (C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein).
A–B Values in the same day indicate significant differences ($p<0.05$)
[a–b] Values in the same treatment indicate significant differences ($p<0.05$)

افزایش ویسکوزیته اساساً به دلیل افزایش دانسیته آب در دمای پائین و آب‌گیری میسل‌های کازئین می‌باشد [۵۸]. ویسکوزیته شیر تابع پارامترهای زیادی از قبیل pH، دما، محتوی مواد جامد و غیره می‌باشد و با افزایش محتوی چربی و کاهش دما افزایش می‌یابد [۵۹]. با افزودن دارچین به شیر به‌صورت عصاره و لیپوزوم در هر دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد ویسکوزیته افزایش معنی‌داری ($p<0.05$) نشان داد. بااین‌حال، اثر افزایشی ویسکوزیته وقتی دارچین به‌صورت عصاره اضافه شد مشهودتر بود. به‌عبارتی‌دیگر، وقتی دارچین به‌صورت عصاره به شیر اضافه گردید ویسکوزیته نسبت به حالت لیپوزومی بیشتر افزایش نشان داد. آگلومره شدن قطرات دارچین وقتی به‌صورت عصاره به شیر اضافه شود می‌تواند منجر به افزایش ویسکوزیته خصوصاً در دماهای پائین در یک سامانه کلوئیدی گردد. بنابراین ویسکوزیته شیر غنی‌شده با افزودن دارچین در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد حدود ۱٦ درصد و در دمای ۲۵ حدود ۱۳ درصد افزایش نشان داد. برای سامانه لیپوزومی نیز نتایج مشابه به دست آمد که در شکل ٦ آورده شده است.

۳-۷-شاخص‌های رنگی

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی شامل L^*، a^* و b^* که در جدول ۱ نشان داده‌شده است حاکی از آن بود که استفاده از عصاره دارچین منجر به تغییر رنگ شیر و شاخص‌های رنگی موردنظر گردید در حالیکه دارچین اضافه‌شده به‌صورت سامانه لیپوزومی شباهت بالاتری به نمونه شاهد داشت و تاثیر مخربی روی رنگ شیر نشان نداد.

Table 1 Color indices of various treatments

Treatments	Color indices		
	L^*	a^*	b^*
C	91.42±0.46a	-2.53±0.13b	2.24±0.21b
MCE	87.11±0.24b	-0.22±0.16a	2.91±0.26a
MEC	90.56±0.53a	-2.46±0.2b	2.53±0.34ab
MECHZ	90.74±0.71a	-2.61±0.11b	2.51±0.44ab

C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein.
Different letter in the same column indicates significant differences ($p<0.05$)

همانطوریکه از روی جدول ۱ مشخص است عصاره دارچین به دلیل ماهیت رنگ آن منجر به کاهش شاخص روشنایی گردید در حالیکه به‌صورت لیپوزومی اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و شیر غنی‌شده مشاهده نگردید. برای شاخص a^* که نشان‌دهنده قرمزی تیمارها بود نیز نتایج مشابه روشنایی مشاهده شد و با افزودن عصاره دارچین قرمزی نمونه افزایش یافت در حالیکه به‌صورت لیپوزومی اختلاف چندانی با شاهد مشاهده نگردید. شاخص b^* که معرف زردی تیمارها بود نیز با افزودن عصاره دارچین افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره دارچین مشاهده گردید در حالیکه اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره دارچین و سامانه لیپوزومی مشاهده نگردید.

۳-۸-ارزیابی حسی

امتیاز حسی ارزیاب‌ها برای شیرهای غنی‌شده در روزهای ۱ و ۷

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

در جدول ۲ حاکی از آن است که در تمامی خصوصیات حسی غیر از بو (در دو روز ۱ و ۷) بین نمونه غنی‌شده با عصاره دارچین و بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین بین دو تیمار سامانه لیپوزومی ساده و حاوی هیدرولیزات زئین در هیچ‌کدام از خصوصیات حسی و همچنین روزها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. پذیرش کلی که به عنوان یک فاکتور مهم ارزیابی حسی در نظر گرفته می شود حاکی از آن بود که برای همه تیمارها بین روز اول و هفتم اختلاف معنی‌دار ($p>0.05$) مشاهده نگردید و همچنین در کل دوره نگهداری بین تیمار حاوی عصاره دارچین با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار ($p>0.05$) مشاهده گردید. شمسی و همکاران نیز گزارش کردند که در شیر عسل با افزایش دارچین از ۰/۱ به ۰/۷ درصد میزان پذیرش کلی کاهش نشان داد که همخوان با نتایج تحقیق حاضر بود که دلیل آن احساس دهانی نامناسب و سرعت دوفاز شدن بالا در نمونه‌های حاوی غلظت بالای دارچین گزارش گردید [٤٥]. نتایج حسی تحقیق حاضر کاملا همخوان با نتایج قربانزاده و همکاران بود که گزارش کردند ماست غنی شده با روغن ماهی توسط سامانه لیپوزومی از لحاظ خواص حسی کاملا مشابه نمونه شاهد بود در حالیکه افزودن روغن ماهی به صورت آزاد منجر به افت معنی‌دار ($p<0.05$) تمام نمرات حسی گردید [٦٠].

Table. 2 Sensory assessments of various treatments during storage time

Treatments	Taste		Odor		Color		Overall acceptability	
	day 1	day 7	day 1	day 7	day 1	day 7	day 1	day 7
C	4.8±0.32Aa	3.9±0.42Ab	4.5±0.32Aa	4.2±0.51Aa	4.7±0.48Aa	4.7±0.48Aa	4.6±0.51Aa	4.4±0.51Aa
MCE	3.6±0.38Ba	3.7±0.63Ba	4.4±0.43Aa	4.4±0.51Aa	3.7±0.42Ba	3.3±0.51Ba	2.7±0.43Ba	2.7±0.67Ba
MEC	4.5±0.67Aa	4.6±0.67Aa	4.5±0.52Aa	4.7±0.43Aa	4.7±0.42Aa	4.5±0.51Aa	4.4±0.51Aa	4.2±0.43Aa
MECHZ	4.6±0.48Aa	4.4±0.63Aa	4.6±0.43Aa	4.6±0.51Aa	4.6±0.51Aa	4.6±0.51Aa	4.5±0.43Aa	4.3±0.51Aa

C: Control milk, MCE: milk contained cinnamon extract, MEC: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system, MECHZ: Milk contained cinnamon encapsulated in liposome system and hydrolysate zein.
A–B values in the same column indicate significant differences ($p<0.05$).
a–b values in the same row indicate significant differences ($p<0.05$).

از لحاظ حسی ریزپوشانی تأثیر معنی‌داری روی پذیرش شیرهای غنی‌شده با دارچین نشان داد که این نتایج همخوان با نتایج اجاق و حسنی (۲۰۱۸) بود که با استفاده از ریزپوشانی دارچین غنی‌سازی نان را بدون اثر مخرب روی خواص حسی انجام دادند [٦١]. در تحقیق دیگر، محمد و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که طعم شکلات حاوی نانوذرات دارچین تحت تاثیر ترکیبات مخصوص دارچین نظیر سیناماآلدهید، لینالول و بتا پینن قرار گرفت و طعم آن تغییر یافت [٥٥]. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که می‌توان غنی‌سازی شیر با دارچین را توسط سامانه لیپوزومی همراه با هیدرولیزات زئین انجام داد بدون اینکه هیچ اثر مخربی روی خواص حسی شیر داشته باشد.

٤-نتیجه‌گیری

مطالعه انجام‌گرفته نشان داد که می‌توان دارچین را صورت مؤثری توسط نانولیپوزوم حاوی هیدرولیزات زئین ریزپوشانی کرد و شیر غنی‌شده با دارچین تهیه نمود بدون اینکه طی ۷ روز نگهداری دچار تغییرات نامطلوب فیزیکوشیمیایی و حسی گردد. علاوه بر این، استفاده از هیدرولیزات زئین در سامانه نانولیپوزوم به دلیل داشتن خواص ضد اکسیدانی نقش مؤثر و مفیدی در شیر غنی‌شده توسط دارچین نشان داد. از لحاظ حسی نیز شیرهای غنی‌شده توسط سامانه نانولیپوزوم امتیازهای مشابه شیر کنترل کسب نمودند درحالی‌که نمونه حاوی عصاره دارچین کمترین امتیاز ممکن را کسب نمود. علاوه بر این، ریزپوشانی کردن دارچین در سامانه لیپوزومی منجر به افزایش خاصیت ضد اکسیدانی، مطلوبیت بالاتر رنگ و افزایش ترکیبات فنولی شیر غنی‌شده گردید. جهت ارزیابی بهتر، مطالعات بیشتری باید برای بررسی میزان رهاسازی دارچین ریزپوشانی‌شده در سامانه لیپوزومی در داخل معده و یا شرایط شبیه‌سازی شده معده انجام گیرد تا ارزش این سامانه غنی‌سازی بهتر مشخص گردد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

۵-منابع

[1] Siro, I., et al., Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. Appetite, 2008. 51(3): p. 456-467.

[2] Keshtkaran, M., et al., Effect of gum tragacanth on rheological and physical properties of a flavored milk drink made with date syrup. Journal of dairy science, 2013. 96(8): p. 4794-4803.

[3] Langendorff, V., et al., Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. Food hydrocolloids, 2000. 14(4): p. 273-280.

[4] Bhattarai, R.R. and S.K.L. Das ,Scientific Study on Indigenous Technology of Dahi Making of Eastern Nepal. Journal of Food Processing & Technology, 2013. 2013.

[5] Muche, B.M. and H. Rupasinghe, Natural antimicrobial agents of cinnamon (Cinnamomum zeylanicum L. and C. cassia) and vanilla (Vanilla planifola, V. pompona, and V. tahitensis) for extending the shelf-life of fresh-cut fruits. Ethiopian Journal of Science and Technology, 2011. 2: p. 1-13.

[6] Shravan, K., et al., In vitro anti-inflammatory and anti-arthritic activity of leaves of Physalis angulata L. Int J Pharm Ind Res, 2011. 1(3): p. 211-3.

[7] Kuhn, M.A. and D. Winston, Herbal therapy and supplements: a scientific and traditional approach. 2000: Lippincott Williams & Wilkins.

[8] Shi, J., C.-T. Ho, and F. Shahidi, Functional foods of the east. 2010: CRC Press.

[9] Sarmadi, B.H. and A. Ismail, Antioxidative peptides from food proteins: a review. Peptides, 2010. 31(10): p. 1949-1956.

[10] Zhang, F., J. Zhang, and Y. Li, Corn oligopeptides protect against early alcoholic liver injury in rats. Food and chemical toxicology, 2012. 50(6): p. 2149-2154.

[11] Zhou, K., S. Sun, and C. Canning, Production and functional characterisation of antioxidative hydrolysates from corn protein via enzymatic hydrolysis and ultrafiltration. Food Chemistry, 2012. 135(3): p. 1192-1197.

[12] Keller, B.C., Liposomes in nutrition. Trends in food science & technology, 2001. 12(1): p. 25-31.

[13] Taylor, T.M., et al., Liposomal nanocapsules in food science and agriculture. Critical reviews in food science and nutrition, 2005. 45(7-8): p. 587-605.

[14] Rao, J. and D.J. McClements, Food-grade microemulsions and nanoemulsions: Role of oil phase composition on formation and stability. Food hydrocolloids, 2012. 29(2): p. 326-334.

[15] Yang, Y., et al., Fabrication of ultrafine edible emulsions: Comparison of high-energy and low-energy homogenization methods. Food hydrocolloids, 2012. 29(2): p. 398-406.

[16] Yurdugul, S. and M.R. Mozafari, Recent advances in micro-and nanoencapsulation of food ingredients. Cell Mol Biol Lett, 2004. 9(S2): p. 64-65.

[17] Das, S. and A. Chaudhury, Recent advances in lipid nanoparticle formulations with solid matrix for oral drug delivery. Aaps Pharmscitech, 2011. 12(1): p. 62-76.

[18] Marsanasco, M., et al., Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment. Food research international, 2011. 44(9): p. 3039-3046.

[19] Marandi, A., et al., Enrichment of low-fat pasteurized milk using conjugated linoleic acid (CLA) nanoliposome. 2018.

[20] Ghanbarzadeh, B., et al., Vitamin A palimitate-loaded nanoliposomes: study of particle size, zeta potential, efficiency and stability of encapsulation. 2016.

[21] Mahalakshmi, L., et al., Micro-and nano-encapsulation of β-carotene in zein protein: size-dependent release and absorption behavior. Food & Function, 2020. 11(2): p. 1647-1660.

[22] Toniazzo, T., et al., β-carotene-loaded liposome dispersions stabilized with xanthan and guar gums: Physico-chemical stability and feasibility of application in yogurt. LWT-food science and technology, 2014. 59(2): p. 1265-1273.

[23] Hamid, O.I.A. and N.A.M. Abdelrahman, Effect of adding cardamom, cinnamon and fenugreek to goat's milk curd on the quality of white cheese during storage. International Journal of Dairy Science, 2012. 7(2): p. 43-50.

[24] Shori, A.B. and A.S. Baba, Cinnamomum

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

phoenicea L. fruit extracts. Food Chemistry, 2007. 105(3): p. 1126-1134.
[35] Vega-Gálvez, A ,.et al., Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annuum, L. var. Hungarian). Food Chemistry, 2009. 117(4): p. 647-653.
[36] Amparo, L.R., et al., Nanomaterials for food applications. 2018: Elsevier.
[37] Ghanbarzadeh, B., et al., The study of the colloidal properties of nano liposomes containing beta-carotene produced by thermal method. Iranian Journal Food Science and Technology Research, 2016. 12)5 :(p. 609-619.
[38] Bashiri, S., et al., Beta-Carotene loaded nanoliposome: effects of gama–oryzanol on particle size stability and encapsulation. Research and Innovation in Food Science and Technology, 2016. 4(4): p. 365-382.
[39] Haghjoo, S., et al., valuation of Characteristics Colloids and Antioxidant of Nanoliposomes Contains Nettle extract Journal of Food technologies, 2015. 7: p. 11-23.
[40] Hong, Y.-H. and D.J. McClements, Formation of hydrogel particles by thermal treatment of β-lactoglobulin− chitosan complexes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007. 55(14): p. 5653-5660.
[41] Carvalho, J.M.P., et al., Physico-chemical stability and structural characterization of thickened multilamellar beta-carotene-loaded liposome dispersions produced using a proliposome method. Colloid and Polymer Science, 2015. 293(8): p. 2171-2179.
[42] Lu, Q., et al., Preparation and physicochemical characteristics of an allicin nanoliposome and its release behavior. LWT-Food science and technology, 2014. 57(2): p. 686-695.
[43] Elizondo, E., et al., Influence of the preparation route on the supramolecular organization of lipids in a vesicular system. Journal of the American Chemical Society, 2012. 134(4): p. 1918-1921.
[44] Feller, S.E., K. Gawrisch, and A.D. MacKerell ,Polyunsaturated fatty acids in lipid bilayers: intrinsic and environmental contributions to their unique physical properties. Journal of the American Chemical verum improved the functional properties of bioyogurts made from camel and cow milks. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2011. 10)2 :(p. 101-107.
[25] Marhamatizadeh, et al., The study of Cinnamon effect on Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium bifidum growth in probiotic milk banana production. Journal of Food Microbiology, 2012. 4(11): p. 9.
[26] Choi, Y.J., et al., Quality and storage characteristics of yogurt containing Lacobacillus sakei ALI033 and cinnamon ethanol extract. Journal of Animal Science and Technology, 2016. 58(1): p. 1.
[27] Vidanagamage, S.A., P. Pathiraje, and O. Perera, Effects of Cinnamon (Cinnamomum verum) extract on functional properties of butter. Procedia food science, 2016. 6: p. 136-142.
[28] Li, Y., et al., Improvement of the emulsifying and oxidative stability of myofibrillar protein prepared oil-in-water emulsions by addition of zein hydrolysates. Process Biochemistry, 2017. 53: p. 116-124.
[29] Rasti, B., et al., Comparative study of the oxidative and physical stability of liposomal and nanoliposomal polyunsaturated fatty acids prepared with conventional and Mozafari methods. Food chemistry, 2012. 135)4 :(p. 2761-2770.
[30] Amjadi, S., et al., Improvement in the stability of betanin by liposomal nanocarriers: Its application in gummy candy as a food model. Food chemistry, 2018. 256: p. 156-162.
[31] Viriyaroj, A., et al., Physicochemical properties and antioxidant activity of gamma-oryzanol-loaded liposome formulations for topical use. Pharmaceutical development and technology, 2009. 14(6): p. 665-671.
[32] Ismaili, M.A., et al., Composition and microbial quality of raw camel milk produced in Morocco. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2019. 18(1): p. 17-21.
[33] Marjan, N., E. Hamid, and A. Soleiman, Application of Renneted Skim Milk as a Fat Mimetics in Nonfat Yoghurt. Food and Nutrition Science, 2011. 2: p. 541-548.
[34] Hayouni, E.A ,.et al., The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian Quercus coccifera L. and Juniperus

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects– A review. Journal of functional foods, 2015. 18: p. 820-897.
[54] Tan, C., et al., Liposome as a delivery system for carotenoids: Comparative antioxidant activity of carotenoids as measured by ferric reducing antioxidant power, DPPH assay and lipid peroxidation. Journal of agricultural and food chemistry, 2014. 62(28): p. 6726-6735.
[55] Muhammad, D.R.A., et al., Physicochemical properties and antioxidant activities of chocolates enriched with engineered cinnamon nanoparticles. European Food Research and Technology, 2018. 244(7): p. 1185-1202.
[56] Muhammad, D.R.A. and K. Dewettinck, Cinnamon and its derivatives as potential ingredient in functional food—A review. International journal of food properties, 2017. 20(sup2): p. 2237-2263.
[57] Fernandez-Martin, F., Influence of temperature and composition on some physical properties of milk and milk concentrates. II. Viscosity. Journal of Dairy Research, 1972. 39(1): p. 75-82.
[58] Kristensen, D., et al., Rheology and surface tension of selected processed dairy fluids: influence of temperature. Journal of dairy science, 1997. 80(10): p. 2282-2290.
[59] Cox, C.P., 463. Changes with temperature in the viscosity of whole milk. Journal of Dairy Research, 1952. 19(1): p. 72-82.
[60] Ghorbanzade, T., et al., Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. Food chemistry, 2017. 216 :p. 146-152.
[61] Ojagh, S.M. and S. Hasani, Characteristics and oxidative stability of fish oil nano-liposomes and its application in functional bread. Journal of Food Measurement and Characterization, 2018. 12.
Society, 2002. 124(2): p. 318-326.
[45] Shamsi, S. and N.L. Roufegari, Optimization of honey milk formula containing cinnamon using response surface methodology. 2018.
[46] Hatano, T., et al., Effects of the interaction of tannins with co-existing substances. VI.: effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Chemical and pharmaceutical bulletin, 1989. 37(8): p. 2016-2021.
[47] Thippeswamy, N.B. and K.A. Naidu, Antioxidant potency of cumin varieties—cumin, black cumin and bitter cumin—on antioxidant systems. European food research and technology, 2005. 220(5): p. 472-476.
[48] Lalami, A.E.O., et al., Evaluation of antibacterial and antioxidant effects of cinnamon and clove essential oils from Madagascar. Materials Today: Proceedings, 2019. 13: p. 762-770.
[49] Su, L., et al., Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. Food chemistry, 2007. 100(3): p. 990-997.
[50] Helal, A. and D. Tagliazucchi, Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. LWT, 2018. 89: p. 164-170.
[51] Mathew, S. and T.E. Abraham, Studies on the antioxidant activities of cinnamon (Cinnamomum verum) bark extracts, through various in vitro models. Food chemistry, 2006. 94(4): p. 520-528.
[52] Kamaliroosta, L., et al., Isolation of cinnamon extract and assessing its effect on the stability of sunflower oil. Iranian-J-Nutr-Sci-Food-Technol, 2011. 6(1): p .13-22.
[53] Shahidi, F. and P. Ambigaipalan, Phenolics

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of functional milk containing cinnamon using a nanoliposome system

Imani Shahabad, Sh.[1], Alizadeh, A. [2*], Tabibiazar, M. [3], Hamishehkar, H. [4], Roufegarinejad, L. [2]

1. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of nutrition and food sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
4. Professor, Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 08/ 29
Accepted 2022/ 03/ 14

Keywords:

Functional food,
Milk,
Liposomal system,
Cinnamon.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.53

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7

*Corresponding Author E-Mail:
A.alizadeh@iaut.ac.ir

ABSTRACT

Cinnamon has proven health and healing effects due to its numerous phenolic compounds. On the other hand, the use of nanoliposome to overcome incompatibility between bioactive compounds and food matrices targeting fortification has been widely acknowledged. Therefore, in order to produce a functional product and increase the desire to consume milk, in the present study, high-fat milk enriched with cinnamon was prepared by a nanoliposomal system with zein hydrolysate. Encapsulation efficiency, loading capacity, particle size, and particle size distribution of the prepared liposomes were evaluated and then the amount of total phenolic compounds, antioxidant activity, color index, viscosity, and sensory properties of enriched milk were evaluated on the first and seventh days. The results were compared with milk containing cinnamon extract and control milk. The particle size and distribution of the liposomal system were in the range of 376-403 nm and 0.63-0.54, respectively, and the encapsulation efficiency and loading capacity were higher than 85% and 53%, respectively. The results showed that the addition of cinnamon using the liposomal system had no significant effect on the properties of fortified milk and was evaluated similarly to the control sample. The amount of phenolic compounds and antioxidant activity of cinnamon-enriched milk by the liposomal system on the seventh day was higher than the control sample (phenolic compounds about 35 times and antioxidant activity about 7 times) and also the sample enriched with cinnamon extract (phenolic compounds about 1.5 times and antioxidant activity was about 2 times). In terms of color, the addition of cinnamon as extract decreased the L^*, increased a^* and b^* of milk, while it was evaluated similarly to the control sample as the liposomal system was used as a carrier. Sensually, enriched samples using the liposomal system due to lack of negative effect on sensory properties had a high similarity to the control sample and no significant difference was observed between the two samples.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-06]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.10.7]
[DOI: 10.52547/fsct.19.124.53]