JARC

کپسوله کردن آلیسین در نانوذرات پلیمری زیست تخریب پذیر و بررسی ویژگی‌های نانوکپسول‌ها

مهین فکور یزدان آباد[1*]، قدیر رجب زاده[2] و سعید تقوایی گنجعلی[3]

۱- دانشجوی دکترای شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار شیمی آلی، گروه نانوفناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۳- استاد شیمی آلی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: بهمن ۱۳۹۳، بازنگری: اردیبهشت ۱۳۹۴، پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۴

چکیده: در این مطالعه آلیسین در نانوذرات پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر، به روش پیش ژل شدن یونوتروپیک کپسوله شد. میانگین اندازه نانوکپسول‌ها و بازده کپسولی آن‌ها با توجه به عامل‌های فرایند ساخت از جمله غلظت زیست پلیمر کیتوسان، غلظت زیست پلیمر آلژیناتو pH محلول کمپلکس پلی الکترولیت، مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه‌ها نشان داد که افزایش غلظت کیتوسان و آلژینات و هم‌چنین کاهش pH، سبب افزایش اندازه ذرات و کاهش میزان بازده کپسولی می‌شود. گستره مناسب برای غلظت کیتوسان ۰٫۷۵ تا ۱٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای غلظت آلژینات ۲٫۶ تا ۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود و pH مناسب برای به‌دست آمدن اندازه ذرات کوچک‌تر با بازده کپسولی بیشتر بین ۴٫۷ تا ۵٫۷ بود. سپس نانوکپسول‌های به‌دست آمده به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: آلیسین، پلیمر زیست‌تخریب‌پذیر، کیتوسان، سدیم آلژینات، کپسوله شدن

مقدمه

آلیسین ماده اصلی به‌دست آمده از گیاه سیر است که دارای ویژگی‌های زیستی متفاوت از جمله ویژگی‌های ضد انگل، ضد فشارخون، ضدالتهاب و ضدسرطان است [۱ و ۲]. آلیسین دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های ضد باکتری‌های گرم مثبت و منفی مانند اشرشیاکلی، سالمونلا، استافیلوکوک، استرپتوکوک، باسیلوس، کلستریدیوم، سل و عفونت‌های هلیکوباکترپیلوری است [۳ تا ۷]. آلیسین موجود در گیاه سیر می‌تواند به‌عنوان یک مکمل غذایی و جهت پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرد. اما آلیسین یک ترکیب فرار، ناپایدار و واکنش پذیر بوده و به آسانی می‌تواند باعث تحریکات موکوس معده انسان شود و نیز به دلیل داشتن نیم‌عمر زیستی کوتاه و ایجاد نوسانات قابل توجه در پلاسما و متابولیسم عبور اول بسیار سریع آن، فراهمی زیستی کمی دارد [۸ تا ۱۵]. هم‌چنین بو و طعم نامطبوع آلیسین باعث عدم تمایل به استفاده از آن می‌شود. این موارد عوامل محدود کننده استفاده از آلیسین در صنایع غذایی و دارویی هستند. در نتیجه برای اصلاح آلیسین باید شرایط ویژه‌ای به‌کار گرفته شود. برای این منظور می‌توان از روش کپسوله کردن استفاده کرد.

کپسوله کردن فرایندی است که در آن اجزای جامد، مایع و گاز درون کپسول‌های کوچک گنجانده می‌شوند و می‌توان محتویاتشان را با سرعت کنترل شده و تحت شرایط خاص آزاد کرد

*عهده‌دار مکاتبات: m_fakoor@iau-tnb.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

[۱۶ و ۱۷]. نانوکپسوله کردن آلیسین باعث بهبود توزیع زیستی و افزایش قابلیت فراهمی زیستی آن می‌گردد [۱۸]. با کپسوله کردن آلیسین با زیست‌پلیمرها، می‌توان مزه و بوی آلیسین را حفظ کرد و در نتیجه مدت زمان ماندگاری محصول را افزایش داد. زیست‌پلیمرهای مورد استفاده در این مطالعه کیتوسان و آلژینات می‌باشند. کیتوسان یک پلی آمینو ساکارید کاتیونی است که به دلیل داشتن ویژگی‌های سودمند زیستی مانند زیست سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری، عدم سمیت و عدم تحریک سامانه ایمنی در سامانه دارورسانی آهسته رهایش مورد توجه قرار گرفته است و می‌تواند برای آماده‌سازی محصولات کمپلکس پلی الکترولیت با پلی آنیون‌های طبیعی مانند آلژینات به کار رود [۱۹]. آلژینات‌ها نیز همانند کیتوسان از پلیمرهای طبیعی جزء گروه پلی ساکاریدها هستند. آلژینات‌ها ویژگی‌های امولسیفایری و پایدارکنندگی دارند و می‌توان در کپسوله کردن مواد غذایی و دارویی از آن‌ها استفاده کرد [۲۰ و ۲۱].

هدف ما دراین مطالعه نانو کپسوله کردن آلیسین برای حفظ بو و طعم و افزایش پایداری و مدت زمان ماندگاری و نیز افزایش قابلیت فراهمی زیستی و توزیع زیستی آن در بدن است. بدین منظور آلیسین (عصاره آبی استخراج شده از پودر سیر)، در سامانه کیتوسان/ آلژینات به روش پیش ژل شدن یونوتروپیک کپسوله شد. پس از ساخت ریزکپسوله‌ها به بررسی ویژگی‌های آن‌ها پرداخته شد و نانوکپسول‌ها به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) شناسایی شدند و اندازه ذرات با استفاده از روش پراکندگی نور دینامیکی (DLS) به‌دست آمد. جهت اندازه‌گیری میزان آلیسین در نمونه‌ها از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) استفاده شد.

بخش تجربی

مواد شیمیایی

کیتوسان با گرانروی پایین از شرکت سیگما آلدریچ و کلسیم کلرید دوآبه از شرکت مرک آلمان و سدیم آلژینات از شرکت لوباکم هندوستان خریداری شدند. حبه‌های سیر تازه از شهرستان همدان در ایران تهیه شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده با درجه خلوص بالا از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. برای تهیه کلیه محلول‌ها از آب یون‌زدایی شده استفاده شد.

دستگاه‌ها

از دستگاه HPLC مدل (Waters, USA- pump 600 controller; 2487 Dual l absorbance detector; 717 plus autosampler) و ستون (Shimadzu C18 - 250 x 4.6 mm) استفاده شد.

اندازه ذرات به کمک دستگاه پراش دینامیکی نور مدل Nano-zs ساخت شرکت مالورن انگلستان اندازه‌گیری شد.

شکل ظاهری و اندازه کپسول‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) مدل (MIRA\\TESCAN) مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها

آماده‌سازی عصاره آبی سیر

برای تهیه عصاره آبی حاوی آلیسین، حبه‌های سیر تازه تهیه و پوست کنده شد و در داخل آون با دمای ۵±۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. سپس سیر خشک شده با آسیاب پودر شد. ۱۲۰ میلی‌لیتر آبیون زدایی شده به ۱۶ گرم پودر سیر افزوده شد و مخلوط به‌دست آمده با حمام فراصوت در ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه یکنواخت گشت وآن را به مدت یک شبانه روز، در داخل یک ظرف در بسته در محیط تاریک قرار داده شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی به‌دست آمده از سانتریفیوژ استرلیزه شد و مقدار آلیسین موجود در آن به کمک دستگاه HPLC، طبق روش فارماکوپه اندازه‌گیری شد.

آماده‌سازی نانوذرات آلژینات/کیتوسان برپایه هیدروژل

برای تهیه نانو ذرات آلژینات/کیتوسان به روش پیش ژل شدن یونوتروپیک ابتدا محلول آبی آلژینات سدیم تهیه شد و سپس

Archive of SID
www.SID.ir

pH محلول با کلریدریک اسید به مقدار ۵ تا ۵٫۳ رسید و محلول کیتوسان با استیک اسید ۱٪ نیز تهیه شد و pH آن با سود ۰٫۱ نرمال به مقدار ۵٫۴ تا ۵٫۷ رسید. محلول آبی حاوی آلیسین از پودر سیر طبق روش توضیح داده شده پس از دو مرحله سانتریفیوژ، تهیه شد. نانوذرات طبق روشی که Rajaonarivony برای آماده‌سازی نانو ذرات پلی آل لیزین- آلژینات به کار برده بود [۲۲]، تهیه شدند.

کلسیم کلرید آبی با غلظت مشخص بسته به غلظت محلول آبی سدیم آلژینات، قطره قطره به ۱۰ میلی‌لیتر محلول آبی سدیم آلژینات افزوده شد، در حالی‌که محلول با دور ۱۲۰۰ دور بر دقیقه بر روی همزن همزده می‌شد و پس از نیم ساعت پیش ژل کلسیم آلژینات به‌دست آمده شد. پس از افزودن ۴ میلی‌لیتر محلول آبی کیتوسان به پیش ژل کلسیم آلژینات، pH محلول تنظیم شد و به مدت یک ساعت همزده شد تا این‌که یک سوسپانسیون شیری رنگ به‌دست آمده، سپس سوسپانسیون به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در حالت تعادل باقی ماند تا نانوکپسول‌های با اندازه یکنواخت به‌دست آمد.

آماده‌سازی نانوذرات آلیسین بارگذاری شده در کیتوسان و آلژینات

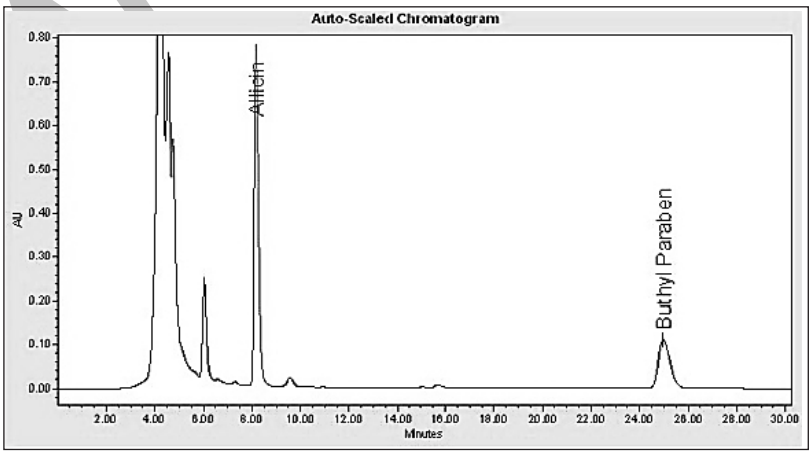
به منظور بارگذاری آلیسین در داخل نانوذرات آلژینات و کیتوسان، ۲ میلی‌لیتر از محلول حاوی آلیسین با غلظت مشخص به محلول کلسیم کلرید آبی افزوده شد و بقیه موارد همانند آماده‌سازی نانوذرات آلژینات/کیتوسان برپایه هیدروژل انجام شد.

تعیین مقدارکمی آلیسین

مقدار کمی آلیسین موجود در نمونه‌ها با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با روش ذکر شده در فارماکوپه بریتانیا اندازه‌گیری شد [۲۳]. برای اندازه‌گیری آلیسین با دستگاه HPLC از استاندارد داخلی بوتیل پاراهیدروکسی بنزوات استفاده شد. فاز متحرک عبارت بود از ترکیب ۶۵ درصد متانول و ۳۵ درصد محلول فرمیک اسید بدون آب (v/v)۱٪ با جریان ۱٫۵ میلی‌متر بر دقیقه که ثبت در طول موج ۲۵۴ نانومتر انجام شد. استاندارد داخلی نیز از حل کردن ۲۰ میلی‌گرم بوتیل پارا هیدروکسی بنزوات در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول-آب ۵۰ به ۵۰ به دست آمد. برای تعیین مقدار آلیسین در هر نمونه، ۵ میلی‌لیتر از هر نمونه به ۰٫۵ میلی‌لیتر از محلول استاندارد داخلی در یک بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری افزوده شد و با فاز متحرک تا حجم ۱۰ میلی‌لیتر رقیق شد. محلول به‌دست آمده هم زده شد و به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ و صاف شد و درنهایت ۵۰ میکرو لیتر از محلول آماده شده جهت تزریق به دستگاه استفاده شد. مقدار آلیسین موجود در هر نمونه از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\text{آلیسین درصد } (\mu g/ml) = (S_a/S_b) \times Cs \times (V_2/V_1) \times ۸٫۶۵ \quad (۱)$$

در این رابطه، S_a مربوط به سطح زیر منحنی مربوط به آلیسین، Sb مربوط به سطح زیر منحنی مربوط به بوتیل پاراهیدروکسی بنزوآت،



شکل ۱ کروماتوگرام آلیسین و استاندارد داخلی در محلول نمونه

www.SID.ir
Archive of SID

Cs مربوط به غلظت بوتیل پارابن در محلول استاندارد (۱۰µg/ml) V_1 حجم مربوط به هر نمونه مورد آزمون (۵ میلی‌لیتر)، V_2 حجم محلول نهایی پس از افزودن محلول استاندارد و فاز متحرک (۱۰ میلی‌لیتر) است. کروماتوگرام HPLC مربوط به آلیسین و استاندارد داخلی (IS) در شکل ۱ آورده شده است.

تعیین اندازه ذرات

سوسپانسیون نانو ذرات بدون رقیق‌سازی جهت اندازه‌گیری سایز ذرات استفاده شد و نتایج بر اساس قطر حجم میانگین کپسول‌ها گزارش شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در دمای اتاق و سه بار تکرارصورت پذیرفت.

تعیین میزان بازده کپسولی

میزان بازده کپسولی نانوذرات به‌وسیله جداسازی آلیسین بارگذاری شده در کپسول‌های آلژینات/کیتوسان، از محیط آبی شامل آلیسین آزاد توسط سانتریفیوژ با دور ۱۲۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد.

آلیسین بارگذاری شده در داخل کپسول‌ها از تفاوت بین مقدار کلی آلیسین استفاده شده برای آماده‌سازی و مقدار آلیسین آزاد که در محلول رویی وجود دارد محاسبه شد. اندازه‌گیری میزان آلیسین آزاد در محلول رویی به روش HPLC انجام شد. بازده کپسولی طبق فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (آلیسین کلی)/(آلیسین کلی – آلیسین آزاد)= بازده کپسولی

ریخت‌شناسی نانو کپسول‌ها

بدین منظور یک قطره از سوسپانسیون حاوی نانوکپسول‌ها بر روی فویل آلومینیم ریخته شد و در دمای۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و پس از این‌که نمونه با طلا پوشش داده شد، تصاویر به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی به دست آمد.

نتیجه‌ها و بحث

نتیجه‌ها

آنالیز اندازه ذرات

اندازه و نحوه پراکنش ذرات متفاوت با استفاده از دستگاه تجزیه اندازه ذرات محاسبه شد و نتیجه‌های مربوط در جدول ۱ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری بازده کپسولی

بازده کپسولی نانوکپسول‌های تهیه شده با توجه به عامل‌های فرایند ساخت از جمله غلظت زیست پلیمر کیتوسان، غلظت زیست پلیمر آلژینات و pH محلول کمپلکس پلی الکترولیت، مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه‌های مربوط به آن در جدول شماره ۱ آورده شده است.

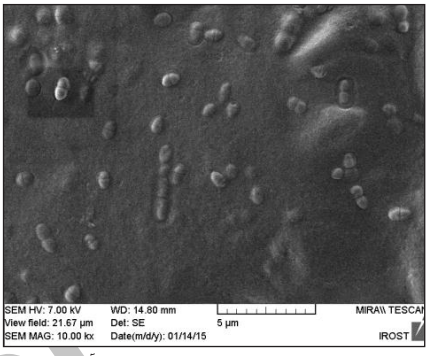
جدول ۱ نتیجه‌های به‌دست آمده از تجزیه اندازه ذرات و میزان بازده کپسولی

تعداد آزمایش‌ها	غلظت کیتوزان (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)	غلظت آلژینات (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)	pH محلول	اندازه ذرات (نانومتر)	بازده کپسولی(٪)
۱	۰/۷۵	۲/۶	۵/۷	۱۶۲± ۱۷	۷۰/۴۸±۲/۴۷
۲	۰/۷۵	۲/۶	۴/۷	۱۸۵± ۲۲	۶۸/۵۷±۲/۸۵
۳	۰/۷۵	۲/۶	۳/۷	۲۲۲±۱۸	۶۳/۴۳±۳/۸۵
۴	۱/۵	۳	۵/۷	۲۴۴±۲۳	۷۱/۲۸±۲/۷۹
۵	۱/۵	۳	۴/۷	۳۰۹±۲۳	۶۶/۰۶±۲/۸۵
۶	۱/۵	۳	۳/۷	۴۱۶±۲۴	۵۹/۲۴±۲/۰۷
۷	۲/۵	۳/۴	۵/۷	۶۲۴±۲۵	۶۷/۷۷±۳/۷۱
۸	۲/۵	۳/۴	۴/۷	۶۸۸±۳۱	۶۴/۲۴±۳/۱۶
۹	۲/۵	۳/۴	۳/۷	۸۸۵±۲۹	۵۶/۰۲±۳/۲۰

www.SID.ir
Archive of SID

بررسی ریخت نانو کپسول‌ها

تصویر FE-SEM نانو کپسول تهیه شده به روش پیش ژل یونوتروپیک در شکل ۲ آورده شده است. مشاهده‌های به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که کپسول‌های تشکیل شده همگی کروی شکل و دارای سطح یکنواخت هستند.



شکل ۲ تصویر FE-SEM نانو کپسول آلیسین

بحث

بررسی اثر غلظت زیست‌پلیمرهای کیتوسان و آلژینات بر اندازه ذرات

غلظت نهایی زیست‌پلیمرها برای مطالعه نانوکپسول‌های کیتوسان و آلژینات، پس از انجام چندین پیش آزمون انتخاب شد. جهت تهیه ریز کپسوله هاغلظت کیتوسان بین ۰٫۷۵ تا ۲٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و غلظت آلژینات بین ۲٫۶ تا ۳٫۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر انتخاب شد و غلظت کلسیم کلرید با توجه به این اصل که تعداد واحدهای پلیمر سدیم آلژینات باید با تعداد واحدهای عامل پیوند عرضی کلسیم کلرید به یک نسبت باشد انتخاب شد. کپسول‌ها با غلظت‌های متفاوت از کیتوسان و آلژینات تهیه شدند و اندازه آن‌ها به کمک دستگاه DLS اندازه‌گیری شد. نتیجه‌های به‌دست آمده، اندازه ذرات بین ۱۶۲ تا ۸۸۵ نانومتر با شاخص پراکندگی بین (۰٫۲۲ تا ۰٫۴۲۸) را نشان داد که کوچک‌ترین اندازه ذرات مربوط به غلظت ۰٫۷۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کیتوسان و ۲٫۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیترآلژینات و بزرگ‌ترین اندازه ذرات مربوط به غلظت ۲٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کیتوسان و ۳٫۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر آلژینات بود. نتیجه‌ها نشان داد که، همان‌طور که پیش از این هم توسط Calvo و همکارانش [۲۴] گزارش شده است، اندازه ذرات به غلظت پلیمر کیتوسان و آلژینات بستگی دارد و اندازه ذره کمتر مربوط به غلظت کمتر کیتوسان و آلژینات و اندازه ذره بیشتر مربوط به غلظت بیشتر کیتوسان و آلژینات است و در شرایط یکسان با افزایش غلظت زیست پلیمرها، اندازه ذرات افزایش می‌یابد. این نتیجه‌ها تایید می‌کند که نانو ذرات کوچک‌تر هنگامی که دسترسی به گروه‌های عاملی هر دو پلیمر برای برهم‌کنش، به نسبت استوکیومتری است، به‌دست می‌آیند.

بررسی اثر pH محیط بر اندازه ذرات

برای تهیه ریز کپسوله‌ها، گستره pH محیط از ۷٫۳ تا ۷٫۵ مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه‌های به‌دست آمده از تغییرات pH موید گزارش دیگر پژوهشگران بوده است و نتیجه‌ها نشان داد که در pH برابر با ۵٫۷ کمترین اندازه ذرات به‌دست می‌آید و با کاهش pH از ۵٫۷ به ۳٫۷ اندازه ذرات افزایش می‌یابد. پیش از این، Douglas و Tabrizian [۲۵] اثر pH بر روی تشکیل نانو ذرات کیتوسان و آلژینات را مطالعه کرده بودند. آن‌ها گزارش کردند که محلول آلژینات با pH برابر با ۵٫۳ هنگامی که با کیتوسان با pH برابر با ۵٫۵ ترکیب می‌شود، ذرات ریزتری به‌دست می‌آید، زیرا استفاده از محلول آلژینات با گستره pH بین ۵ تا ۵/۳ اجازه می‌دهد تا برهمکنش قوی تری بین کیتوسان و آلژینات انجام و درنتیجه ذرات ریزتری تشکیل شود. افزون بر این Sarmento و Dumitiu [۲۶] پیش از این، بیان کرده‌اند که در گستره pH بین ۵٫۱ تا ۵٫۷ گروه‌های آمین کیتوسان پروتونه و گروه‌های کربوکسیل آلژینات یونیزه می‌شوند که این امرمنجر به ایجاد یک برهم‌کنش مطلوب و تشکیل کمپلکس پلی الکترولیت می‌شود.

بررسی اثر pH و غلظت بیو پلیمرهای کیتوسان و آلژینات بر بازده کپسولی

نتیجه آزمایش‌های ما نشان داد که در pH ثابت ۵٫۷، بیشترین میزان بازده کپسولی (۷۱٪) مربوط به غلظت ۱٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کیتوسان و ۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر آلژینات است و

Archive of SID
www.SID.ir

کمترین میزان بازده کپسولی مربوط به بیشترین غلظت کیتوسان و آلژینات است. با توجه به جدول نتیجه‌های مشاهده می‌شود که کمترین بازده کپسولی (۵۶٪) مربوط به pH برابر با ۳٫۷ و غلظت ۲٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کیتوسان و ۳٫۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر آلژینات است و دلیل این امر این است که PKa سدیم آلژینات ۳٫۳۸ است. در مقدارهای pH نزدیک به این مقدار، بخش قابل توجهی از سدیم آلژینات شروع می‌کند به رسوب کردن و در نتیجه آلژینات کمتری برای تشکیل نانو ذرات در دسترس خواهد بود [۲۵].

نتیجه گیری

در این مطالعه نانوکپسول‌های آلژینات/کیتوسان حاوی آلیسین به روش پیش ژل شدن یونوتروپیک تهیه شدند و اثر سه متغیر غلظت کیتوسان، غلظت آلژینات و pH محیط بر روی اندازه ذرات و میزان بازده کپسولی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش غلظت کیتوسان و آلژینات سبب افزایش اندازه ذرات و کاهش میزان بازده کپسولی وکاهش pH نیز منجر به افزایش اندازه ذرات و کاهش بازده کپسولی می‌شود. گستره مناسب برای غلظت کیتوسان ۰٫۷۵ تا ۱٫۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیترو برای غلظت آلژینات ۲٫۶ تا ۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود و pH مناسب برای به‌دست آمدن اندازه ذرات کوچک‌تر با بازده کپسولی بیشتر، گستره pH بین ۴٫۷ تا ۵٫۷ بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه نانوفناوری مواد غذایی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی مشهد برای فراهم کردن تمامی امکانات آزمایشگاهی و نیز از شرکت داروسازی امین در اصفهان، برای ارایه امکانات دستگاه HPLC تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] Cho, S.J.; Rhee, D.K.; Pyo, S.; J. Nutrition, 22, 1177–1184, 2006.
[2] Arzanlou, M.; Bohlooli, S.; J. Food Chemistry, 120, 179–183, 2010.
[3] Ankri, S.; Mirelman, D.; J. Microbes and Infection, 16, 356–362, 1999.
[4] Bakri, L.M.; Douglas, C.W.I.; J. Archives of Oral Biology, 50, 645–651, 2005.
[5] Bendahou, M.; Muselli, A.; Grignon, D.M.; J. Food Chemistry, 106, 132–139, 2008.
[6] Miron, T.; Rabinkov, A.; Mirelman, D.; Wilchek, M.; Weiner, L.; J. Biochimica et Biophysica Acta-Biomembranes, 1463, 20–30, 2000.
[7] Miron, T.; Wilchek, M.; Sharp, A.; Nakagawa, Y.; Naoi, M.; Nozawa, Y.; J. The Journal of Nutritional Biochemistry, 19, 524–535, 2008.
[8] Sticher, O.; J. Deutsche Apotheker-Zeitung, 403–413, 1991.
[9] Ilić, D.P.; Nikolić, V.D.; Nikolić, Lj.B.; Stanković, M.Z.; Stanojević, Lj.P.; J. Hemijska industrija, 6 (2), 85-93, 2010.
[10] Shadkchan, Y.; Shemesh, E.; Mirelman, D.; Miron, T.; Rabinkov, A.; Wilchek, M.; Osherov, N.; J. Antimicrob.Chemother, 53, 832-836, 2004.
[11] Cai, Y.; Wang, R.; Pei, F.; J. Antibiotics, 60, 335–338, 2007.
[12] Curtis, H.; Noll, U.; Stormann, J.; Slusarenko, A.J.; J. Physiological and Molecular Plant Pathology, 65, 79–89, 2004.
[13] Harris, J.C.; Cottrrell, S.; Plummer, S.; Lloyd, D.; J. Applied Microbiological and Biotechnology, 57, 282–286, 2001.
[14] Baghalian, K.; Ziai, S.A.Z.; Naghavi, M.R.; Naghdi Badi, H.; Khalighi, A.; J. Scientia

Archive of SID

www.SID.ir

Horticulturae, 103, 155–166, 2005.
[15]Ruddock, P.S.; Liao, M.; J. Phytotherapy Research, 19, 327–336, 2005.
[16]Moreau, D.L.; Rosenberg, M.; J. Food Sci., 61,39-43, 1996.
[17]Shahide, F.; Han, X.Q.; Crit. Rev. in Food Sci. Nutr., 1993.
[18]FLORA, G.; GUPTA, D.; TIWARI, A.; J. Interdiscip Toxicol, 5(2), 47–58, 2012.
[19]Gupta, K.C.; Kumar, R.; J. Biomaterials, 21, 1115-1119, 2000.
[20]Takka, S.; Ocak, O.H.; Acartu, F.; European Journal of Pharmaceutical Sciences, 6, 241–246, 1998.
[21]Silva, C.M.; Ribeiro, A.J.; Figueiredo, I.V.; Gonçalves, A.R.; Veiga, F.; International Journal of Pharmaceutics, 311(1-2), 27, 2006.
[22]Rajaonarivony, M.; Vauthier, C.; Couarraze, G.; J. Pharm Sci, 82, 912–917, 1993.
[23]British Pharmacopoeia, Garlic, Stationery Office, London, 49-50, 2000.
[24]Calvo, P.; Remunan-Lopez, C.; Vila-Jato, J.L.; Alonso, M.J.; J. Appl. Polym. Sci, 63, 125–132, 1997.
[25]Sarmento, B.; Ferreira, D.; Veiga, F.; Ribeiro, A.; J. Carbohydrate Polymers, 66, 1-7, 2006.
[26]Douglas, K.L.; Tabrizian, M.; J. Biomater. Sci. Polym. Ed., 16, 43-56, 2005.

Archive of SID

www.SID.ir

JARC

Encapsulation of allicin into biodegradable polymeric nanoparticles and characterization of nanocapsules

M. Fakoor-Yazdan-Abad[1,*], Gh. Rajabzadeh[2] and S. Taghvaei-Ganjali[3]

1. PhD student in Applied Chemistry, Department of Chemistry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Associate Prof. of Organic Chemistry, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
3. Prof. of Organic Chemistry, Department of Chemistry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Recieved: February 2015, Revised: May 2015, Accepted: May 2015

Abstract: In this study, allicin was encapsulated into the biodegradable polymers by ionotropic pre-gelation method. The particle size and encapsulation efficiency of the encapsulated allicin were assessed with consideration of three variables including concentration of chitosan, concentration of sodium alginate, and pH of solution. The results showed that with increasing the concentration of chitosan and sodium alginate, the particle size increases and the encapsulation efficiency decreases and also decreasing the pH caused to the increasing of the particle size and decreasing of the encapsulation efficiency. The appropriate range for concentration of chitosan and sodium alginate was between 0.75 to1. 5 and 2.6 to 3 mg/ml, respectively. The pH between 4.7 and 5.7 was acceptable pH at which we had smaller particles and higher encapsulation efficiency. Nanoparticles were characterized using Field emission scanning electron microscopy (FE-SEM).

Keywords: Allicin, Biodegradable polymer, Chitosan, Sodium alginate, Encapsulation

Archive of SID

*Corresponding author Email:m_fakoor@iau-tnb.ac.ir

www.SID.ir