نانو تکنولوژی

تولید کپسـول زئین حاوی رنگ چغندر قرمز

سیدمحمدجواد مرتضوی [1] / فرزانه علی‌حسینی [1] / حسین توانایی [1]

چکیده

استفاده از رنگدانه‌های طبیعی به علت زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و قابلیت دسترسی زیستی بالای آنها، افزایش چشمگیری داشته است. در این میان، طیفی از این رنگدانه‌ها دارای فعالیت ضداکسندگی، ضدسرطانی و ضدمیکروبی هستند که در تماس با اکسیژن هوا، سریعاً اکسید میشوند. یک روش برای جلوگیری از این پدیده، کپسول کردن مواد فعال در پوست های محافظ است تا در زمان و مکان مناسب، این پوسته تخریب شده و مواد فعال رهایش یابند. در این تحقیق هدف کپسول‌سازی مواد مؤثر آرایشی بهداشتی و پزشکی و بار گذاری آن روی پارچه است.

به عنوان مدل رنگدانه چغندر قرمز در پوسته‌ای از زئین توسط دو روش امولسیون-انتشار و الکترواسپری کپسول شد. کپسول‌های تولید شده توسط ارزیابی‌های ، FT-IR SEM ، پتانسیل زتا و مشخصه‌های رنگی سه‌گانه بررسی شدند. بر این اساس کپسو ل‌های تولید شده توسط روش الکترواسپری، سطحی کروی با میانگین انداز ه ۳۰۳ نانومتر دارند و پتانسیل زتای آنها منفی ۳ / ۳۸ میلی‌ولت است

۱- مقدمه

کپسول‌سازی شامل حبس ترکیب مورد نظر در ماده دیگر است.

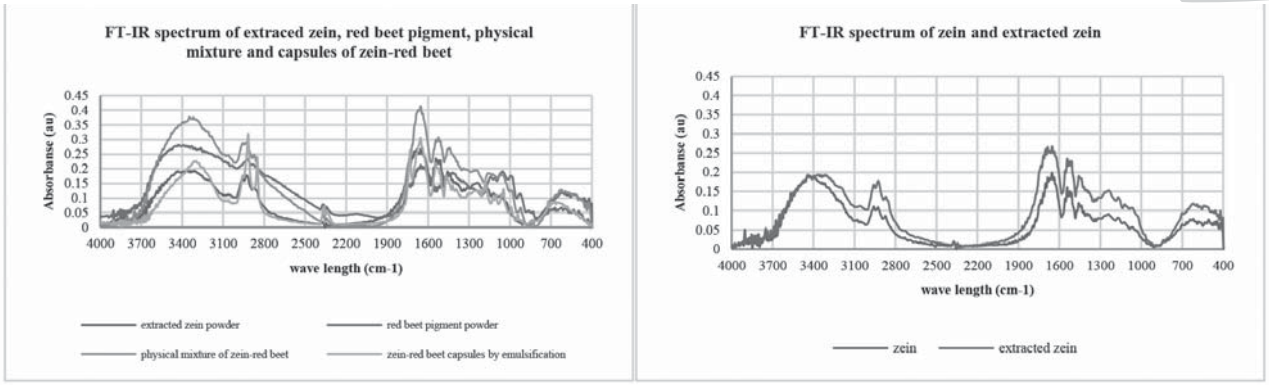
کپسول‌سازی، می‌تواند خواص نامطلوب یک ماده مانند انحلال کم در آب، تخریب در برابر نور، اکسیژن، pH و رطوبت محیط را بهبود بخشد. کپسول‌سازی دارای کاربردهای بالقوه‌ای در صنایع مختلف از جمله صنایع پزشکی، دارویی، غذایی و نساجی است که به سرعت در حال گسترش است.

بر اساس اندازه، کپسول‌ها به سه دسته ماکروکپسول‌ها، میکروکپسول‌ها و نانوکپسول‌ها تقسیم می‌شوند. کپسول‌سازی با انواع روش‌های شیمیایی، فیزیکی و مبتنی بر تجهیزات انجام می‌شود.

روش‌های امولسیون-انتشار و الکترواسپری از رایج‌ترین روش‌های کپسول‌سازی است که می‌توان با استفاده از این روش‌ها، کپسول‌های با اندازه نانو تهیه کرد.

کاهش اندازه ذرات به ابعاد نانو، سبب افزایش نسبت سطح به حجم ماده می‌شود که به طور پیوسته میزان واکنش‌پذیری آنها را در بسیاری از موارد با تغییر در خواص مکانیکی، الکتریکی و نوری افزایش می‌دهد] در سال ۲۰۱۳ سوجور و همکاران موفق به تولید نانوکپسول دی‌آمینوبوتان و بوتان دی اُل حاوی کُرکومین با اندازه ذرات در محدوده ۱۲۵ تا ۱۰۸۳ نانومتر با راندمان کپسول‌سازی ۹۴/۶ درصد تا ۹۹/۷ درصد با استفاده از روش امولسیون انتشار روغن در آب شدند. الکترواسپری بسیار شبیه به روش الکتروریسی است با این تفاوت که به جای تولید الیاف بر روی صفحه جمع‌کننده، ذرات تشکیل می‌شوند.

در سال ۲۰۱۸ بسپینار و همکاران با استفاده از این روش، نانوذرات مرکب زئین/کیتوسان حاوی کورکومین و پایپرین را با راندمان بارگذاری ۹۲ درصد برای کورکومین و ۸۷ درصد برای پایپرین تهیه کردند. ابعاد این کپسول‌ها در حدود ۵۵۰ نانومتر بود.



شکل ۳. طیف مادون قرمز با تبدیل فوریه (FTIR) از پودر زئین آزمایشگاهی و زئین استخراج‌شده (راست)، پودر زئین استخراج‌شده، پودر رنگدانه چغندر قرمز، مخلوط فیزیکی زئین-رنگدانه چغندر قرمز و کپسول‌های زئین-رنگدانه چغندر قرمز تهیه شده به روش امولسیونی (چپ)

جدول ۱. مشخصه‌های سه‌گانه رنگی رنگدانه‌ی چغندر قرمز، نانوذرات زئین، کپسول‌های زئین-رنگدانه تولید شده به روش الکتراسپری شده و امولسیون- انتشار

نمونه	مشخصات سه‌گانه رنگی پس از تولید					مشخصات سه‌گانه رنگی ۸ ماه پس از تولید				
	L*	a*	b*	c*	h°	L*	a*	b*	c*	h°
رنگدانه چغندر قرمز	۳۴/۸۳	۲۰/۰۴	۱۲/۹۱	۲۳/۸۴	۳۲/۷۹	۲۳/۳۹	۱/۵۵	۱/۲۴	۱/۹۹	۳۸/۶۹
نانوذرات زئین (۳٪)	۸۳/۷۴	۰/۵۴	۲۷/۲۳	۲۷/۲۳	۸۸/۸۶	۸۰/۲۷	-۰/۲۵	۲۳/۱۲	۲۳/۱۲	۹۰/۶۲
کپسول زئین-رنگدانه به روش الکترواسپری	۸۲/۰۵	۰/۵۱	۲۴/۷۶	۲۴/۷۶	۸۸/۸۳	۷۸/۶۹	۰/۲۴	۲۰/۱۴	۲۰/۱۵	۸۹/۳۳
کپسول زئین-رنگدانه به روش امولسیون-انتشار	۸۹/۸۸	۲/۹۲	۲۲/۹۷	۲۳/۱۶	۸۲/۷۷	۸۲/۰۳	۰/۹۱	۹/۲۷	۹/۳۲	۸۴/۳۹

طی فرآیند نشاسته‌گیری از دانه‌های ذرت، گلوتن ذرت به دست می‌آید که حاوی رنگدانه‌های طبیعی مثل گزانتوفیل و کاروتن است و بافت گرانولی دارد.

زئین، پروتئین خوراکی موجود در گلوتن ذرت است که در صنایع غذایی، دارویی و پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بیش از ۵۰ درصد اسیدهای آمینه موجود در زئین آب‌گریز است و این ترکیب به راحتی در مخلوط اتانول و آب حل می‌شود.

بتالین‌ها دسته‌ای از رنگدانه‌های قرمز و زرد مشتق شده از تایروسین هستند که جایگزین رنگدانه‌های آنتوسیانین می‌شوند.

رنگدانه قرمز تیره چغندر، گل آمارانت و بسیاری از کاکتوس‌ها از وجود رنگدانه‌های بتالین ناشی می‌شود. از این رنگدانه برای رنگ‌بخشی به شیرینی‌ها، آب‌نبات‌ها، دسر، سوپ و همچنین برای تغییر ظاهر رنگی گوشت و سوسیس استفاده می‌شود.

علاوه بر این فعالیت ضدمیکروبی، ضدالتهابی، ضدسرطانی و ضد دیابتی دارد و می‌تواند منجر به حفظ سلامتی مواد غذایی شود، به صورتی که فعالیت ضداکسندگی آن تا دو برابر برخی از آنتوسیانین‌ها و تا ۴ برابر اسید اسکوربیک گزارش شده است.

این رنگدانه در معرض نور، گرما، اکسیژن و رطوبت تخریب می‌شود. هدف از این پژوهش کپسول کردن مواد مؤثره قطبی (محلول در آب) درون پوسته‌ای غیرقطبی است که در منسوجات و محصولات آرایشی بهداشتی، مراقبتی و پزشکی کاربرد دارد.

به این منظور در این تحقیق به عنوان مدل، تلاش شد رنگدانه طبیعی و خوراکی استخراجی از چغندر قرمز که خاصیت ضدسرطانی نیز دارد، درون پوسته‌ای از زئین کپسول شود؛ چراکه این رنگدانه، آب‌دوست و در مقابل پروتئین زئین آب‌گریز است و انتظار می‌رود که با تغییر قطبیت، پایداری کپسول حاوی رنگدانه در محیط‌های آبی و در تماس با اکسیژن هوا، بهبود یابد و همچنین ظاهر رنگی آن نیز حفظ شود.

برای اثبات این موضوع، به ترتیب از ارزیابی پتانسیل زتا و مشخصه‌های سه‌گانه رنگی استفاده شد.

ساختار نمونه‌های تولید شده توسط FTIR شناسایی شده و مورفولوژی کپسول‌های تولید شده با SEM مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه تحقیقات، بارگذاری و رهایش کپسول‌های تولیدی بر روی منسوجاتی اعم از پارچه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

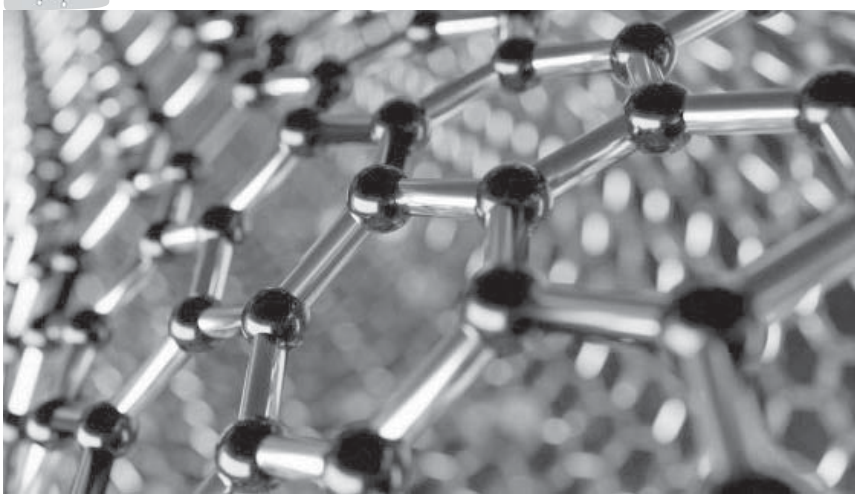
۲- تجربیات

از اتانول ۷۰ درصد و آب مقطر به ترتیب به عنوان حلال زئین و رنگدانه چغندر قرمز استفاده شد و دو روش الکتروآسپری و امولسیون-انتشار برای کپسول کردن رنگدانه درون زئین انجام شد. ابتدا با جوشاندن تکه‌های خرد شده چغندر قرمز در آب مقطر، محلولی حاوی رنگدانه به دست می‌آید که پس از فیلتر و فریزدرای

شدن، پودر رنگدانه تهیه می‌شود.
زئین نیز با استفاده از انحلال گلوتن ذرت در اتانول ۸۰ درصد و فریزدرای محلول رویی سانت ریفیوژ شده، استخراج می‌شود.
بر ای انجام روش الکترواسپری ، ابتدا رنگدانه در آب مقطر حل می‌شود و در ادامه این محلول با افزودن اتانول، به محلول اتانولی ۷۰ درصد تبدیل و زئین به آن اضافه می‌شود ؛ در پایان امولسیفایر مون ودی گلیسیرید (با تعادل آب‌دوستی آب‌گریزی HLB برابر با ۴) نیز به محلول زئین رنگدانه، اضافه می‌شود تا امولسیون آب در روغن(W/O) ایجاد شود.
شرایط الکترواسپری (ولتاژ، فاصله نوک تا صفحه جمع‌کننده و نرخ تغذیه محلول) بهینه می‌شود.
علاوه بر شرایط الکترواسپری، غلظت رنگدانه و زئین نیز بر ابعاد کپسول تأثیرگذار است.
در روش امولسیون–انتشار، محلول زئین–رنگدانه تهیه شده با استفاده از اسپری دستی درون محلول ضدحلال (آب)اسپری و به آرامی هم زده می‌شود و در ادامه محلول حاوی کپسول زئین–رنگدانه، فریزدرای می‌شود.

۳- بحث و نتایج

با توجه به شکل ۱ سمت چپ، غلظت ۳ درصد از زئین در اتانول ۸۰ درصد به عنوان غلظت بهینه برای تولید ذرات کروی شکل، انتخاب شد و در ادامه برای کپسول کردن رنگدانه استفاده شد.
در این تحقیق شرایط الکترواسپری نرخ تغذیه، فاصله نوک سوزن تا صفحه جمع‌کننده و ولتاژ کاربردی به ترتیب ۰/۳ میلی‌لیتر بر ساعت، ۱۱ سانتی‌متر و ۱۲ کیلوولت الکترواسپری بهینه‌سازی شد. در این حالت ذرات دارای میانگین اندازه ۴۳۸/۵ نانومتر هستند.
در ادامه نیز مطابق شکل ۲ سمت راست، روش الکترواسپری برای کپسول زئین–رنگدانه چغندر قرمز با نسبت ۱۰ به ۱ و غلظت ۳ درصد زئین، به عنوان روش بهینه انتخاب شد که منجر به تشکیل کپسول‌هایی کروی و مسطح با میانگین اندازه ذرات ۳۰۳ نانومتر شد.
بر اساس ارزیابی پتانسیل زتا و طی ۳ تکرار، مشخص شد که پایداری کپسول‌های زئین–رنگدانه تولید شده به روش امولسیون–انتشار (منفی ۵۸ میلی‌ولت) بیشتر از روش الکترواسپری (منفی ۳۸ میلی‌ولت) است و ترکیب نهایی در هر دو روش، ترکیبی آنیونی است که با مقدار



منفی نشان داده شده است .
با توجه به شکل ۳ سمت راست، طیف‌های مادون قرمز تهیه شده از زئین استخراج شده و زئین تهیه شده با گرید آزمایشگاهی، یکسان بوده که بیانگر موفقیت در استخراج زئین از گلوتن ذرت در این تحقیق است.
علاوه بر این، با مقایسه طیف مادون قرمز کپسول‌های زئین–رنگدانه چغندر قرمز به روش امولسیونی با طیف زئین و رنگدانه (به طور مثال در عدد موجی ۱۰۴۵ CM^{-1} ، نشان می‌دهد که رنگدانه در پوسته‌ای از زئین حبس شده (کپسول) و یا پراکنده شده (کُره) است.
در این تحقیق به منظور اثبات تشکیل کپسول زئین–رنگدانه، از ارزیابی مشخصه‌های سه‌گانه رنگی نمونه‌ها استفاده می‌شود.
در جدول ۱ ، مشخصه‌های سه‌گانه رنگی رنگدانه چغندر قرمز، نانوذرات زئین، کپسول‌های زئین–رنگدانه تولید شده به روش الکتراسپری شده و امولسیون–انتشار، ارائه شده است.
با توجه به داده‌ها، قرمزی (A^*) کپسول‌های به دست آمده از روش امولس یون–انتشار بیشتر از رنگدانه‌چغندر قرمز نیز است و زردی (B^*) نمونه نیز به علت حضور زئین در ترکیب است و با توجه به تصویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی (شکل ۲ سمت چپ) می‌توان گفت که در این روش رنگدانه در زئین پراکنده شده (کُره) و کپسول تشکیل نشده است.
پس از گذشت ۸ ماه، تمامی پارامترها کاهش پیدا کردهاند، به خصوص روشنایی (L^*) برای رنگدانه چغندر قرمز که در شرایط محیطی و مجاورت با اکسیژن هوا، اکسید شده است، در حدود ۳۳ درصد کاهش داشته است. درصورتی که کاهش روشنایی برای کپسول زئین–رنگدانه تولید شده به روش الکترواسپری، تنها در حدود ۴ درصد است که فعالیت محافظتی زئین در برابر اکسید شدن رنگدانه چغندر قرمز را به خوبی نشان می‌دهد.

٤–نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد تا رنگدانه چغندر قرمز درون پوسته‌ای از زئین کپسول شود تا پایداری آن افزایش یابد.
با توجه به تصویرهای SEM ، طیف FTIR و مشخصه‌های سه‌گانه رنگی ($L^*A^*B^*$) ، روش الکترواسپری با موفقیت رنگدانه چغندر قرمز را درون زئین کپسول کرده است و با گذشت ۸ ماه از تولید، مقدار اکسید شدن نمونه‌های تولید شده به این روش بسیار اندک بوده است.
با توجه به ارزیابی پتانسیل زتا، روش امولسیون–انتشار بیشترین پایداری را در محیط ایجاد می‌کند ، همچنین در روش امولسیون–انتشار، نمونه قرمزی بیشتری از رنگدانه را ارائه می‌دهد که به علت پراکندگی رنگدانه در تمامی توده زئین است.
در ادامه تحقیقات، سعی خواهد شد تا با افزایش سهم رنگدانه در کپسول، علاوه بر استفاده از خواص ضدسرطانی، از رنگ‌بخشی بیشتر آن نیز بهره‌برداری شود. سپس این کپسول‌ها بر روی پارچه بارگذاری می‌شود و رفتار رهایشی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پی نوشت

۱–دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان