اولین همایش ملی نوآوری در صنایع سبز
کد اختصاصی: ۰۲۲۳۰-۶۵۳۳۷
دانشگاه مازندران
ISC
صنایع سبز

کاربرد فناوری ریزپوشانی در افزایش رهایش ترکیبات زیست فراسودمند

نوشین مردافکن

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه، آزاد اسلامی واحد کرمانشاه،کرمانشاه، ایران

(nmardafkan@gmail.com)

چکیده: ترکیبات زیست فعال طبیعی و سلول های زنده به عنوان فرآورده های نویدبخش با خواص مفید برای سلامتی انسان قابل توجه هستند. چالش مهم در مورد استفاده از این ترکیبات تجزیه آسان آنها طی فرآوری و مراحل نگهداری می باشد. به هر حال، ثبات و پایداری آنها را می توان با فرآیند ریزپوشانی بهبود بخشید، به نحوی که در آن یک ترکیب حساس به شرایط محیطی نامطلوب بهبود یافته در یک ماده پلیمری محافظ کننده نگهداری می شود. ریزپوشانی یک روش کاملا توسعه یافته برای حفظ و تثبیت ترکیبات فراسودمند برای استفاده در مواد غذایی، ترکیبات دارویی و آرایشی می باشد.

واژه‌های کلیدی: ریزپوشانی، ترکیبات زیست فعال، رهایش هدفمند.

1. مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی صنایع غذایی، توسعه سامانه‌های مؤثر برای رهایش کنترل‌شده ترکیبات زیست فعال زیست می باشد که به انواع دیواره و مواد هسته، روش ریزپوشانی، مورفولوژی و اندازه ذره و شرایط راهایش (مانند، حلال، pH و دما بستگی دارد). ترکیبات فنلی از عصاره تفاله انگور با استفاده از فناوری خشک‌کردن پاششی، توسط مالتودکسترین، ایزوله پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین نخود به عنوان مواد دیواره، ریزپوشانی شدند. تأثیر نوع ماده دیواره بر رهایش کل ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها از ریزذرات تحت شرایط شبیه سازی شده گوارشی طی یک دوره زمانی سه ساعته مورد بررسی قرار گرفت. پروفایل رهایش برای هر دو سیال گوارشی شبیه سازی شده (شامل سیال معدی و روده ای) مشابه بود. ذرات حاوی پروتئین، به ویژه ایزوله پروتئین آب پنیر، نسبت به سایر مواد دیواره مورد مطالعه (مالتودکسترین و پروتئین نخود) دارای سرعت رهایش کندتری بودند. همچنین پژوهشگران گزارش نمودند که رهایش آهسته تر ترکیبات فنلی ممکن است، به دلیل سطح صاف‌تر ریزپوشینه ها باشد که سطح تماس کمتری با محیط ایجاد می‌کند. در یک بررسی مشخص شد که رهایش ترکیبات زیست فعال از ریزپوشینه های مالتودکسترین دارای دمنوش‌های گیاه لورل تولید شده با روش خشک کردن پاششی تعیین می شود. به منظور تولید ریزپوشینه ها از سه دمای ورودی در خشک‌کن (140، 160 و 180 درجه سانتی‌گراد) و دو سرعت جریان هوای ورودی به خشک‌کن (8 و 10 میلی‌لیتر در دقیقه) استفاده شد. سرعت جریان هوای ورودی و دمای خشک کردن بر رهایش ماده هسته در آب با دمای 37 درجه سانتی گراد و pH حدود 6 موثر بودند. در این پژوهش مشخص شد که ریزپوشینه های خشک شده با دمای 160 درجه سانتی‌گراد با سرعت جریان هوای ورودی 8 میلی‌لیتر در دقیقه دارای سرعت رهایش بیشتر و طولانی‌تری از مواد هسته می باشند. در این میان رهایش تقریباً 70 در صد از ترکیبات زیست فعال طی 48 ساعت صورت می گیرد که طبق پژوهش محققان نشان دهنده جذب مطلوب ترکیبات پلی فنلی در روده کوچک می باشد. سرعت

رهایش ا سانس لیموترش ریزپو شانی شده با روش خ شک کردن پا ش شی با ا ستفاده از مخلوط کن سانتره پروتئین آب پنیر با مالتودکسترین دارای معادل دکستروز (5، 10 و 20) توسط پژوهشگران ارزیابی گردید. رهایش اسانس در روغن با دمای 25 و 45 درجه سانتیگراد بررسی شد و درصد مواد ریزپو شانی هسته ای، رهایش شده در هر دو شرایط کمتر از 75 درصد تعیین گردید. با این وجود، رهایش بیشتر ا سانس با افزایش درجه معادل دکستروز م شاهده گردید و علاوه بر این سازوکار رهایش ا سانس گ شنیز ریزپو شانی شده با خ شک کن پا ش شی بررسی شد. آلژینات، کیتوزان، ترکیب کیتوزان-آلژینات و کیتوزان-اینولین به عنوان مواد دیواره ای استفاده شد. در این مطالعه رهایش ریزذرات حاوی اسانس در شرایط آزمایشگاهی شبیه‌سازی با pH مطلوب و دمای (37 درجه سانتیگراد) دستگاه گوارش و فرآوری فرآورده غذایی (65 درجه سانتیگراد) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ن شان داد که رهایش ا سانس از ذرات تحت تأثیر pH و دما قرار می گیرد. به عنوان مثال، در یک سیال ا سیدی (pH =2/5) با دمای 37 درجه سانتی گراد سرعت رهایش بالاتر از ذرات کیتوزان می باشد. همچنین مشخص شد که سرعت رهایش در 60 دقیقه اول به سرعت انجام شده و تقریباً 60 در صد از ا سانس موجود در پو شینه رهایش می گردد. پس از آن، م شخص شد که رهایش به حداقل مقدار در حد 74/5 درصد پس از 120 دقیقه می ر سد. در مقابل، ذرات آلژینات در شرایط م شابه، تقریباً به 29 در صد رهایش پس از 120 دقیقه،کاهش می یابد. تفاوت در رهایش ا سانس از ریزذرات با درجه تورم کم ریز ذرات آلژینات و زنجیره های پلیمری سخت آنها که مانع از رهایش در اثر پدیده انتشار می باشد، توجیه می گردد. از دیدگاه بررسی دما، با افزایش دما تا 65 درجه سانتی گراد، سرعت رهایش ا سانس نیز برای هر دو مقدار pH افزایش می یابد. پروفایل رهایش ریزذرات افزوده شده با روغن نخل غنی از کاروتنوئید در ماتریس غذایی مورد ارزیابی قرار گرفت. ریزذرات با ا ستفاده از روش کوا سرویا سیون پیچیده کیتوزان و صمغ زانتان به‌عنوان مواد دیواره‌ای تولید و سپس به ما ست و نان افزوده گردید. نمونه های غذایی با ترکیبات زیست فعال زیستی ریزپوشانی شده در شرایط شبیه سازی دستگاه گوارش قرار گرفتند. برای نان رهایشی در حد 38/9 درصد از کاروتنوئیدها و برای ماست 50/1 درصد مشخص گردید. علاوه بر این، با توجه به نتایج بد ست‌آمده، قبل از افزودن ترکیب به مواد غذایی، مواد زی ست فعال از ریزذرات طی شبیه سازی د ستگاه گوارش، با رهایش و تخریب بیشتری همراه بودند. در این میان پژوهشگران مشخص نمودند که برهمکنش ماتریس های غذایی با ریزپوشینه ها ممکن ا ست منجر به محافظت ترکیبات زی ست فعال ریزپو شانی شده گردد و همچنین مطرح شد که ریزپو شینه های دارای ترکیبات مذکور پتان سیل زیادی برای ترکیب با مواد غذایی، به ویژه ما ست، دارند (Corrêa-Filho و همکارانش). در بررسی ساختار، سازوکار رهایش کنترل شده و مزایای سلامتی پکتین ها به عنوان مواد ریزپوشانی شده برای ترکیب مواد غذایی زی ست فعال مطالعه گردید. ریزپو شانی مواد و ترکیبات غذایی معمولاً برای جلوگیری از د ست دادن عملکرد مواد غذایی فعال زی ستی ا ستفاده می شود. ترکیبات ریزپو شانی شده معمولاً به نور، pH، اک سیژن یا ب سیار فرار ح ساس ه ستند. همچنین، ریزپوشانی برای موادی که ممکن است بر طعم تأثیر گذار باشند، نیز اعمال شود. بسیاری از پلیمرها از منابع طبیعی برای ریزپوشانی در مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته اند. در چند سال گذشته، پکتین‌ها به‌عنوان مواد ریزپوشانی با کاربرد وسیع به جوامع علمی مطرح شده اند. دلایل این است که پکتین ها کاربردهای متفاوت و ارزان هستند، می توانند برای برآورده کردن نیازهای خاص و ارائه مزایای سلامتی طراحی شوند. با مطرح شدن دیدگاه جدید در مورد ساختار شیمیایی و مزایای سلامتی مرتبط با پکتین، راه های جدیدی برای ا ستفاده از پکتین در موادغذایی و تغذیه مطرح می با شد. برای ارائه دیدگاهی در مورد پتانسیل کاربرد آنها، در مورد ویژگی های ساختاری پکتین های مختلف، فرآیند تولید و ساخت آنها برای استفاده در ریزپوشانی و ژل سازی، و تاثیر ساختار پکتین بر مزایای سلامتی و خواص رهایش در روده بررسی شده و همچنین فناوری‌های تولید سامانه های ریزپو شانی مبتنی بر پکتین با عملکردهای م شخص می با شد. این نکته با توجه به کاربرد پکتین برای ریزپو شانی ترکیبات مختلف غذایی حساس بررسی شده است. اگرچه برخی از عوامل مهم مانند تنظیم رهایش کنترل شده ماده موثره در روده و تأثیر فرآیند تولید پکتین بر ساختار مولکولی پکتین هنوز نیاز به مطالعه بیشتری دارد، نگرش فعلی این است که پکتین ها مزایای زیادی را برای ریزپوشانی مواد غذایی فعال زیستی و مواد غذایی فراهم نموده و مقرون به صرفه می باشد (Morales-Medina و همکارانش). همچنین کاربرد فناوری ریزپوشانی در فیلم های خوراکی به عنوان حامل ترکیبات زی ست فعال مطالعه گردید. ترکیبات غذا دارو، مواد غذایی فرا سودمند، تقویت‌کننده‌های ایمنی، ریزپو شینه‌ها، نانوامول سیون‌ها، بسته‌بندی خوراکی و غذای ایمن، ا صطلاحات پیشرفته جدیدی هستند که برای تو صیف صنایع غذایی به کار گرفته شده‌اند.

همچنین افزایش آگاهی مصرف کنندگان در این زمینه، فرصتی را برای تولیدکنندگان مواد غذایی و دانشمندان در سرا سر جهان ایجاد کرده است تا از ماده غذایی به عنوان ناقل ماده موثره استفاده کنند. بسته بندی نقش بسیار مهمی در زنجیره تامین مواد غذایی ایفا می کند و همچنین بخشی از فرآیند تولید مواد غذایی است.بسته بندی مواد غذایی یک هنر علمی است که به سرعت در حال گسترش می باشد و این نکته که در آن زیست پلیمرهای خوراکی مانند لیپیدها، پلی ساکاریدها، پروتئین ها، رزین ها و غیره و سایر ترکیبات مصرفی استخراج شده از منابع مختلف غیر معمول مانند میکروارگانیسم ها به تنهایی یا با هم ا ستفاده می شوند. این بسته بندی های خوراکی ضروری می با شند و به منظور م صرف همراه با غذا ه ستند. این تغییر نمونه ای از بسته بندی سنتی مواد غذایی به و سایل نقلیه خوراکی، سازگار با محیط زیست و تحویل برای ترکیبات زیست فعال، راه های جدیدی را برای صنعت بسته بندی باز کرده ا ست. ترکیبات زیست فعال جذب شده در سامانه های غذایی به تدریج تخریب می شوند، یا ممکن است به دلیل عوامل داخلی یا خارجی مانند واکنش های اکسیداسیون، خواص خود را تغییر دهند، یا ممکن ا ست با یکدیگر واکنش دهند، بنابراین د سترسی زیستی آنها کاهش می یابد و در نهایت ممکن ا ست منجر به رنگ یا طعم غیرقابل قبول شود. ترکیبی از مواد خوراکی جدید بسته بندی مواد غذایی و فناوری های نوآورانه می تواند به عنوان یک محیط عالی برای کنترل دسترسی زیستی این ترکیبات در ماتریس های غذایی عمل کند. یکی از فناوری های امیدوارکننده برای غلبه بر م شکلات فوق الذکر ریزپو شانی ا ست. می توان از آن به عنوان رو شی برای محبوس نمودن عوامل طعم دهنده مطلوب، پروبیوتیک ها یا سایر افزودنی ها به منظور درک موانع بسته بندی خوراکی معمولی استفاده کرد. (Chaudhary و همکارانش).

2.نتایج اصلی

مروری بر آخرین بررسی ها در مورد کاربرد ریزپوشینه ها در تثبیت ترکیبات فراسودمند برای کاربردهای غذایی ارائه شده است. در این میان تمایل فزآینده ای به گسترش ریزپوشینه های حاوی باکتری های پروبیوتیک، ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدها از منابع طبیعی وجود دارد. هدف اصلی این بررسی بهبود پایداری ترکیبات زیست فعال در برابر شرایط نامطلوب محیطی، ادغام آنها در ماتریس های غذایی است که منجر به ایجاد خواص فراسودمندی در فرآورده های غذایی می شود و فراهم نمودن رهایش کنترل شده آنها با یک جایگاه هدف م شخص در د ستگاه گوارش پس از م صرف ماده غذایی می با شد. پرکاربردترین فرآیندهای ریزپوشانی، خشک‌کردن پاششی و علاوه بر آن کواسرواسیون پیچیده می باشد. بهینه سازی دقیق شرایط فرآیند، از جمله انتخاب مواد دیواره برای یک ماده ه سته ای خاص، برای تولید ریزپو شینه های افزوده شده با ویژگی های منا سب برای کاربرد خاص در انتها مد نظر می باشد. اگرچه چندین ترکیب فراسودمند قبلاً با موفقیت با استفاده از ریزپوشانی تثبیت شده‌اند، در حال حا ضر دانش کافی در مورد نحوه رفتار ریزپو شینه های بارگذاری شده از نظر سرعت رهایش در زمان ا ضافه شدن به ماتریس‌های غذایی پیچیده وجود ندارد. علاوه بر این، بررسی های بیشتری برای دسترسی زیستی موثر ترکیبات فراسودمند رهایش شده پس از مصرف مورد نیاز است، که با مزایای سلامتی ادعا شده برای اکثر این ترکیبات مرتبط می باشد (Corrêa-Filho و همکارانش).

پکتین به عنوان یک پلیمر مهم برای ریزپو شانی تکامل یافته است. دارای برخی ویژگی های خاص است که از آن برای کاربرد ریزپو شانی ترکیبات غذایی ا ستفاده می شود. همچنین چند بعدی و ارزان بوده و می تواند برای پا سخگویی به نیازهای خاص طراحی شود و به این ترتیب، بسته به ساختار آن، می تواند به عنوان یک مولکول مزایای سلامتی را ارائه دهد. جنبه‌های اخیر از اهمیت بالایی برخوردار هستند زیرا موفقیت در ریزپوشانی همیشه به حداکثر انعطاف‌پذیری برای مطابقت با خواص مواد ریزپوشانی و ماتریس، الزامات فنی و طراحی فرآیند و همچنین ماتریس و رفتار مواد غذایی در شرایط فیزیولوژیکی نیاز دارد.

قابل توجه است، با این حال، برخی از چالش ها نیز هنوز وجود دارد. تلاش‌های تحقیقاتی قابل توجهی برای یافتن ساختار بهینه پکتین برای کاربردهای فردی یا حتی برای ریزپوشانی مواد غذایی خاص مورد نیاز است. همه پکتین‌هایی که برای مزایای سلامتی آزمایش شده‌اند، مانند حمایت از سلامت د ستگاه گوارش و کاهش فرآیندهای التهابی، برای ریزپو شانی طیف گسترده‌ای از ترکیبات غذایی که در حال حاضر ریزپوشانی شده‌اند، مناسب نیستند. انتظار می رود که به عنوان مثال در

سلول‌های زنده به‌طور خاص، پکتین‌های با DM پایین‌تر باید استفاده شوند زیرا از سلامت سلولی حمایت می‌کنند، در حالی که برای رهایش و حمایت از سلامت روده بزرگ، پکتین‌های طولانی‌تر و بلوک‌تر مناسب‌تر هستند. از آنجایی که این پکتین‌های DM پایین‌تر ارزان هستند و در تنظیمات ریزپوشانی مختلف فرآوری می شوند، برای طیف گسترده‌ای از ترکیبات غذایی مانند طعم‌دهنده‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، روغن‌ها، لیپیدهای فعال زیستی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها قابل استفاده هستند. تنظیم رهایش محموله یکی دیگر از زمینه های تحقیقاتی است که نیاز به مطالعه بیشتری دارد. کپسول‌های پکتین معمولاً در شرایط اسیدی معده متورم می‌شوند، اما به دلیل اینکه زنجیره‌های پکتین پروتونه شده‌اند و تقریباً در قسمت بالایی دستگاه گوارش حل نشده باقی می‌مانند، دست نخورده باقی می‌مانند. کپسول ها از معده و روده کوچک عبور می کنند زیرا اکثر پکتین ها توسط آنزیم های پروتئولیتیک غیر قابل هضم هستند. در قسمت اول روده بزرگ، یعنی در سکوم، پکتین ها در اثر فرسایش و با تخریب توسط آنزیم های مشتق شده از میکروب های روده بزرگ تجزیه می شوند. بتا دپلیمریزاسیون و دمتوکسیلاسیون دانه های پکتین رخ می دهد و منجر به تفکیک گروه های کربوکسیلات می شود. این باعث از هم پاشیدگی کپسول ها و رهایش ماده موثره می شود. با این حال، چگونگی تنظیم دقیق این رهایش و اینکه چگونه ترکیب و غلظت پکتین در ریزپوشینه ها می تواند به رهایش کنترل شده خاص تری در بخش های خاصی از روده بزرگ کمک کند، هنوز مشخص نیست. رویکردهای ممکن کاهش غلظت پکتین یا درجه اتصال عرضی برای تسهیل آزادسازی در قسمت بالایی دستگاه گوارش یا افزایش غلظت یا اتصال عرضی ژل برای رهایش محموله در قسمت دورتر روده بزرگ است. یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی که باید انجام شود تا کاربرد وسیع‌تر پکتین‌ها را امکان‌پذیر سازد، مطالعه تأثیر فرآیند تولید، جداسازی و اصلاح پکتین بر ساختار مولکولی پکتین است. تا کنون، به خوبی توضیح داده شده است که محتوای قند خنثی و درجه پلیمریزاسیون به طور ناخواسته طی فرآوری تغییر می کند یا ممکن است به طور فعال علاوه بر پارامترهای دیگر مانند درجه متوکسیلاسیون و توزیع گروه های متوکسیله اصلاح شود. درک فعلی ما محدود به تأثیر پارامترها بر تعامل با ریزپوشینه سازی و طراحی فرآیند روش های مختلف ریزپوشانی است. در حال حاضر، پکتین تنها در چند فناوری مرتبط با ریزپوشانی صنعتی کاربرد دارد (Morales-Medina و همکارانش).

3.نتیجه گیری کلی

فناوری ریزپوشانی یک فناوری منحصر به فرد مطرح شده و فرصت های جدیدی فراهم نموده و به حل چالش های پیش روی صنایع غذایی و داروسازی کمک می کند. متداول‌ترین فناوری ها برای ریزپوشانی امولسیون‌ها - خشک‌کردن پاششی، امولسیون‌ها - خشک‌کردن انجمادی، کواسرواسیون پیچیده و ریزپوشانی فوق بحرانی می باشند. بررسی های بیشتری در مورد دسترسی زیستی برای کاربردهای غذایی و اثربخشی ترکیبات زیست فعال در کاربردهای کشاورزی و همچنین افزایش مقیاس در هر دو سطح آزمایشی و صنعتی مورد نیاز است. با این حال، پتانسیل ریزپوشانی در ماتریس‌های پلیمری، آن را به یک استراتژی خوب برای محافظت از ترکیبات زیست فعال و گسترش استفاده از آنها در مواد غذایی و کشاورزی تبدیل می‌کند.

مراجع

1- Corrêa-Filho, L. C., Margarida Moldão-Martins, and Vitor D. Alves. (2019). Advances in the Application of Microcapsules as Carriers of Functional Compounds for Food Products. Applied Sciences 9 (3) 571. https://doi.org/10.3390/app9030571.

2- Morales-Medina, R., Drusch, S., Francisca, A., Castro, A., Benie, A., Poncelet, D., Dragosavac, M., Defain, M., Löwenstein, P., Yonaha, V., Iturralde, R., Peter, R. and de Vos, P. (2022). Structure, controlled release mechanisms and health benefits of pectins as an encapsulation material for bioactive food components. Food & Function. 13. 10.1039/D2FO00350C.

3- Chaudhary V, Thakur N, Kajla P,Thakur S and Punia S. (2021). Application of Encapsulation Technology in Edible Films: Carrier of Bioactive Compounds. Front. Sustain. Food Syst. 5:734921. doi: 10.3389/fsufs.2021.734921.
4- H. Hosseini and S.M. Jafari, Introducing nano/microencapsulated bioactive ingredients for extending the shelf-life of food products, Advances in Colloid and Interface Science (2019), https://doi.org/10.1016/ j.cis.2020.102210
5- Ye, Q., Georges, N., Selomulya, C., Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products, Trends in Food Science & Technology (2018), doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.025.
6- Zabot, G.L.; Schaefer Rodrigues, F.; Polano Ody, L.; Vinícius Tres, M.; Herrera, E.; Palacin, H.; Córdova-Ramos, J.S.; Best, I.; Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of Bioactive Compounds for Food and Agricultural Applications. Polymers, 14, 4194. https://doi.org/ 10.3390/polym14194194.
7- Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z. and Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review, Trends in Food Science & Technology,Volume 116,Pages 11-23, ISSN 0924-2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009.

الزامات اخلاقی نگارش مقاله

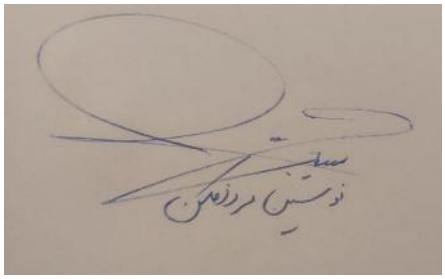
نویسنده/ ارسال کننده مقاله خانم نوشین مردافکن متعهد می‌شود:

- مقاله ارسالی حاصل کار پژوهشی ایشان (و همکاران) بوده و در مواردی که از دستاوردهای تحقیقاتی دیگران استفاده شده، مطابق ضوابط و رویه معمول، مشخصات منابع مورد استفاده درج شده است.

- مقاله ارسالی (یا ترجمه آن) و مقاله‌ای با همپوشانی قابل توجه با این مقاله قبلاً در هیچ مجله و یا کنفرانسی ارائه نشده و به طور همزمان نیز در حال ارزیابی در مجله یا کنفرانس دیگری نیست.

- همه نویسندگان مقاله از کلیه محتویات علمی و نیز ترتیب قرارگیری نام و مشخصات و وابستگی شغلی خود در مقاله آگاهی و رضایت کامل دارند.

- چنانچه هر زمان خلاف موارد فوق و یا بروز هرگونه تقلب یا تخلف پژوهشی در رابطه با این مقاله اثبات شود، عواقب ناشی از آن متوجه نویسنده مقاله است و دبیرخانه کنفرانس مجاز است با ایشان (و همکاران) مطابق با ضوابط و مقررات رفتار نموده و هیچ‌گونه ادعایی قابل قبول نخواهد بود.



محل امضا