

فرآوری‌های نوین غیر حرارتی و تولید محصولات غذایی فراسودمند با ارزش غذایی افزوده

هليا ثابتي^۱، شايسته فروزنده^۲، ليدا شاهسوني^۳*

گروه صنایع غذایی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران
دانشکده کشاورزی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

*امیل، نویسنده مسئول: Lida.shahsavani@iau.ac.ir

چکیده

امروزه صنعت غذا با چالش هایی همچون حفظ کیفیت، افزایش ماندگاری، کاهش ضایعات و پاسخ به نیاز مصرف کنندگان برای غذاهای سالم تر مواجه است. روش های نوین فرآوری غیر حرارتی همچون فشار بالا، پالس الکتریکی، نور پالسی و فراصوت توانسته اند با حفظ ترکیبات حساس مانند ویتامین ها و آنتی اکسیدان ها راه حل هایی موثر برای فرآوری غذاهای فراسودمند فراهم کنند. این مقاله با هدف بررسی جامع این فناوری ها و ارتباط آنها با فرایندهایی مانند نمک سود کردن، دود دادن و بسته بندی نوین به ارائه دیدگاه جامعی در راستای بهبود کیفیت محصولات غذایی و ارتقا سلامت عمومی می پردازد.

واژه‌های کلیدی: فشار بالا، پالس الکتریکی، فراصوت، نور پالسی.

١- مقدمه

در نتیجه افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای محصولات غذایی مشابه تازه با حداقل فرآوری با کیفیت‌های حسی و تغذیه‌ای بالا علاقه فزاینده‌ای به فرایندهای غیر حرارتی برای پردازش و نگهداری مواد غذایی وجود دارد. فناوری‌های پیشرفته کلیدی مانند پردازش فشار بالا، میدان‌های الکتریکی پالسی، گازهای مترکم و فراصوت برای توسعه فرایندهای ملایم اما هدفمند برای بهبود بیشتر کیفیت و ایمنی غذاهای فرآوری شده استفاده می‌شوند. این فناوری‌ها همچنین پتانسیل بهبود فرایندهای موجود و همچنین توسعه گزینه‌های فرایند جدید را ارائه می‌دهند. علاوه بر این با افزودن ابعاد فرایند جدید (مانند فشار هیدرواستاتیک، میدان‌های الکتریکی) به متغیرهای فرایند مرسوم دما و زمان، افزایش در دسترس بودن عملیات واحد را تسهیل می‌کنند. این عملیات ممکن است به طور موثر در فرآیندهای ترکیبی منحصر به فرد یا عنوان ابزارهای پردازش بعدی در فرآیندهای هدفمند تر و متعاقبا فشرده تر برای نگهداری و اصلاح مواد غذایی نسبت به فرایندهای فعلی اعمال شود. در این مقاله به بررسی این فناوری‌ها و نقش آن‌ها در تولید غذاهای فرا سودمند پرداخته شده و همچنین تاثیر روش‌هایی مانند نمک سود کردن، دود دادن و بسته‌بندی نوین و هوشمند در ترکیب با این فناوری‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲- مروری کلی بر فناوری‌های پردازش جدید

بیشتر تکنیک‌های نگهداری مواد غذایی با کند کردن یا مهار کامل رشد میکروارگانیسم‌ها عمل می‌کنند. در حالی که گرما همچنان تکنیکی است که بیشتر برای غیرفعال کردن استفاده میشود اخیرا علاقه فزاینده ای به توسعه‌ی رویکردهای جایگزین در پاسخ به تمایل مصرف کنندگان برای محصولات، که از نظر ارگانولیتیک و تغذیه‌ای کمتر در طول فرآوری آسیب می‌بیند و



کمتر به مواد افزودنی هستند افزایش یافته است. بنابراین رویکرد های جدید عمدتاً شامل فناوری هایی هستند که جایگزین های کامل یا جزئی برای گرما برای غیرفعال کردن باکتری ها، مخمرها و کپک ها ارائه می دهند. آنها شامل کاربرد در غذاهای با فشار هیدرواستاتیک بالا، تخلیه الکتریکی با ولتاژ بالا، لیزر با شدت بالا و پالس های نور غیر منسجم، "مانو ترمنسونیکاسیون" (ترکیب حرارت ملایم با امواج فراصوت و فشار کمی افزایش یافته) و پالس های میدان مغناطیسی بالا هستند. علاوه بر این، تعدادی از ضد میکروبی های طبیعی، از جمله لیزوزیم و محصولات با وزن مولکولی کم میکروارگانیزم ها در حال استفاده روزافزون هستند. فشار بالا به صورت تجاری برای پاستوریزه غیر حرارتی تعدادی از غذاها استفاده می شود، در حالی که سایر روش های فیزیکی در مراحل مختلف توسعه و ارزیابی تجاری هستند. عواقب تغذیه ای احتمالی تاکنون در مقایسه با پیامدهای میکروبیولوژیکی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۱) میدان های پالس الکتریکی (PEF)

میدان های الکتریکی پالسی PEF یک روش غیر حرارتی برای نگهداری مواد غذایی است که از پالس های کوتاه برق برای غیرفعال سازی میکروبی استفاده می کند و کمترین اثر مضر را بر ویژگی های کیفیت غذا ایجاد می کند. هدف فناوری PEF ارائه غذاهای باکیفیت به مصرف کنندگان است. برای ویژگی های کیفیت غذا، فناوری PEF برتر از روش های پردازش حرارتی سنتی در نظر گرفته می شود، زیرا از تغییرات مضر در خواص حسی و فیزیکی غذاها جلوگیری می کند یا تا حد زیادی کاهش می دهد. هدف فناوری PEF ارائه غذاهای باکیفیت به مصرف کنندگان است. برای ویژگی های کیفیت غذا، فناوری PEF برتر از روش های پردازش حرارتی سنتی در نظر گرفته می شود، زیرا از تغییرات مضر در خواص حسی و فیزیکی غذاها جلوگیری می کند یا تا حد زیادی کاهش می دهد. فناوری PEF در مقایسه با عملیات حرارتی، به عنوان مثال، سودمند معرفی شده است، زیرا میکروارگانیزم ها را از بین می برد و در عین حال رنگ، طعم، بافت و ارزش غذایی اصلی غذای فرآوری نشده را بهتر حفظ می کند. فناوری PEF شامل استفاده از پالس های ولتاژ بالا برای مواد غذایی مایع یا نیمه جامد است که بین دو مورد قرار می گیرد. بیشتر مطالعات PEF بر روی اثرات درمان PEF بر غیرفعال سازی میکروبی در شیر، فرآورده های شیر، محصولات تخم مرغ، آبمیوه و سایر غذاهای مایع متمرکز شده اند. اخیراً علاقه به استفاده از میدان های الکتریکی پالسی (PEF) برای فرآوری مواد غذایی احیا شده است و نشان داده شد که تیمار PEF برای غیرفعال کردن میکروارگانیزم ها، افزایش راندمان فشار دادن و افزایش استخراج آب از گیاهان غذایی و برای تشدید کم آبی و خشک کردن غذا بسیار موثر است.

۲) فناوری پلاسمای سرد (Cold Plasma)

پلاسمای سرد شامل گازهای یونیزه شده است که می تواند عوامل بیماری زا را غیرفعال کند. از این روش در بسته بندی مواد غذایی، میوه ها و سبزی ها استفاده می شود.

اثرات پلاسمای سرد بر فعالیت آنزیم در یک سیستم غذایی مدل:

پلی فنول اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POD) آنزیم هایی هستند که باید غیرفعال یا مهار شوند تا از واکنش های قهوه ای نامطلوب و از دست دادن کیفیت حسی یا تغذیه ای میوه ها و سبزیجات جلوگیری شود. به عنوان یک جایگزین امیدوارکننده "ملایم" برای روش های سنتی، مانند پاستوریزاسیون یا استفاده از ترکیبات ضد قهوه ای، مطالعه حاضر توانایی پلاسمای سرد برای غیرفعال کردن PPO و POD در یک سیستم غذایی مدل و همچنین مکانیسم های غیرفعال سازی احتمالی را بررسی می کند. این مطالعه نشان می دهد که پلاسمای سرد قادر به کاهش فعالیت PPO و POD در سیستم غذایی مدل است. فعالیت PPO پس از درمان ۱۸۰ ثانیه حدود ۹۰ درصد کاهش یافت. POD پایدارتر بود و پس از ۲۴۰ ثانیه حدود ۸۵ درصد کاهش یافت. دو رنگی دایره ای و اندازه گیری فلورسانس تریپتوفان نشان می دهد که دلیل از دست دادن فعالیت آنها بر اساس اصلاح ساختار ثانویه ناشی از پلاسمای سرد است. کاهش در محتوای آلفا-مارپیچ با افزایش درصد مناطق بتا ورق همراه بود. شدت فلورسانس تریپتوفان کاهش یافته و تغییر رنگ قرمز از این تغییرات پشتیبانی می کند.



ارتباط صنعتی:

کیفیت میوه ها و سبزیجات تازه بریده شده تا حد زیادی به فعالیت آنزیم های طبیعی مانند PPO و POD بستگی دارد که واکنش های قهوه ای شدن را در سطوح برش کاتالیز می کنند. مطالعه ارائه شده نشان می دهد که پلاسمای سرد، به عنوان یک پاستوریزاسیون غیر حرارتی امیدوارکننده است. فناوری قادر است فعالیت این آنزیم ها را در یک سیستم غذایی مدل کاهش دهد. علاوه بر این، تأثیر پارامترهای مختلف درمان را توصیف می کند و بینش هایی را در مورد مکانیسم های غیرفعال می دهد. نتایج به درک اثرات پلاسمای سرد بر فعالیت آنزیم کمک می کند و می تواند مبنایی برای اجرای صنعتی احتمالی باشد.

۳) فشار هیدرواستاتیک بالا (UHP)

در این فناوری از فشارهایی تا ۶۰۰ مگاپاسکال استفاده می شود. فرآیند در دمای پایین انجام می گیرد و باعث نابودی میکروارگانیسم ها بدون تأثیر منفی بر طعم، رنگ و ارزش غذایی می شود. این روش به ویژه در محصولات گوشتی، آبمیوه ها و غذاهای آماده کاربرد دارد. مزایای کلیدی کاربرد UHP شامل توانایی فشار هیدرواستاتیک بالا برای انتقال یکنواخت و فوری در سراسر سیستم های غذایی، مستقل از اندازه و هندسه آنها است. ترکیب UHP با سایر فرآیندهای غیرحرارتی مانند استفاده از پلیمرهای زیستی یا استفاده از پالس های میدان الکتریکی بالا یا درمان های اولتراسونیک محتمل ترین مسیر برای فرآیند موفقیت آمیز آینده و توسعه محصول به نظر می رسد. مقاومت میکروارگانیسم ها در برابر UHP متفاوت است. در حالی که سلول های رویشی در فاز رشد کاملاً به فشار حساس هستند، هاگ های باکتریایی مقاوم ترین هستند و در دمای محیط در طول عملیات تحت فشار و با فشار بالای ۱۰۰ مگاپاسکال زنده می مانند. بسیاری از فعالیت های تحقیقاتی UHP در اروپا و ژاپن در حال انجام است.

۴) فراصوت (Ultrasound)

فناوری فراصوت با ایجاد کاویتاسیون، موجب نابودی بافت های سلولی و کمک به استخراج ترکیبات زیست فعال می شود. این فناوری در صنایع لبنی، نوشیدنی ها و عصاره گیری بسیار پرکاربرد است.

۵) نمک سود کردن (Salting)

نمک زدن یک روش نگهداری قدیمی است که معمولاً به طور جداگانه یا در ترکیب با سایر فرآیندها مانند خشک کردن هوا و کاهش pH استفاده می شود. فرآیندهای سنتی نمک زدایی به دو دسته نمک زدایی و نمک زدایی خشک تقسیم می شوند که هر کدام به طور خاص برای محصولات خاصی اعمال می شوند. به طور کلی، فرآیندهای BVI (فرایندی که به صورت چشمی و با استفاده از تجهیزات خاص از نظر ظاهری مورد ارزیابی قرار می گیرند) حاکی از کاهش قابل توجه زمان نمک کاری، افزایش بازده فرآیند در راستای مقادیر بیشتر نسبت افزایش نمک به از دست دادن آب است. به همین ترتیب، نمونه ها فازهای گاز طبیعی یا مایع محبوس شده در ساختار خود را از دست می دهند و به غلظت نمک صاف تری نسبت به روش های نمک زدایی معمولی می رسند. نمک سود کردن عملیات متداول نگهداری مواد غذایی در گوشت، ماهی، لبنیات و برخی محصولات گیاهی مانند ترشی و زیتون است. در بسیاری از موارد، فرآیند تخمیر به دنبال عملیات نمک زدایی انجام می شود که به حفظ مواد غذایی و توسعه خواص مشخصه آن کمک می کند. در طول نمک زدن، دو شار اصلی رخ می دهد: جذب NaCl و سایر ترکیبات عمل آوری احتمالی، و از دست دادن آب و برخی مواد جامد محلول داخلی. هدف از این عملیات کاهش فعالیت آب محصول (aw) به منظور بهبود پایداری میکروبی، شیمیایی و بیوشیمیایی آن است. نمک زدن همچنین به ایجاد طعم مشخصه مطلوب محصولات کمک می کند. فرآیند نمک زدن را می توان با روش های مختلفی انجام داد که معمول ترین آنها نمک زدن خشک و آب نمک یا ترکیبی از هر دو روش است. به همین ترتیب، نمک زدایی با سایر عملیات مانند دود کردن، اسیدی کردن یا خشک کردن در هوا ترکیب می شود تا محصول نهایی پایدار به دست آید. در این موارد پایداری محصول با کاهش aw و pH و با عملکرد



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



میکروارگانیزم‌های رقابتی افزایش می‌یابد. محصولات شور را می‌توان در دو گروه نمکی عمیق و کم نمک با نیازهای نمکی و مصرفی بسیار متفاوت طبقه بندی کرد. اولی ها باید قبل از مصرف نمک زدایی شوند و مقدار aw آنها نزدیک به ۰/۷۵ است زیرا فاز مایع (نسبت متفاوت) اشباع شده در NaCl دارند. در میان محصولات با نمک عمیق می‌توان ماهی کاد و تاساجو (محصولات گوشت خشک سنتی از کشورهای مختلف آمریکای لاتین) را یافت. برای رسیدن به رطوبت مشخصه و aw، محصولات با نمک خشک متعادل می‌شوند یا قبل از نمک زدن در معرض آفتاب یا هوا خشک می‌شوند. محصولات کم نمک (ژامبون، پنیر، سوسیس، زیتون، ترشی و غیره) مستقیماً مصرف می‌شود. اینها همچنین تخمیر یا رسیده می‌شوند که حفظ آنها را افزایش میدهد و خواص خاصی می‌دهد. به دلیل مقادیر کم انتشار نمک در دماهای پایین مورد نیاز برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی در حین عملیات، فرآیند نمک زدن قطعات بزرگ غذا معمولاً کند است و ممکن است چندین روز طول بکشد. این امر مستلزم مدیریت و بازیافت ضایعات مقادیر زیادی آب نمک و نیاز به کارخانه های نمک بسیار بزرگ برای دستیابی به تولید معقول است. اخیراً گزارش شده است که استفاده از خلاء در فرآیند نمک کاری باعث کاهش زمان نمک زدایی در پنیرهای نوع مانچگو و ژامبون برای پخت می‌شود و در عین حال باعث ترویج توزیع نمک در محصول می‌شود. جذب نمک با جفت شدن مکانیسم‌های هیدرودینامیکی (HDM) با پدیده‌های انتشاری که توسط گرادیان‌های غلظت ترویج می‌شوند، تسریع می‌یابد. HDM به دلیل اثر شیب فشار، به دلیل اثر مویرگی یا تغییرات فشار تحمیلی است. هنگامی که این شیب ها با اعمال فشار خلاء در مرحله اول فرآیند تحریک می‌شوند، باعث خروج گاز یا مایع داخلی و جایگزینی کارآمد آنها توسط مایع خارجی می‌شوند و در نتیجه بهره املاح خارجی را بهبود می‌بخشند.

۶) دود دادن (Smoking)

دود دادن نه تنها باعث طعم دهی و بهبود رنگ محصول می‌شود، بلکه دارای خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی است. استفاده از دود مایع به عنوان جایگزین ایمن تر برای دود مستقیم، همراه با فراوری غیر حرارتی، کیفیت و ایمنی غذا را بهبود می‌بخشد.

تبدیل فن آوری های پیرولیز زیست توده برای تولید طعم دهنده مواد غذایی با دود مایع: دود مایع به عنوان یک ماده غذایی کاملاً طبیعی به طور سنتی از طریق دود کردن تولید می‌شود. این فرآیند بازده کمی دارد و باعث آلودگی هوا می‌شود. پیرولیز زیست توده یک فرآیند ترموشیمیایی پیشرفته است که می‌تواند جایگزین سوختن شود و از این رو، تولید را به یک فرآیند دایره ای انتقال دهد. دود مایع دارای یک بازار بالغ و به طور پیوسته در حال رشد است که فرصتی برای تجاری سازی پیرولیز زیست توده فراهم می‌کند. مزیت تولید دود مایع با پیرولیز سریع، سود ناخالص بالاتر نسبت به تولید روغن زیستی است. چالش هایی نیز در این دگرگونی به دلیل الزامات بیشتر برای تولید محصولات غذایی مانند استانداردهای ایمنی مواد غذایی و مشخصات کیفیت حسی وجود دارد. دود مایع تغلیظ شده از دود چوب به عنوان یک ماده غذایی برای بهبود نگهداری، طعم دهی و رنگ آمیزی غذای تیمار شده استفاده شده است. دود مایع را می‌توان بر روی غذا اسپری کرد، به داخل آن تزریق کرد یا با آن مخلوط کرد و اثراتی مشابه سیگار کشیدن غذاهای معمولی ایجاد کرد. اندازه بازار جهانی دود مایع در سال ۲۰۱۸ به ۵۶.۵ میلیون دلار رسید. نام‌های دیگری که دود مایع با آن شناخته می‌شود عبارتند از: طعم دهنده دود، میعانات دود، سرکه چوب و اسید پیرولین. استفاده از دود مایع شامل کشاورزی به عنوان کود، آفت کش و عامل محرک رشد است و همچنین منبعی از ترکیبات فعال زیستی است که عمدتاً پلی فنول های مشتق شده از لیگنین هستند. روش سنتی تولید دود مایع دود کردن است، فرآیندی که شامل سوختن آهسته است که عرضه اکسیژن برای تولید دود را محدود می‌کند. این فرآیند دارای راندمان پایین و آلودگی هوا است که CO و NOx تولید می‌کند که برای محیط زیست مضر است. پیرولیز زیست توده یک فناوری پیشرفته است که دود مایع تولید می‌کند، یک منطقه تحقیقاتی در حال رشد سریع در فناوری منابع زیستی. پیرولیز زیست توده یک فرآیند تجزیه حرارتی تحت یک جو بی اثر است که برای تبدیل مواد آلی جامد به گازهای مایع، جامد و غیر قابل تراکم استفاده می‌شود. این



فناوری تولید مایع را افزایش می دهد و بازده دود مایع را افزایش می دهد. از مزایای آن نسبت به دود کردن می توان به تولید دود بهتر، کنترل آسان کیفیت محصول و آلودگی کمتر محیطی اشاره کرد.

۷) بسته بندی نوین و هوشمند

فناوری های بسته بندی هوشمند و فعال نقش مهمی در افزایش ایمنی، کاهش ضایعات و حفظ ترکیبات زیست فعال ایفا می کنند. بسته بندی های فعال می توانند ترکیبات ضد میکروبی یا جاذب اکسیژن را در خود داشته باشند. از نوآوری های دیگر می توان به استفاده از نانوذرات فلزی مانند نقره و روی، یا بسته بندی های زیست تجزیه پذیر حاوی ترکیبات آنتی اکسیدانی اشاره کرد. هدف بسته بندی هوشمند افزایش ایمنی و کیفیت محصولات غذایی بسته بندی شده و ماندگاری آنها با فعال کردن تعامل بین مواد بسته بندی و محصولات غذایی است. بسته بندی هوشمند به مواد بسته بندی اطلاق می شود که می توانند با محصولات تعامل داشته باشند و پارامترهای مختلفی مانند رطوبت، دما و ترکیب گاز را نظارت و کنترل کنند. با این حال، این ویژگی با ترکیب مواد افزودنی مشتق شده از منابع طبیعی، که دارای خواص عملکردی هستند، به دست می آید که بسته بندی هوشمند را موثر می کند و کاربردهای آن را گسترش می دهد.

الف) بسته بندی هوشمند مواد غذایی که با رویکردهای نانوفناوری و دارورسانی طراحی شده است:

در حال حاضر، نانوکامپوزیت ها در بسیاری از کاربردهای پزشکی و صنعتی استفاده می شوند، اما به طور فزاینده ای در بسته بندی مواد غذایی نیز استفاده می شوند. تحقیقات گسترده ای در مورد استفاده از مواد نانوکامپوزیت در صنایع غذایی با هدف اصلی افزایش ماندگاری مواد غذایی و به حداقل رساندن تلفات انجام شده است که به عنوان بسیار حساس به آلودگی باکتریایی/قارچی شناخته می شود. هدف اصلی استفاده از مواد پلیمری در صنایع غذایی، تولید بسته بندی است که از مواد غذایی در برابر شرایط نامطلوب محیطی (گرد و غبار، گاز، نور و رطوبت)، میکروارگانیسم های بیماری زا یا آلودگی شیمیایی در حین نگهداری و توزیع محافظت می کند. بسته بندی مواد غذایی باید بتواند کیفیت و ایمنی مواد غذایی را در سراسر زنجیره توزیع و همچنین در طول ذخیره سازی، از جمله نگهداری در قفسه، تضمین کند. نانومواد به کار رفته در بسته بندی و ایمنی مواد غذایی به اشکال مختلف از توده های زیست فعال گرفته تا پوشش های زیست فعال هستند. زیست فعالی معمولاً با استفاده از عوامل فعال مختلف اعطا می شود: زیست کش های طبیعی یا مصنوعی از جمله اسانس ها و عصاره های طبیعی. نانوذرات از جمله نانوذرات فلزی و اکسید فلزی و غیره. فعالیت ضد میکروبی را می توان با مکانیسم های مختلف، از طریق تماس یا آزادسازی تضمین کرد. محصور کردن نانوذرات یکی از مکانیسم های مورد استفاده است و می تواند خواص جدیدی مانند القای ظرفیت ضد میکروبی یا حتی آنتی بیوفیلیم به سطح بدهد. به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی عالی و همچنین پتانسیل ضد میکروبی این نانومواد، آنها به طور گسترده در برابر پاتوژن های مختلف (بیشتر میکروارگانیسم ها، ویروس ها یا قارچ ها) در پزشکی، تصفیه آب، حفاظت از محصولات، ایمنی مواد غذایی و نگهداری مواد غذایی استفاده می شوند. معمولاً فعالیت ضد میکروبی این نانوذرات به دلیل آسیب غشاهای میکروبی، استرس اکسیداتیو یا دناتوره شدن پروتئین ها در نظر گرفته می شود. همچنین ذکر این نکته ضروری است که طیف گسترده ای از عوامل فعال بیولوژیکی، مواد مصنوعی و طبیعی (اسانس ها و عصاره های طبیعی) به طور فزاینده ای به منظور توسعه سیستم های دارورسانی یا سطوح ضد میکروبی مورد استفاده قرار می گیرند و این فناوری به آرامی به سمت ایجاد مواد بسته بندی مواد غذایی زیست فعال نیز هدایت می شود.

ب) پلیمرهای زیست فعال بومی به عنوان مواد بسته بندی:

بسته بندی مواد غذایی پلیمری به دو دسته تقسیم می شود: زیست تخریب پذیر و غیر زیست تخریب پذیر. اگرچه پلیمرهای زیست تخریب ناپذیر بیشترین استفاده را دارند، اما در درازمدت آلودگی زیست محیطی زیادی ایجاد می کنند و بنابراین، پلیمرهای زیست تخریب پذیر به دلیل سبز بودن، تجدید پذیر و دوستدار محیط زیست امیدوارکننده تر هستند. به خوبی شناخته شده است که در سراسر جهان، استفاده از پلیمرهای غیرقابل تجزیه به شدت کاهش یافته و محدودیت های بیشتری در آینده نزدیک اعمال خواهد شد. پلیمرهای زیست فعال متعددی وجود دارد که می توان از آنها در تولید بسته بندی مواد غذایی



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



استفاده کرد. این پلیمرهای زیست فعال می توانند به عنوان ضد میکروبی، آنتی اکسیدان، موانع آب و اکسیژن عمل کنند و بنابراین با تخریب محدود مواد غذایی، ماندگاری را افزایش می دهند. همراه با فعالیت بومی، عملکردها را می توان با بارگذاری اجزای اضافی بهبود بخشید. این مواد بسته بندی مواد غذایی برای تماس با مواد غذایی طبق مقررات موجود ساخته شده اند. (ج) پلیمرهای نانوساختار به عنوان مواد بسته بندی:

بسته بندی نانوکامپوزیت با توجه به ویژگی های نوآورانه ای مانند حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی و همچنین افزایش ماندگاری مواد غذایی، پتانسیل بالایی به عنوان یک فناوری نوآورانه بسته بندی مواد غذایی دارد. نانوکامپوزیت های پلیمری مورد استفاده در تولید مواد بسته بندی مواد غذایی عمدتاً از ماتریس پلیمری، نانوپرکننده ها، نرم کننده ها و سازگارکننده ها تشکیل شده اند. یکی از کاربردی ترین کاربردهای نانوکامپوزیت ها در بسته بندی مواد غذایی، افزودن اجزای با ابعاد نانو به مواد بسته بندی سنتی مانند فلزات و اکسیدهای فلزی، نانوذرات، زئولیت ها، شیشه و همچنین پلیمرهای آلی، سلولز، پلاستیک های مصنوعی مختلف مانند PE، PP، PS، PVC و غیره است. چندین نوع از نانوذرات در مواد بسته بندی مواد غذایی مورد بهره برداری قرار می گیرند، زیرا این نانوذرات می توانند مزایایی به ویژه فعالیت ضد میکروبی ایجاد کنند، همچنین می توانند خواص مکانیکی، گاز و سد بخار آب و غیره را تنظیم کنند این خواص به شدت با ماهیت و محتوای نانوذرات همبستگی دارد. (د) بسته بندی مواد غذایی با پروبیوتیک:

پروبیوتیک ها را نیز می توان در داخل فیلم ها قرار داد که عملکردهای متعددی را در بسته بندی مواد غذایی توسعه یافته تضمین می کند. بررسی گسترده ای در این زمینه توسط پاولی و همکاران منتشر شد. در سال ۲۰۱۸ و نتیجه گیری شد که بیشتر پلیمرهای زیستی می توانند میزبان پروبیوتیک ها باشند در حالی که بسته بندی مواد غذایی مشتق شده را می توان در چندین کاربرد مانند ماست، پنیر، آبمیوه و محافظت از شکلات استفاده کرد. به عنوان مثال، نامراتا و همکاران. برخی از لایه های کامپوزیتی مبتنی بر پکتین، آلژینات و کازئین تولید کردند و آنها را با یک پروبیوتیک به نام *Enterococcus faecium* Rp1 پر کردند. گلیسرول به عنوان یک نرم کننده استفاده شد و سیستم های چهارتایی بهبود قابل توجهی در عملکرد ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی همراه با افزایش خواص ساختاری، نوری و حرارتی نشان دادند در حالی که زنده ماندن پروبیوتیک ها تا ۳۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد حفظ شد.

(ه) استراتژی های پایدار برای استفاده از عصاره های طبیعی در بسته بندی هوشمند مواد:

ادغام ترکیبات زیست فعال مشتق شده از منابع طبیعی در بسته بندی هوشمند از اهمیت بالایی برخوردار است. ترکیبات زیست فعال ترکیبات طبیعی هستند که فعالیت بیولوژیکی دارند و در مجموعه ای از مخازن طبیعی از جمله گیاهان، میوه ها، سبزیجات و سایر منابع آلی وجود دارند. این ترکیبات، به ویژه ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها و پتیدها، دارای خواص عملکردی از جمله اثرات آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی هستند. آنها نه تنها ایمنی و کیفیت مواد غذایی بسته بندی شده را افزایش می دهند، بلکه به توسعه فیلم های زیست فعال نوآورانه با قابلیت های آنتی اکسیدانی، عملکردهای ضد میکروبی و رنگ آمیزی نوآورانه کمک می کنند. ثابت شده است که فیلم های بیواکتیو در افزایش پایداری و افزایش ماندگاری محصولات غذایی موثر هستند. علاوه بر این، ادغام استراتژیک فیلم های زیست فعال به عنوان حسگرهای زیستی و شاخص های رنگ سنجی، توانایی آنها را برای اطمینان از رضایت مشتری و ایمنی غذای بسته بندی شده نشان می دهد. این ترکیبات دارای طیف گسترده ای از خواص عملکردی مانند اثرات آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد التهابی هستند و بنابراین برای استفاده در بسته بندی هوشمند جذاب هستند. با این حال، استخراج آنها از منابع طبیعی به دلیل ساختارهای شیمیایی پیچیده و غلظت کم آنها می تواند یک کار چالش برانگیز باشد. علاوه بر این، روش های سنتی استخراج، مانند استخراج سوکسله، استخراج با حلال و تقطیر با بخار، برای محیط زیست مضر، پرهزینه و زمان بر هستند. تکنیک های استخراج سبز به عنوان جایگزین های امیدوارکننده برای استخراج ترکیبات زیست فعال از منابع طبیعی پیشنهاد شده اند. استخراج سبز با استفاده از روش های پایدار و سازگار با محیط زیست، استفاده از حلال های مضر را به حداقل می رساند و رد پای زیست محیطی فرآیندهای استخراج را کاهش می دهد. افزایش بازده استخراج، افزایش کیفیت محصول و کوتاه شدن مدت زمان استخراج از جمله مزایایی است که در این روش ها به نمایش گذاشته شده است. تکنیک های استخراج سبز می توانند به طور موثر طیف گسترده ای از ترکیبات زیست فعال را از منابع طبیعی



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

استخراج کنند، از جمله پلی فنول ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و اسانس ها. در میان تمام تکنیک های رایج برای استخراج سبز ترکیبات زیست فعال می توان به استخراج به کمک اولتراسوند (UAE)، استخراج به کمک مایکروویو (MAE)، استخراج مایع فوق بحرانی (SFE) و استخراج مایع تحت فشار (PLE) اشاره کرد. عوامل مختلفی از جمله ماهیت ترکیبات فعال زیستی، منابع مواد و خواص مطلوب مواد استخراج شده، بر انتخاب روش های استخراج تأثیر می گذارند. تمرکز اخیر بر تولید پایدار و اقتصاد دایره ای منجر به پیشرفت های قابل توجهی در مطالعه ترکیبات زیست فعال در بسته بندی های چند منظوره شده است.

۳- نتیجه گیری

استفاده از فناوری های نوین غیر حرارتی راهکاری مؤثر برای تولید غذاهای سالم تر، ایمن تر و با ارزش تغذیه ای بالا فراهم کرده است. در عین حال، ترکیب این فناوری ها با روش های سنتی مانند نمک سود کردن و دود دادن، به حفظ ویژگی های فرهنگی و حسی غذا کمک می کند. همچنین بهره گیری از بسته بندی هوشمند و فعال، مکمل مهمی برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات فراسودمند است. با توجه به روند رو به رشد علاقه مصرف کنندگان به غذاهای عملکردی و طبیعی، توسعه این رویکردهای ترکیبی می تواند آینده ای پایدار و سالم تر برای صنعت غذا رقم بزند.

منابع

1. Eissa, A. A. (Ed.). (2012). Structure and function of food engineering. BoD-Books on Demand
- Knorr, D., Ade-Omowaye, B. I. O., & Heinz, V. (2002). Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. Proceedings of the nutrition society, 61(2), 311-318
2. Motelica, L., Fica, D., Oprea, O. C., Fica, A., & Andronescu, E. (2020). Smart food packaging designed by nanotechnological and drug delivery approaches. Coatings, 10(9), 806
3. Surowsky, B., Fischer, A., Schlueter, O., & Knorr, D. (2013). Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 19, 146-152
4. Sheibani, S., Jafarzadeh, S., Qazanfarzadeh, Z., Wijekoon, M. J. O., Rozalli, N. H. M., & Nafchi, A. M. (2024). Sustainable strategies for using natural extracts in smart food packaging. International journal of biological macromolecules, 267, 131537.
5. Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2021). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. Journal of Cleaner Production, 294, 125368.