

استفاده از تکنیک‌های نوین در بسته‌بندی انواع کیک

آسیه قیافه شیرزادی^۱، ناصر صداقت^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، ۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴)

چکیده

توسعه‌ی اجتماعی - اقتصادی و تنوع محصولات پخت، علی‌الخصوص کیک‌ها، باعث شده که این محصولات به جایگاهی قابل توجه در سبد غذایی سراسر مردم جهان دست یابد. باین‌حال، آلودگی میکروبی، اکسیداسیون لیپیدها، از بین رفتن مواد مغذی و همچنین پروتئین‌ها در این محصولات، ممکن است باعث خسارات اقتصادی قابل توجهی شود و همچنین سلامت مصرف‌کننده را به خطر بیندازد. کیفیت و ویژگی ایمنی محصولات به شدت به مواد بسته‌بندی و تکنولوژی بسته‌بندی وابسته است. تحقیق در مورد روش‌های نوین بسته‌بندی از جمله بسته‌بندی فعال پیشرفته‌ی فوق‌العاده برای حل مشکلات اقتصادی و ایمنی مصرف‌کننده است و درعین حال روش‌های نوآورانه‌ای برای افزایش عمر مفید محصولات و حفظ کیفیت کیک‌ها ارائه می‌دهد. این مقاله مروری به بررسی عوامل مؤثر بر ماندگاری محصول کیک و عامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی و بهره‌گیری از مواد طبیعی در بسته‌بندی به منظور افزایش مدت ماندگاری محصول است و همچنین درباره‌ی مواد بسته‌بندی فعال مختلف با کاربردهای بی‌شمار در این نوع محصولات غذایی از جمله بسته‌بندی ضد میکروبی، بسته‌بندی آنتی‌اکسیدان، جاذب‌های رطوبت و انتشاردهنده‌ی اتانول بحث می‌کند.

کلیدواژه: بسته‌بندی کیک، بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی، انتشاردهنده‌ی اتانول، جاذب رطوبت

۱- مقدمه

رشد استفاده کنند. علاوه بر این، میزان اکسیژن می‌تواند بر میزان فساد و اکسیداسیون محصول کیک که دارای محتوی چربی بالا است، تأثیر بگذارد. بنابراین، کیک‌ها مستعد فساد اکسیداتیو که منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد^۳ و پراکسید است، هستند [۶]. به‌طور کلی a_w یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محصول است که بر رشد میکروارگانیسم‌ها تأثیر می‌گذارد. طبق مطالعات انجام‌شده تقریباً همه باکتری‌ها، مخمرها و کیک‌ها می‌توانند در کیک‌های با رطوبت بالا و a_w ۰.۹۹-۰.۹۰ (رشد کنند [۶]. به‌طور مشابه، pH مطلوب برای رشد اکثر میکروارگانیسم‌ها حدود ۷ (در محدوده ۷.۵-۶.۶) است [۵]. بنابراین کیک‌ها دارای pH حدود ۶، رطوبت و a_w بالا هستند که مستعد آلودگی و فساد میکروارگانیسم‌ها است [۷]. علاوه بر این استفاده از شکر و نمک می‌تواند به‌عنوان جلوگیری از رشد میکروبی در نظر گرفته شود و عمر مفید محصولات را افزایش دهد [۸].

به‌طور کلی، باکتری‌ها، مخمرها و کیک‌ها میکروارگانیسم‌هایی هستند که محصولات غذایی را فاسد و بسیاری از سویه‌های اسپریلوس^۴ و پنی سیلیوم^۵ میکوتوکسین‌هایی^۶ را تولید می‌کنند که باعث بیماری می‌شود. صنایع غذایی برای نگهداری مواد غذایی به استفاده از مواد شیمیایی متکی است. افزودنی‌های غذایی عبارت است از: نگه‌دارنده‌ها (ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها^۷ و عوامل ضد قهوه‌ای)، افزودنی‌های تغذیه‌ای، طعم‌دهنده‌ها (شیرین‌کننده‌ها و تقویت‌کننده‌های طعم) و مواد بافت‌دهنده (تثبیت‌کننده‌ها^۸ و امولسیفایرها^۹). معمولاً از نگه‌دارنده‌های شیمیایی برای جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و رشد میکروارگانیسم‌ها در صنایع غذایی استفاده می‌شود. استفاده از نیتريت^{۱۰} و دی‌اکسید گوگرد^{۱۱} (مواد نگه‌دارنده‌ی شیمیایی) می‌تواند عوارض جانبی بر روی غذاها و سلامت انسان داشته باشد. به دلیل استفاده‌ی زیاد از این مواد، باکتری‌ها مقاوم شده‌اند و مصرف‌کنندگان به دنبال محصولات طبیعی با نگه‌دارنده‌های غیرشیمیایی هستند؛ بنابراین نیاز به یافتن نگه‌دارنده‌های طبیعی است. با توجه به این نیازها، حفظ زیستی و بسته‌بندی فعال در نظر گرفته می‌شود. بیشترین ترکیبات ضدمیکروبی شامل عصاره (دانه‌ی انگور، چای و توت‌فرنگی)، آنزیم‌ها (لیزوزیم^{۱۲} و لاکتوفرین^۱) باکتریوسین‌ها^۲

امروزه ضرورت و اهمیت بسته‌بندی محصولات غذایی کاملاً روشن است؛ زیرا نقش محافظتی در مدت‌زمان نگهداری، جابه‌جایی و حمل‌ونقل دارد. باین‌وجود کیک‌ها توان ماندگاری تنها در محدوده‌ی ۳-۵ روزه را بدون افزودن ماده‌ی نگه‌دارنده دارند. آن‌ها در طول عمر مفید خود دچار یک سری تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی می‌شوند. تغییرات فیزیکی و شیمیایی باعث از بین رفتن طراوت و طعم و بافت شده، همچنین با رشد کپک و مخمر باعث ایجاد ظاهر نامطلوب می‌گردد [۱]. بنابراین بسته‌بندی مناسب این‌گونه محصولات به ماندگاری بالا و افزایش میزان صادرات آن کمک می‌کند. طبق آماري که در سازمان «توسعه‌وتجارت» منتشر شده میزان صادرات کیک و شیرینی‌ها در شش ماه نخست سال ۱۴۰۰ میزان ۱۱۶،۲۷ میلیون تن و میزان ۹۲،۷۲ میلیون دلار ارزی داشته است [۲]. در واقع بسته‌بندی باعث پوشش و محافظت‌شده، و آن‌ها را در مقابل عوامل خارجی حفظ و تبادل اکسیژن را با محیط کند و یا سخت می‌کند. همچنین در اثر بسته‌بندی مناسب باعث حفظ مواد آروماتیک و رطوبت محصول در حین نگهداری می‌شود. بنابراین بسته‌بندی آخرین مرحله‌ی فرآیند و جز لاینفک آن به حساب می‌آید که با انتخاب مواد اولیه مناسب بسته‌بندی و استفاده از تکنیک مناسب موجب افزایش ماندگاری و بازار مصرف این محصول می‌شود [۳]. همچنین با توجه به علاقه‌ی زیاد افراد به محصول کیک به‌ویژه کودکان، بسته‌بندی مناسب به جهت افزایش طول ماندگاری و حفظ ترکیبات تغذیه‌ای و کیفیت آن دارای اهمیت بسیار است [۴]. در این مقاله سعی بر این است که تکنیک [M1]های روز دنیا جهت بسته‌بندی کیک‌ها به جهت افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت معرفی و به مزایا و معایب هریک از این روش‌ها پرداخته شود.

۲- ویژگی محصول کیک

کیک‌ها محصولاتی هستند که سریع فاسد می‌شوند. به همین منظور نیاز به مواد مناسب جهت جلوگیری از فساد و رشد میکروارگانیسم‌های^۱ بیماری‌زا دارند که منجر به افزایش مدت ماندگاری آن‌ها شود [۵]. ویژگی‌های محصول که بر آلودگی میکروبی تأثیر می‌گذارد شامل: ترکیبات مغذی، میزان اکسیژن، میزان رطوبت، فعالیت آبی^۲ (a_w)، pH و مواد افزودنی است. همچنین ثابت شده است که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند ترکیبات مغذی نظیر پروتئین، لیپید و کربوهیدرات‌ها را که منبع غنی از انرژی‌اند، تجزیه و برای

³. Free radicals

⁴. Aspergillus

⁵. Penicillium

⁶. Mycotoxins

⁷. Antioxidants

⁸. Stabilizers

⁹. Emulsifiers

¹⁰. Nitrite

¹¹. Sulfur Dioxide

¹². lysozyme

¹. Microorganisms

². Water activity

۴- شرایط نگهداری

مورد دیگری که بر ماندگاری محصولات تأثیر می‌گذارد، شرایط نگهداری آن‌ها است. محتوای میکروبی در محیط ذخیره‌سازی به‌طور مستقیم عمر مفید کیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. محتوای میکروبی بالا به‌سرعت منجر به خراب شدن آن‌ها می‌شود که باعث ایجاد خطر ایمنی برای سلامت مصرف‌کننده می‌گردد. علاوه بر این عوامل محیطی مانند نور، رطوبت نسبی محیط و دمای ذخیره‌سازی بر میزان بیاتی و فساد محصولات تأثیر می‌گذارند و عمر مفید نگهداری محصولات را محدود می‌کند [۱۳]. به‌طور کلی نور، اکسیژن و دما می‌تواند باعث تغییر رنگ شود. زیرا آن‌ها حاوی مولکول‌هایی نظیر چربی هستند که به هریک از عوامل بالا حساس هستند [۱۴]. دما و رطوبت تا حد زیادی بر تولید سم از کیک‌ها تأثیر می‌گذارد. زیرا این میکروب‌ها بیشتر در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰ درصد رشد می‌کنند [۱].

۵- ویژگی بسته‌بندی

بسته‌بندی ابزاری مؤثر برای محافظت از مواد غذایی در برابر عوامل خارجی است که در امر فروش، نگهداری و حتی در زمان تهیه‌ی محصول ضروری است [۱۵]. مواد بسته‌بندی مختلف، تأثیر بسزایی بر ماندگاری محصولات دارد. خواص موردنیاز برای مواد بسته‌بندی شامل، خاصیت مانع‌کنندگی گازها، ممانعت‌کنندگی UV^۹، پایداری حرارتی، ویژگی‌های مکانیکی، ترکیب گازهای موجود در فضای خالی بسته‌بندی و ویژگی‌های عملکردی (ضدمیکروبی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) است [۱۶]. کیک‌ها بیشتر در معرض له‌شدگی هستند؛ بنابراین معمولاً در بسته‌بندی‌های مقاوم به چربی از جنس کیسه‌های مقوایی با پنجره‌های سلوفان شفاف بسته‌بندی می‌شوند. همچنین آن‌ها به یک پوشش خوب مقاوم در برابر چربی، مانند فیلم چسبناک یا صفحات بر پایه‌ی فویل آلومینیومی نیاز دارند [۱۳]. از سوی دیگر، روش‌های بسته‌بندی نیز برای افزایش ماندگاری بسیار مهم هستند. بسته‌بندی وکیوم، تزریق گاز نیتروژن و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)^{۱۰} می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی رشد میکروارگانیسم‌های مولد فساد را کاهش دهد [۸].

به‌طور کلی تعامل بین بسیاری از عوامل، از جمله: ویژگی محصول، شرایط تولید و شرایط نگهداری و همچنین ویژگی بسته‌بندی باعث تخمین زمان ماندگاری محصول کیک و پتانسیل افزایش ضایعات در

(نایسین^۳ و ناتامایسین^۴) و ویتامین‌ها (آلفا-توکوفرول^۵ و اسید اسکوربیک^۶) است. آن‌ها را می‌توان به‌طور مستقیم به محصول اضافه کرد و یا در بسته‌بندی قرارداد که قرار دادن در داخل بسته‌بندی مفید فایده است. همه‌ی عصاره‌های گیاهی دارای اثر بازدارندگی در برابر ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، فساد اکسیداتیو و حشرات هستند. همچنین می‌توان روغن‌های ضروری^۷ را از میخک، دارچین، پونه‌ی گیاهی، مرکبات، جعفری و وانیلین^۸ که از عوامل ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی هستند و در بسته‌بندی زیست فعال مواد غذایی استفاده می‌شوند، به دست آورد [۹].

۳- شرایط تولید محصول

متداول‌ترین پارامترهای فرآوری شامل: زمان / دمای پخت، زمان خنک شدن و محیط خط فرآیند پخت است. به‌عنوان مثال، در کیک، زمان پخت و درجه‌ی حرارت نقش زیادی در کیفیت محصول نهایی دارد. همچنین با تغییر در خواص نشاسته‌ی ژلاتینه‌شده و کریستالی نشاسته می‌توان کیفیت محصول نهایی را به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر قرارداد [۱۰]. در واقع، کیک‌ها و هاگ‌ها در اثر حرارت غیرفعال می‌شوند و اگر زمان و دمای پخت ناکافی باشد، منجر به زنده ماندن تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌ها مانند کپک و مخمر می‌شود که بر کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارد. علاوه‌براین، دوره‌ی خنک شدن محصول نقش حیاتی در فرآیند بسته‌بندی محصول نهایی دارد. در واقع به دلیل دمای بالا و متراکم شدن بخار آب در بسته‌بندی کیک تازه‌ی پخته‌شده شرایطی را برای رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند. در سطوح رطوبت بالا (a_w: 0.94-0.99) رشد تقریباً همه باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها تشدید می‌شود [۱۱]. با این حال، در طول دوره‌ی خنک شدن افت کیفیت به‌صورت تدریجی و اجتناب‌ناپذیری شروع می‌شود. همان‌طور که این محصول به آرامی در دمای محیط خنک می‌شود، ترکیبات طعم‌دهنده موجود در فاز بخار جذب کیک، بعد از متراکم شدن بخار می‌شوند. سپس عمدتاً از پوسته آن‌ها تبخیر شده و منجر به از بین رفتن سریع عطر و بوی محصولات می‌شود [۱۲]. بنابراین داشتن محیط تولید مناسب، تضمینی برای نگهداری است. همچنین سطح بهداشت تولیدکنندگان مواد غذایی و محیط فرآوری تأثیر بسزایی بر کیفیت محصولات نهایی دارد [۸].

¹. Lactoferrin

². Bacteriocins

³. Nisin

⁴. Natamycin

⁵. α-tocopherol

⁶. Ascorbic Acid

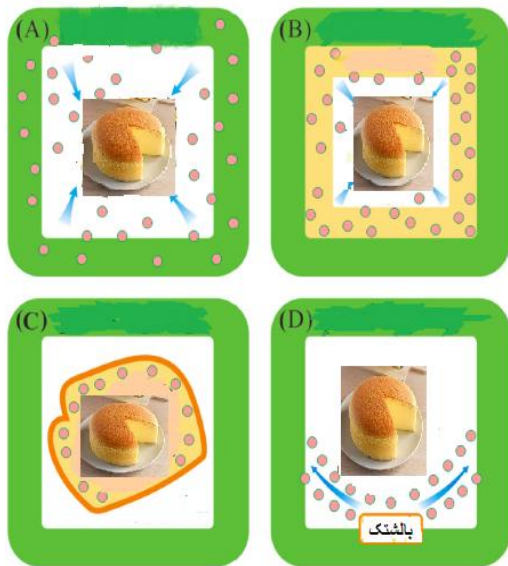
⁷. Essential oils (EOs)

⁸. Vanillin

⁹. UV barrier

¹⁰. Modified Atmosphere Packaging

طولانی تری می‌تواند از رشد قارچ‌ها جلوگیری کند و باعث حفظ کیفیت شیمیایی و حسی در کیک شود [۱۹]. از انواع بسته‌بندی‌های ضد میکروبی می‌توان به ۱-افزودن مستقیم به بسته‌بندی ضد میکروبی ۲-پوشش سطحی بسته‌بندی ضد میکروبی ۳-پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی زیست‌فعال ۴-بالتک / پد بسته‌بندی ضد میکروبی ۵-پلیمرهای ضد میکروبی ۶-بسته‌بندی ضد میکروبی پاسخ‌گو به محرک اشاره نمود. در شکل (۲) چهار شکل عمده از بسته‌بندی ضد میکروبی برای بسته‌بندی کیک نشان داده شده است [۸].



شکل (۲): چهار مدل از سیستم‌های رهاسازی ضد میکروبی [۸].

A افزودن مستقیم به بسته‌بندی ضد میکروبی

B پوشش سطحی بسته‌بندی ضد میکروبی

C پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی زیست‌فعال

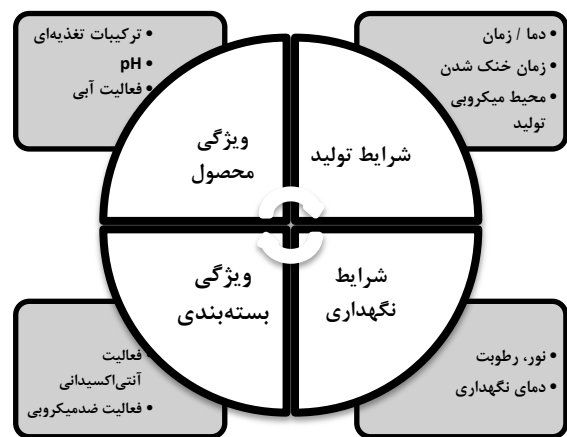
D بالتک / پد بسته‌بندی ضد میکروبی

۶-۱-۱- افزودن مستقیم به بسته‌بندی ضد میکروبی

ادغام مستقیم ترکیبات ضد میکروبی در فیلم‌های بسته‌بندی رایج‌ترین روش برای تحقق فعالیت‌های ضد میکروبی است (شکل ۲-A). انواع مختلفی از ترکیبات ضد میکروبی با روش‌های متفاوت به مواد بسته‌بندی اضافه می‌شود. ضد میکروبی‌های پایدار حرارتی مانند تریکلوزان^۲ و زئولیت‌های جایگزین نقره^۳ را می‌توان با

این صنعت می‌شود. در حال حاضر، بسته‌بندی فعال نقش مهمی در حفظ کیفیت، ایمنی و ماندگاری مواد غذایی از جمله کیک‌ها دارد. انواع مختلف مواد بسته‌بندی فعال مانند بسته‌بندی ضد میکروبی، بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی، جاذب‌های رطوبت، انتشاردهنده‌های اتانول به‌طور بالقوه می‌تواند در بسته‌بندی کیک استفاده گردد.

در شکل (۱) عوامل تأثیرگذار در مدت‌زمان ماندگاری کیک آورده شده است.



شکل (۱): فاکتورهای مؤثر در مدت‌زمان ماندگاری [۸].

۶- بسته‌بندی فعال

۶-۱- بسته‌بندی ضد میکروبی

کیک‌ها مواد مغذی فراوانی را برای رشد میکروارگانیسم‌ها از جمله کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها فراهم می‌کند که این امر موجب تغییرات ظاهری و بافتی و بی‌طعمی در مدتی کوتاه می‌شود [۱۷]. بسته‌بندی ضد میکروبی یک بسته‌بندی جدید است که با رویکرد نوآورانه‌ی خود موجب کاهش و تأخیر در فاز رشد میکروارگانیسم‌ها و موجب افزایش عمر مفید محصول کیک می‌شود [۱۸]. بنابراین، تحقیقات در مورد سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده است. برخی از پیشرفت‌های اخیر در سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی را می‌توان به استفاده از نانوذرات منیزیم اکسید (ZnO) با فیلم‌های امولسیون ژلاتینی^۱ (GNE) برای کیک‌های اسفنجی اشاره کرد. مزیت استفاده از فیلم‌های GNE این است که برای مدت

^۲. Sachet

^۳. Triclosan

^۴. Silver substituted zeolites

^۱. Gelatin emulsion films

انواع پوشش‌های خوراکی زیست‌فعال و فیلم‌ها انجام شده است. گول داس اکپینار و همکاران [۲۵] نشان دادند که پوشش‌های خوراکی حاوی کنستانت‌تری پروتئین آب پنیر و زئین ذرت به روش غوطه‌وری می‌تواند ماندگاری دسر پنیر را افزایش دهد. پیل [۲۳] یک فیلم خوراکی جدید از روغن نباتی و پروتئین‌های تخم‌مرغ تهیه کرد و اثر آن را بر ماندگاری کیک خامه‌ای مورد بررسی قرارداد. فیلم‌های خوراکی بر روی نمونه‌ها ریخته شد و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به ده دقیقه (۵ دقیقه برای هر طرف) خشک گردید. بعد از طی زمان نگهداری متوجه شد که نمونه‌های پوشانده شده با فیلم خوراکی اندکی افزایش رطوبت در پوسته داشته اما هیچ قارچی بر روی آن رشد نکرده است. از این رو، نتیجه گرفته شد که این فیلم می‌تواند به‌طور بالقوه به‌عنوان یک ماده‌ی بسته‌بندی استفاده شود و میزان مصرف بسته‌بندی‌های پلاستیکی را کاهش دهد.

۴-۱-۶- بالشتک/ پد بسته‌بندی ضدمیکروبی

بالشتک‌ها و یا پدهای بسته‌بندی ضدمیکروبی به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که ترکیبات ضدمیکروبی در داخل آن‌ها جاسازی شده است (شکل ۲-D) [۲۶]. نقش عمده‌ی آن‌ها حمل و یا تولید ترکیب ضدمیکروبی و انتشار آن‌ها به‌طور مدام در داخل بسته‌بندی است [۲۷]. طبق نظر پیرا و همکاران [۲۸]، ترکیبات ضدمیکروبی در بالشتک / پدها بسته به ماهیت آن‌ها می‌توانند فرآر و یا غیرفرار باشند. در محصول کیک، ترکیبات فرآر به‌طور گسترده‌ای در بالشتک‌ها استفاده می‌شوند زیرا می‌توانند به داخل ماتریکس مواد غذایی هنگامی که در فاز گازی و بدون تماس مستقیم بین مواد غذایی و مواد بسته‌بندی هستند، نفوذ کنند. به‌عنوان مثال، کیسه‌های حاوی اسانس پونه‌ی گیاهی رشد اشیریشیا کلی^۷، سالمونلا^۸ و قارچ را کنترل کرد [۲۹]. با توجه به افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای غذای با «برچسب تمیز»^۹ بالشتک‌ها و یا پدهای حاوی اسانس کاربرد زیادی دارند [۲۷]. با این حال، بالشتک‌ها و یا پدها نیز محدودیت‌هایی مانند نیاز به مرحله‌ی عملیاتی برای قرار دادن در داخل هر بسته و خطر احتمالی گوارشی ناشی از پاره شدن آن‌ها، دارند.

۴-۲- بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی

جدای از بسته‌بندی ضدمیکروبی، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها در مواد بسته‌بندی برای افزایش ماندگاری محصولات کیک یکی دیگر از روش‌های جدید است. سطوح بالای اکسیژن در

کواکستروژن^۱ و اکستروژن^۲ ترکیب کرد و یا با قالب‌گیری تزریقی به مواد بسته‌بندی افزود [۲۰]. با این حال، ترکیبات ضد میکروبی حساس به حرارت مانند آنزیم‌ها (نظیر آنزیم لیزوزیم) و ترکیبات فرار (نظیر آللیزوتیوسیانات^۳) را می‌توان با ترکیب با حلال به بسته‌بندی اضافه کرد [۲۱]. علاوه بر این، ترکیبات ضدمیکروبی را می‌توان به شکل‌های فیلم‌های چندلایه و یا به روش کپسوله کردن^۴ به‌منظور رهاسازی کنترل شده، اضافه نمود [۸].

۶-۱-۲- پوشش سطحی بسته‌بندی ضدمیکروبی

پوشش سطحی به پوشاندن مواد بسته‌بندی با یک فیلم حاوی ترکیبات ضدمیکروبی اطلاق می‌شود که از طریق تبخیر وارد فضای خالی بسته‌شده و یا از طریق انتشار به سطح غذا مهاجرت می‌کند (شکل ۲-B) [۱۸]. در حال حاضر، معمولاً فیلم‌های مختلفی با اسانس‌های مشتق شده از گیاهانی مانند دارچین، میخک، پونه‌ی گیاهی، آویشن و لیمو با هم ترکیب می‌شوند. برخی ملاحظات در استفاده از اسانس‌ها به‌عنوان فعالیت ضدمیکروبی، برای غیرسمی بودن آن‌ها در نظر گرفته شده است. از این رو، مطالعات متعددی در مورد کاربرد آن‌ها در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی صورت گرفته است [۲۲]. فیلم‌های نانوکامپوزیت^۵ و پوشش‌هایی که بر اساس کیتوزان-کربوکسی متیل سلولز- اولئیک اسید (CMC-CH-OL) تولید شده بود را با غلظت‌های مختلف (۰.۵، ۱، ۲٪) از نانوذرات اکسید روی (ZnO NP) تولید کرد. نتایج نشان داد که فیلم‌ها و پوشش‌ها در کاهش مخمرها و کپک‌ها طی ۱۵ روز مؤثر بودند. به‌طور کلی پوشش سطح بسته‌بندی با انواع مختلف ترکیبات ضدمیکروبی می‌تواند اثربخشی آن را به‌عنوان مواد بسته‌بندی افزایش دهد [۸].

۶-۱-۳- پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی زیست‌فعال

محصول کیک معمولاً در لایه‌ی پلاستیکی به‌منظور افزایش عمر مفید آن‌ها بسته‌بندی می‌شود. با این حال، ماهیت غیرقابل تجزیه زیستی مواد پلاستیکی منجر به مشکلات زیست‌محیطی قابل توجهی می‌شود (شکل ۲-C) [۲۳]. یکی از راه‌های ممکن برای غلبه بر مشکلات زیست‌محیطی استفاده از ترکیبات زیست‌فعال خوراکی متشکل از پروتئین‌ها، لیپیدها و پلی‌ساکاریدها یا ترکیبات آن‌ها که می‌تواند به‌عنوان حامل ترکیبات ضدمیکروبی برای جلوگیری از فساد، باشد [۲۴]. مطالعاتی مبنی بر استفاده از

^۱. Coextrusion

^۲. Extrusion

^۳. Allylthiocyanate

^۴. Capsulation

^۵. Nanocomposite

^۶. Chitosan-carboxymethyl cellulose-oleic acid

^۷. Escherichia coli

^۸. Salmonella

^۹. Clean Label

برای پوشاندن بوی الکل استفاده می‌شود. این انتشاردهنده مزایایی از جمله: ۱- بی‌نیازی به اسپری مستقیم محلول اتانول بر روی محصول برای تولید بخار اتانول ۲- خروج راحت بالشتک‌ها ۳- بی‌نیازی از نگهدارنده‌ی شیمیایی ۴- ارزان‌قیمت بودن دارد [۱]. با این‌وجود یکی از اصلی‌ترین معایب استفاده از انتشاردهنده ی اتانول به‌عنوان بسته‌بندی فعال، نوسانات بالا و نرخ انتشار کنترل نشده‌ی آن است که در نهایت موجب پذیرش پایین مصرف‌کننده می‌شود [۳۳]. جنجارا اسکول و همکاران [۳۴] گزارش دادند که بسته‌ی فعال متشکل از انتشاردهنده‌ی اتانول و جاذب اکسیژن در بسته‌بندی با نایلون و نایلون باروکش PVDC، نقش مهمی در افزایش ماندگاری کیک اسفنجی بدون افزودن مواد نگهدارنده داشته است. همچنین در کشورهای اسلامی استفاده از این نوع بسته‌بندی به دلیل داشتن ترکیبات الکلی ممنوع اعلام شده است.

۶-۴- جاذب‌های رطوبت

علاوه بر اثرات بسته‌بندی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، بسته‌بندی باید سطح رطوبت کیک را حفظ کند که این امر می‌تواند باعث بروز تغییراتی در ظاهر و بافت محصولات گردد [۳۵]. جاذب‌های رطوبت به بسته‌بندی فعالی اطلاق می‌شود که حاوی مواد جاذب رطوبت نظیر سیلیکا ژل ۳، اکسید کلسیم ۴ و خاک رس طبیعی هستند. این مواد جاذب رطوبت معمولاً به‌صورت بالشتک و یا پد در بسته‌بندی استفاده می‌شوند [۳۶]. سیلیکا ژل‌ها به دلیل غیرسمی بودن و خواص غیرخورندگی یکی از پر مصرف‌ترین جاذب‌های رطوبت محسوب می‌شوند [۱۷].

جاذب‌های رطوبت بر پایه‌ی مواد آلی از پتانسیل بالایی در استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی برخوردارند. با این‌حال، در مقایسه با جاذب‌های ساخته‌شده از مواد معدنی، مواد آلی گران‌تر و ظرفیت کمتری برای جذب رطوبت دارند [۳۷]. بنابراین افزایش راندمان جذب و امکان تجاری‌سازی رطوبت‌گیرهای ارگانیک موردنیاز است. رئالینی و مارکوس [۳۸] نمونه‌ای از بسته‌بندی جاذب رطوبت با قابلیت قرارگیری در ماکروویو را معرفی کردند. در طول پخت در ماکروویو، این فیلم جاذب توانست رطوبت و چربی اضافی آزاد را جذب کند و در نتیجه منجر به ترد شدن محصول گردد. در حال حاضر جاذب‌های رطوبت می‌تواند نوید بزرگی در راستای توسعه‌ی بسته‌بندی برای محصولات غذایی با رطوبت بالا نظیر کیک‌ها باشد. علاوه بر این در دسترس بودن مواد بسته‌بندی مختلف مبنی بر پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر برای ساخت

بسته‌بندی می‌تواند رشد میکروبی را تسهیل کند. علاوه بر اینکه موجب اکسیداسیون لیپیدها و تأثیر مخرب بر طعم، رنگ و بافت و همچنین ارزش غذایی و محتوی چربی بالا در کیک‌ها می‌شود [۱۸]. بسته‌بندی وکیوم یا اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) معمولاً برای محدود کردن حضور اکسیژن و کاهش اکسیداسیون چربی‌ها استفاده می‌شود. با این‌حال، این نوع بسته‌بندی برای محصول کیک مناسب نیستند. بسته‌بندی وکیوم ممکن است باعث فروریختن منافذ و در نتیجه باعث از بین رفتن خواص ارگانولپتیک [M2] و بافت نرم آن گردد [۱]. همچنین ساختار بسیار متخلخل MAP ممکن است باعث وجود اکسیژن در بسته‌بندی مواد غذایی شود. همچنین مشاهده شده است که بسته‌بندی وکیوم و یا MAP تنها می‌تواند محتوای اکسیژن فضای سر بسته‌بندی را تا حدود ۲-۵ درصد حجمی کاهش دهد؛ در حالی که بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی می‌تواند این میزان را به کمتر از ۰٫۱ درصد حجمی کاهش دهد [۳۰]. از این‌رو بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی می‌تواند یک راه جایگزین برای اطمینان از حذف اکسیژن از فضای سر یا [M3] از محصول و همچنین آزادسازی پایدار آنتی‌اکسیدان باشد. این نوع بسته‌بندی را می‌توان به دو بخش ۱- بسته‌های آنتی‌اکسیدانی مستقل و ۲- ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تقسیم‌بندی نمود [۳۱]. بسته‌های مستقل شامل: بالشتک‌ها، پدها و یا برجسب‌های حاوی مواد آنتی‌اکسیدانی نظیر پودر آهن و اکسید آهن هستند. در بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی معمولاً آنتی‌اکسیدان‌ها در دیواره‌ی بسته‌بندی هستند و یا با ظرف محصول ترکیب می‌شوند و یا به‌صورت بالشتک‌های انفرادی درون ظروف بسته‌بندی قرار می‌گیرند [۱۸].

۶-۳- انتشاردهنده‌های اتانول

اتانول به‌عنوان یک نگهدارنده‌ی سنتی شناخته‌شده است. در واقع به دلیل داشتن فعالیت ضد میکروبی بالا، می‌توان آن را به‌طور مستقیم اسپری^۱ کرد و یا در داخل بسته‌بندی در قالب انتشاردهنده‌های اتانول استفاده نمود [۲۳]. از نظر مصرف‌کننده، ممکن است به دلیل کاهش «a»، خواص ضد میکروبی و خواص ضدبایاتی نگهدارنده‌ی بهتری نسبت به سایر مواد شیمیایی باشد [۷]. انتشاردهنده‌های اتانول بالشتک‌هایی هستند که بخار اتانول را در فضای باز بسته‌بندی، رها می‌کنند و از رشد کیک‌ها جلوگیری می‌کنند [۳۲]. نمونه‌ای از انتشاردهنده‌های اتانول، بالشتک^۲ مهروموم‌شده‌ی حاوی الکل جذب‌شده با درجه‌ی غذایی در داخل پودر دی‌اکسید سیلیکون است. وانیل و دیگر ترکیبات

^۳. Silica gel

^۴. Calcium oxide

^۱. Spray

^۲. Ethicap

- Technol., vol. 98, no. September 2019, pp. 10–24, 2020, doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.032.
- [6] J. P. Smith, D. P. Daifas, W. El-Khoury, J. Koukoutsis, and A. El-Khoury, 'Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products - A Review', *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 44, no. 1, pp. 19–55, 2004, doi: 10.1080/10408690490263774.
- [7] C. Axel, E. Zannini, and E. K. Arendt, 'Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension', *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 57, no. 16, pp. 3528–3542, 2017, doi: 10.1080/10408398.2016.1147417.
- [8] M. Qian et al., 'A review of active packaging in bakery products: Applications and future trends', *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 114, no. January, pp. 459–471, 2021, doi: 10.1016/j.tifs.2021.06.009.
- [9] S. Amiri et al., 'Natural protective agents and their applications as bio-preservatives in the food industry: An overview of current and future applications', *Italian Journal of Food Science.*, vol. 33, pp. 55–68, 2021, doi.org/10.15586/ijfs.v33iSP1.2045.
- [10] M. M. Karaoglu, H. G. Kotancilar, and K. E. Gerçekaslan, 'The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cup cake', *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 43, no. 10, pp. 1778–1785, 2008, doi: 10.1111/j.1365-2621.2007.01698.x.
- [11] I. Taglieri et al., 'Overcoming bread quality decay concerns: main issues for bread shelf life as a function of biological leavening agents and different extra ingredients used in formulation. A review', *J. Sci. Food Agric.*, vol. 101, no. 5, pp. 1732–1743, 2021, doi: 10.1002/jsfa.10816.
- [12] Y. N. Dong and S. Karboune, 'A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes', *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 20, no. 2, pp. 1937–1981, 2021, doi: 10.1111/1541-4337.12717.
- [13] K. Galić, D. Ćurić, and D. Gabrić, 'Shelf life of packaged bakery goods- A review', *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 49, no. 5, pp. 405–426, 2009, doi: 10.1080/10408390802067878.
- [14] S. Limbo and A. M. Khaneghah, *Active packaging of foods and its combination with electron beam processing*. Woodhead Publishing Limited, 2015.
- [15] A. Mousavi Khaneghah, S. M. B. Hashemi, and S. Limbo, 'Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions', *Food Bioprod. Process.*, vol. 111, pp. 1–19, 2018, doi: 10.1016/j.fbp.2018.05.001.
- [16] S. Roy and J. W. Rhim, 'Anthocyanin food colorant and its application in pH-responsive color change indicator films', *Crit. Rev. Food Sci.*

جاذب‌های رطوبت، پتانسیل آن‌ها را در جهت استفاده در این نوع محصولات به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داده است.

۷- نتیجه‌گیری

در پاسخ به تغییرات سبک زندگی و تقاضا برای غذای باکیفیت و ایمن، تحقیقات گسترده‌ای در مورد فناوری بسته‌بندی مواد غذایی انجام شده است. همچنین با توسعه‌ی عصاره‌های طبیعی از گیاهان، مواد زیست‌تخریب‌پذیر و فناوری نانو، بسته‌بندی فعال و بسته‌بندی ایمن برای جلوگیری از رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها برای محصولات کیک و شیرینی به وجود آمده است. با این حال، محدودیت‌های فنی و هزینه‌های بالای مرتبط با این نوع فناوری، به توجه بیشتر نیاز دارد. با توجه به محبوبیت و مصرف بالای شیرینی و کیک، تحقیقات بیشتر و توسعه‌ی فناوری برای بسته‌بندی جدید موردنیاز است. در این مقاله‌ی مروری سعی بر آن شد، خلاصه‌ای از عوامل اصلی مؤثر بر ماندگاری محصول کیک و آخرین کاربردهای بسته‌بندی فعال (از جمله بسته‌بندی ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان، انتشاردهنده‌ی اتانول و جاذب رطوبت‌ها) ذکر گردد. با توجه به مطالبی که اشاره شد، بهترین نوع بسته‌بندی برای محصول کیک به دلیل داشتن رطوبت و میزان چربی زیاد در فرمولاسیون، استفاده از جاذب‌های رطوبت است که می‌توان با استفاده از ترکیبات ارگانیک جاذب رطوبت به حفظ کیفیت و ماندگاری بیشتر کیک بدون استفاده از مواد شیمیایی نگره‌دارنده کمک کرد؛ بنابراین، پیشرفت‌های اخیر مورد بحث در این مقاله‌ی مروری می‌تواند منجر به درک بهتری از کاربرد تکنیک‌های نوین بسته‌بندی برای محصولات کیک شود.

۸- مراجع

- [1] V. Melini and F. Melini, 'Strategies to extend bread and GF bread shelf-life: From Sourdough to antimicrobial active packaging and nanotechnology', *Fermentation*, vol. 4, no. 1, pp. 5–10, 2018, doi: 10.3390/fermentation4010009.
- [2] <https://tpo.ir/products/>, 'No Title'.
- [3] A. M. Tabatabai Koushki, Seyedeh Shabnam and Alami, Mehran and Maghsoudloo, Yahya and Ziaefar, 'New methods of cake packaging', 2013. (in persian).
- [4] E. Alhosseini, M. Jafari, and A. Salem. 'Packaging of Cake, Biscuits and Some of Bakery Products', *Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology Packaging*, vol. 11, no. 41, pp. 72–73, 2020, DOR:20.1001.1.22286675.1399.11.41.7.6. (in persian).
- [5] P. Umaraw et al., 'Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products', *Trends Food Sci.*

- [28] D. A. P. de Abreu, J. M. Cruz, and P. P. Losada, 'Active and Intelligent Packaging for the Food Industry', *Food Rev. Int.*, vol. 28, no. 2, pp. 146–187, 2012, doi: 10.1080/87559129.2011.595022.
- [29] A. T. P. Passarinho et al., 'Sliced bread preservation through oregano essential oil-containing sachet', *J. Food Process Eng.*, vol. 37, no. 1, pp. 53–62, 2014, doi: 10.1111/jfpe.12059.
- [30] D. Gibis and K. Rieblinger, 'Oxygen scavenging films for food application', *Procedia Food Sci.*, vol. 1, pp. 229–234, 2011, doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.036.
- [31] J. Gómez-Estaca, C. López-de-Dicastillo, P. Hernández-Muñoz, R. Catalá, and R. Gavara, 'Advances in antioxidant active food packaging', *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 35, no. 1, pp. 42–51, 2014, doi: 10.1016/j.tifs.2013.10.008.
- [32] Y. Jaiswal, P. Tatke, S. Gabhe, and A. Vaidya, 'Rapid high performance thin layer chromatographic method for quantitation of catechin from extracts of cashew leaves-a short report', *Polish J. Food Nutr. Sci.*, vol. 63, no. 1, pp. 49–54, 2013, doi: 10.2478/v10222-012-0066-4.
- [33] H. Mu, H. Gao, H. Chen, X. Fang, and Q. Han, 'A novel controlled release ethanol emitter: preparation and effect on some postharvest quality parameters of Chinese bayberry during storage', *J. Sci. Food Agric.*, vol. 97, no. 14, pp. 4929–4936, 2017, doi: 10.1002/jsfa.8369.
- [34] T. Janjarasskul, K. Tananuwong, V. Kongpensook, S. Tantratian, and S. Kokpol, 'Shelf life extension of sponge cake by active packaging as an alternative to direct addition of chemical preservatives', *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 72, pp. 166–174, 2016, doi: 10.1016/j.lwt.2016.04.049.
- [35] S. Upasen and P. Wattanachai, 'Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread', *Heliyon*, vol. 4, no. 9, p. e00802, 2018, doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00802.
- [36] J. W. Han, L. Ruiz-Garcia, J. P. Qian, and X. T. Yang, 'Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends', *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 17, no. 4, pp. 860–877, 2018, doi: 10.1111/1541-4337.12343.
- [37] M. Soltani Firouz, K. Mohi-Alden, and M. Omid, 'A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development', *Food Res. Int.*, vol. 141, no. January, p. 110113, 2021, doi: 10.1016/j.foodres.2021.110113.
- [38] C. E. Realini and B. Marcos, 'Active and intelligent packaging systems for a modern society', *Meat Sci.*, vol. 98, no. 3, pp. 404–419, 2014, doi: 10.1016/j.meatsci.2014.06.031.
- [17] I. Ahmed et al., 'A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods', *Food Control*, vol. 82, pp. 163–178, 2017, doi: 10.1016/j.foodcont.2017.06.009.
- [18] Z. Fang, Y. Zhao, R. D. Warner, and S. K. Johnson, 'Active and intelligent packaging in meat industry', *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 61, pp. 60–71, 2017, doi: 10.1016/j.tifs.2017.01.002.
- [19] S. Sahraee, J. M. Milani, B. Ghanbarzadeh, and H. Hamishehkar, 'Development of emulsion films based on bovine gelatin-nano chitin-nano ZnO for cake packaging', *Food Sci. Nutr.*, vol. 8, no. 2, pp. 1303–1312, 2020, doi: 10.1002/fsn3.1424.
- [20] S. Y. Sung et al., 'Antimicrobial agents for food packaging applications', *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 110–123, 2013, doi: 10.1016/j.tifs.2013.08.001.
- [21] F. Lü, X. Ye, and D. Liu, 'Review of antimicrobial food packaging', *Nongye Jixie Xuebao/Transactions Chinese Soc. Agric. Mach.*, vol. 40, no. 6, pp. 138–142, 2009, doi: 10.1080/10601320500406040.
- [22] N. Noshirvani, B. Ghanbarzadeh, R. Rezaei Mokarram, and M. Hashemi, 'Novel active packaging based on carboxymethyl cellulose-chitosan-ZnO NPs nanocomposite for increasing the shelf life of bread', *Food Packag. Shelf Life*, vol. 11, pp. 106–114, 2017, doi: 10.1016/j.fpsl.2017.01.010.
- [23] T. De Pilli, 'Development of a vegetable oil and egg proteins edible film to replace preservatives and primary packaging of sweet baked goods', *Food Control*, vol. 114, p. 107273, 2020, doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107273.
- [24] N. Gregirchak, O. Stabnikova, and V. Stabnikov, 'Application of Lactic Acid Bacteria for Coating of Wheat Bread to Protect it from Microbial Spoilage', *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 75, no. 2, pp. 223–229, 2020, doi: 10.1007/s11130-020-00803-5.
- [25] M. Guldaz, A. Akpınar-Bayizit, T. Özcan, and L. Yılmaz-Ersan, 'Effects of edible film coatings on shelf-life of mustafakemalpasa sweet, a cheese based dessert', *J. Food Sci. Technol.*, vol. 47, no. 5, pp. 476–481, 2010, doi: 10.1007/s13197-010-0081-6.
- [26] J. Ju et al., 'Application of essential oil as a sustained release preparation in food packaging', *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 92, pp. 22–32, 2019, doi: 10.1016/j.tifs.2019.08.005.
- [27] C. G. Otoni, P. J. P. Espitia, R. J. Avena-Bustillos, and T. H. McHugh, 'Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads', *Food Res. Int.*, vol. 83, pp. 60–73, 2016, doi: 10.1016/j.foodres.2016.02.018.

