



بررسی عملکرد انواع بسته بندی بر فرآورده های گوشتی

آسیه حسن زاده^{۱*}، رز سید قندی^۲، سوگند سلیمانی طبری^۳، فرزانه صفاری^۴.

۱- عضو هیات علمی گروه علوم صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، واحد علوم دارویی.

asiehasanzadeh@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، واحد علوم دارویی

rose.m.jmusic@gmail.com

۳- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، واحد علوم دارویی

so1999sogand@gmail.com

۴- دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران، واحد علوم دارویی

Farzane.Saffarii@gmail.com

خلاصه

بسته‌بندی نقش مهمی در افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی و حفظ کیفیت آن‌ها دارد. این محصولات به دلیل داشتن رطوبت بالا، ترکیبات مغذی و شرایط مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌ها، بسیار مستعد فساد هستند. نوع بسته‌بندی می‌تواند بر سرعت رشد میکروبی، اکسیداسیون چربی، تغییر رنگ و کاهش رطوبت اثر مستقیم داشته باشد. بسته‌بندی معمولی که در تماس با هوا انجام می‌شود، کمترین میزان محافظت را دارد و موجب فساد سریع‌تر محصول می‌شود. در مقابل، بسته‌بندی خلأ با حذف اکسیژن، رشد باکتری‌های هوازی و واکنش‌های اکسیداتیو را کاهش داده و ماندگاری را افزایش می‌دهد. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده نیز با استفاده از گازهایی مانند دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن، به حفظ رنگ، طعم و کیفیت محصول کمک می‌کند. بسته‌بندی فعال با استفاده از جاذب‌ها یا ترکیبات ضد میکروبی، از رشد عوامل فسادزا جلوگیری می‌کند. همچنین بسته‌بندی هوشمند با پایش تغییرات تازگی، امکان کنترل بهتر کیفیت را فراهم می‌سازد. استفاده از بسته‌بندی مناسب همراه با شرایط نگهداری سرد، بهترین راه برای افزایش عمر ماندگاری است. در مجموع، انتخاب صحیح نوع بسته‌بندی می‌تواند به کاهش ضایعات غذایی و ارتقای ایمنی و کیفیت فرآورده‌های گوشتی منجر شود.

کلمات کلیدی: بسته‌بندی، فرآورده‌های گوشتی، ماندگاری، بسته‌بندی خلأ، اتمسفر اصلاح‌شده

۱. مقدمه

در حال حاضر، تأکید فزاینده‌ای بر مصرف مواد غذایی ایمن وجود دارد که از افزودنی‌های طبیعی و مواد بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر^۱ استفاده می‌کنند. در این زمینه، بررسی منابع طبیعی برای مواد بسته‌بندی و به‌کارگیری ترکیبات زیست‌فعال دارای فواید سلامت، اهمیت بسیار زیادی دارد. پلیمرها و فیلم‌های بسته‌بندی می‌توانند به‌عنوان سدّی در برابر عوامل محیطی گوناگون مانند اکسیژن، رطوبت، دما و نور عمل کنند [۱]. ماندگاری محصول به مدت زمانی گفته می‌شود که طی آن خواص ظاهری و حسی محصول و ارزش غذایی آن تغییرات نامطلوب نداشته باشد. امروزه این جنبه

¹ Biodegradable packaging



در ارتباط کاملاً نزدیک با نوآوری بسته بندی و فناوری، با هدف حفظ غذا در مقابل انواع واکنش ها می باشد. از میان انواع محصولات غذایی تجاری، گوشت ها بسیار فسادپذیر هستند و عوامل مختلفی از جمله رشد باکتری ها ، فعالیت آنزیمی و اکسایش می تواند بر طول عمر آنها تاثیرگذار باشد. برخی از این عوامل تحت تاثیر نوع بسته بندی و محیط قرار می گیرند [۲]. گوشت مجموعه‌ای از بافت‌های عضلانی- اسکلتی لاشه‌ی دام‌های کشتاری است که با بافت‌های چربی و پیوندی مربوطه همراه می‌باشد و از جمله مهم‌ترین منابع پروتئینی به شمار می‌رود و غنی از اسیدهای آمینه ضروری برای بدن، مواد معدنی مانند آهن و روی، انواع ویتامین‌ها و همچنین انرژی کافی است که سبب می‌شود تا در زمره‌ی بهترین و کامل‌ترین مواد غذایی طبقه‌بندی شود . اما مهم‌ترین چالش گوشت، فسادپذیری زیاد آن می‌باشد که از جنبه سلامت و کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. طی سال‌ها، به منظور افزایش مدت زمان نگهداری گوشت در دمای پایین، افزودنی‌های سنتزی زیادی استفاده شده است افزودنی‌های سنتزی دارای خواص سرطان‌زایی و سمیت هستند؛ بنابراین با افزایش نگرانی مصرف‌کنندگان غذا نسبت به افزودنی‌های سنتزی، تقاضا برای گوشت و محصولات گوشتی سالم‌تر و افزودنی‌های غذایی طبیعی افزایش یافته است [۳].

۲. علم بسته بندی

بسته بندی، علم هنر و فناوری قرار دادن و محافظت محصولات برای، توزیع، ذخیره فروش و استفاده است.مهمترین اثر بسته بندی افزایش مدت ماندگاری محصول است و افزایش زمان نگهداری محصول یعنی افزایش شانس رقابت در بازار و بهره گیری از فرصت بیشتر برای رساندن کالا به دست مشتری [۴]. بسته بندی مثل سدی در مقابل آلودگی های ثانویه عمل می کند. به منظور کاهش فساد گوشت، بسته بندی باید همراه با اقدامات دیگر باشد تا رشد میکروارگانیسم ها طبق راهبرد فناوری تلفیقی تا حد امکان محدود شود [۲]. هدف بنیادی دیگر بسته‌بندی، حفاظت از گوشت و فرآورده‌های گوشتی است، با حفظ ویژگی‌های محصول در طول نگهداری و رعایت استانداردهای کیفی لازم برای فروش. بسته‌بندی، گوشت و فرآورده‌های گوشتی را در طول فرآیند، ذخیره‌سازی و توزیع در برابر خطرات مکانیکی، شیمیایی و زیستی محافظت می‌کند [۵]. در حال حاضر سیستم‌های متعددی برای بسته‌بندی گوشت وجود دارد که هر یک دارای ویژگی‌ها و کاربردهای متفاوتی هستند. این سیستم‌ها از بسته‌بندی با روکش برای نگهداری کوتاه‌مدت در شرایط سرد و یا نمایش در خرده‌فروشی، تا انواع مختلف بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده برای نگهداری و یا نمایش طولانی‌مدت در شرایط سرد، تا بسته‌بندی خلأ، تخلیه و تزریق گاز حجمی یا سیستم‌های اتمسفر اصلاح‌شده با استفاده از ۱۰۰ درصد دی‌اکسیدکربن برای نگهداری طولانی‌مدت در شرایط سرد را شامل می‌شوند. با توجه به تنوع ویژگی‌های محصولات و نیازها و کاربردهای اساسی بسته‌بندی گوشت، هر فناوری بسته‌بندی که بتواند کنترل بیشتر محصول و کیفیت را به‌صورت اقتصادی و متنوع ارائه دهد، مورد استقبال قرار خواهد گرفت [۶].

۳. وضعیت کنونی گوشت‌های قرمز

بسته در سال ۲۰۱۸، مصرف جهانی گوشت ۳۴۶/۱۴ میلیون تن بود و انتظار می‌رود در آینده افزایش یابد. با افزایش مصرف گوشت، استفاده از مواد بسته‌بندی نیز به همان نسبت افزایش پیدا می‌کند. مواد بسته‌بندی پتروشیمیایی که به‌طور گسترده در صنعت فرآوری گوشت استفاده می‌شوند، زمان زیادی برای تجزیه و بازتولید نیاز دارند و در نتیجه اثرات منفی بر محیط‌زیست می‌گذارند. بنابراین، نیاز به توسعه مواد بسته‌بندی زیست‌محیطی برای فرآوری گوشت مطرح



می‌شود؛ موادی که به راحتی تجزیه پذیر و قابل بازیافت باشند. صنعت گوشت نمونه‌ی روشنی از تولید محصولات فسادپذیر با مقادیر مختلف چربی و محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع است. با در نظر گرفتن این موضوع، به راحتی می‌توان فهمید که اکسیداسیون لیپیدها می‌تواند عامل اصلی افت کیفیت در گوشت و فرآورده‌های گوشتی باشد. واکنش‌های طی اکسیداسیون لیپیدها مسئول تشکیل بوها و طعم‌های نامطلوب هستند و علاوه بر آن، موجب تغییر در بافت و رنگ نیز می‌شوند، زیرا اکسیداسیون میوگلوبین باعث تغییر رنگ می‌گردد؛ این عوامل بر انتخاب و پذیرش مصرف‌کننده اثر می‌گذارند. با این حال، تغییرات ارگانولپتیک تنها نکته مهم در روند اکسیداسیون لیپیدها نیستند؛ تشکیل ترکیبات سمی مانند آلدئیدها و از دست رفتن ارزش تغذیه‌ای نیز باید در نظر گرفته شود [۱].

۴. زیست‌پلیمرهای پروتئینی زیست‌پلیمرهای مورد استفاده در ساخت بسته‌بندی فراورده‌های گوشتی

از میان زیست‌پلیمرهایی که بیشترین کاربرد را در مواد بسته‌بندی دارند، پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها هستند، زیرا شبکه‌های زنجیره‌ای مشابهی دارند. با این حال، این مواد در ویژگی‌های نهایی فیلم‌ها محدودیت‌هایی نشان می‌دهند؛ به همین دلیل، اغلب به صورت آمیخته با یکدیگر استفاده می‌شوند. مطالعات گوناگونی درباره بسته‌بندی‌های به کاررفته برای گوشت با افزودن ترکیبات زیست‌فعال ارائه شده است. پژوهش‌هایی به طور مشخص از آمیزه‌های زیست‌پلیمرها، مانند ژلاتین-کربوکسی متیل سلولز، ایزوله پروتئین آب‌پنیر-سلولز، و ژلاتین-کیتوزان به ترتیب در گوشت خام گاو، گوسفند و بوقلمون استفاده کرده‌اند. این مطالعات گزارش می‌کنند که به کارگیری این آمیزه‌ها باعث بهبود خواص مکانیکی فیلم‌های بسته‌بندی شده است. افزون بر این، این آمیزه‌ها در به تعویق انداختن اکسیداسیون لیپیدها مؤثر بوده‌اند و در نتیجه، عمر ماندگاری هر نمونه را افزایش داده‌اند [۱].

۴-۱-۴. پروتئین‌ها

در مورد بسته‌بندی‌های پروتئینی، لازم است در این بخش به پروتئین شیر اشاره شود که شامل کازئین و پروتئین آب‌پنیر است. پروتئین‌های شیر می‌توانند فیلم‌هایی انعطاف‌پذیر و شفاف بدون طعم محسوس ایجاد کنند [۱].

۴-۱-۱. کازئین

با استفاده از کازئین، می‌توان از محلول‌های آبی کازئینات، فیلم‌های خوراکی تهیه کرد. روش تهیه‌ی این نوع فیلم بدین صورت است که ابتدا محلول کازئین شسته می‌شود، سپس باز در آن حل می‌گردد تا pH آن به ۷ افزایش یابد و در نهایت ماده خشک می‌شود. اگر لازم باشد کازئینات کلسیم تولید شود، می‌توان از کلسیم هیدروکسید استفاده کرد، زیرا کاتیون‌های کلسیم نقش مهمی در تقویت اتصال عرضی میان برهم‌کنش‌های پروتئینی دارند. از ویژگی‌های مطلوب این فیلم می‌توان به سد مؤثر در برابر آب اشاره کرد؛ با این حال، این فیلم‌ها معمولاً سفت‌تر هستند. از سوی دیگر، اگر هدف تولید فیلم‌های کازئینات سدیم باشد، می‌توان از سدیم هیدروکسید برای افزایش pH استفاده کرد؛ این نوع فیلم‌ها معمولاً دارای خواص نوری و مقاومت کششی مطلوبی هستند [۱].



۲-۱-۴. پروتئین آب‌پنیر

پروتئین‌های آب‌پنیر از چندین جزء تشکیل شده‌اند، از جمله آلفا-لاکتالبومین، بتا-لاکتوگلوبولین، ایمونوگلوبولین‌ها، آلبومین سرم گاوی و پپتون پروتئازها. این پروتئین‌ها همچنین به‌عنوان حامل برای افزودنی‌های غذایی، آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگ‌دهنده‌ها و عوامل ضد میکروبی عمل می‌کنند. رایج‌ترین شکل پروتئین آب‌پنیر که برای تولید فیلم‌های خوراکی استفاده می‌شود ایزوله پروتئین آب‌پنیر است که حدود ۹۰٪ پروتئین دارد [۱].

۱-۴-۳. ژئین

ژئین، پروتئین ذخیره‌ای اصلی ذرت است و یک زیست‌پلیمر تجدیدپذیر و زیست‌تخریب‌پذیر محسوب می‌شود که در داروسازی، بسته‌بندی، مواد آرایشی، منسوجات و کاربردهای دیگر به کار می‌رود. به دلیل وجود اسیدهای آمینه‌ای مانند پرولین، لوسین و آلانین در ساختار ژئین، این ماده حلالیت بالایی در محلول‌های اتانولی دارد. علاوه بر این، می‌توان از آن فیلم‌هایی با سدکنندگی مناسب در برابر گازها تهیه کرد. فیلم‌های حاصل از ژئین برای استفاده در میوه‌ها و سبزیجات مناسب هستند. با این حال، لازم است اشاره شود که فیلم‌های ژئینی از نظر خواص مکانیکی ضعیف‌اند؛ بنابراین، برای بهبود این خواص، افزودن نرم‌کننده توصیه می‌شود. در مطالعه‌ای، یک فیلم ژئینی برای بسته‌بندی گوشت چرخ‌کرده گوسفند با افزودن عصاره اوکالیپتوس ساخته شد که به‌طور قابل توجهی خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی ایجاد کرد و اکسیداسیون لیپیدها را به تأخیر انداخت [۱].

۱-۴-۴. کلاژن

کلاژن از پوست و استخوان پستانداران یا ماهی به‌دست می‌آید. برای دهه‌ها، فیلم‌های خوراکی مبتنی بر کلاژن در محصولات گوشتی برای حفظ رطوبت و ایجاد ویژگی یکنواخت در محصول استفاده شده‌اند. فیلم‌های مبتنی بر کلاژن را می‌توان از طریق فرآیند اکستروژن تهیه کرد و کاربرد وسیعی دارند، اما در تولید فیلم‌های مبتنی بر ژلاتین، ترجیح داده می‌شود از فرآیند تر استفاده شود تا یک محلول فیلم‌ساز تشکیل گردد. فیلم‌های کلاژنی خواص مکانیکی خوبی دارند؛ برای مثال، گزارش شده است که فیلم‌های کلاژن هیدرولیز شده استحکام کششی بسیار خوبی دارند. با این حال، یکی از معایب آن‌ها این است که از نظر خواص مکانیکی و سدکنندگی نسبتاً ضعیف هستند. در مطالعه‌ای، یک ظرف مبتنی بر ژلاتین برای گوشت خوک همراه با عصاره گوجه‌فرنگی توسعه داده شد که خواص آنتی‌اکسیدانی ایجاد کرد و pH و فعالیت آبی گوشت را کنترل نمود، همچنین اکسیداسیون لیپیدها را نیز مهار کرد [۱].

۲-۴. پلی‌ساکاریدها

پلی‌ساکاریدها به‌طور گسترده در طبیعت یافت می‌شوند و موادی غیرسمی هستند که نفوذپذیری انتخابی نسبت به دی‌اکسید کربن و اکسیژن فراهم می‌کنند. از مهم‌ترین پلی‌ساکاریدها می‌توان به کیتوزان، پکتین، صمغ‌ها، نشاسته، سلولز، آلژینات و کاراگینان اشاره کرد که به‌دلیل شبکه منظم پیوندهای هیدروژنی خود، توانایی ایجاد خواص سدکنندگی



مناسب در برابر گازها، به‌ویژه اکسیژن، را دارند؛ هرچند بیشتر این قندها به‌دلیل ساختار آب‌دوست خود نسبت به رطوبت حساس هستند. یکی از مزایای این فیلم‌ها این است که می‌توانند از کم‌آبی، تندشدن اکسیداتیو و قهوه‌ای شدن سطحی مواد غذایی جلوگیری کنند. این امر به این دلیل است که فیلم‌های مبتنی بر پلی‌ساکارید دارای مقادیر بالایی از نشاسته و آمیلوز هستند که به فیلم‌ها انعطاف‌پذیری و کشسانی می‌دهد. با این حال، یکی از معایب آن‌ها این است که مانع خوبی برای آب نیستند؛ این موضوع ناشی از ماهیت آب‌دوست آن‌هاست. از دیگر ویژگی‌های پوشش‌های پلی‌ساکاریدی این است که فاقد چربی و بی‌رنگ هستند؛ بنابراین کم‌کالری‌اند و می‌توانند برای افزایش ماندگاری محصولات گوشت، آبیان، سبزیجات و میوه‌ها به‌کار روند، زیرا به‌طور قابل توجهی کم‌آبی، تندشدن اکسیداتیو و قهوه‌ای شدن سطحی را کاهش می‌دهند [۱].

۴-۲-۱. نشاسته

نشاسته به‌طور گسترده به‌عنوان رایج‌ترین پلی‌ساکارید مشتق از گیاهان مورد استفاده در فیلم‌های بیوپلاستیکی^۲ شناخته می‌شود، زیرا دارای هزینه مقرون‌به‌صرفه، فراوانی بالا و خواص عالی فیلم‌سازی است. نشاسته به‌عنوان یک زیست‌پلیمر طبیعی که از منابع تجدیدپذیر سنتز می‌شود، توجه فزاینده‌ای را در حوزه تولید فیلم به خود جلب کرده است. هزینه پایین، در دسترس بودن و زیست‌تخریب‌پذیری کامل آن، علاقه به توسعه فیلم‌های مبتنی بر نشاسته را افزایش داده است. نشاسته، به‌عنوان یک پلی‌ساکارید طبیعی، می‌تواند فیلم‌هایی نیمه‌شفاف یا شفاف، بی‌رنگ و زیست‌تخریب‌پذیر بدون طعم محسوس تولید کند [۱].

۴-۲-۲. سلولز

فیلم‌های به‌دست‌آمده از سلولز معمولاً دارای براقیت سطحی بالا، شفافیت عالی، چقرمگی خوب و استحکام کششی مناسب هستند. به‌طور خاص، گزارش شده است که کربوکسی‌متیل‌سلولز در مقایسه با یک پلیمر محلول در آب و ژلاتینه‌شونده حرارتی، توانایی بسیار خوبی در تشکیل فیلم دارد. علاوه بر این، این فیلم‌ها جالب توجه‌اند زیرا می‌توان ترکیبات زیست‌فعال را در آن‌ها وارد کرد تا خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی ایجاد شود. در یک مطالعه، یک بسته‌بندی برای گوشت و فرآورده‌های گوشتی با استفاده از کربوکسیل متیل سلولز ساخته شد که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی در pH اسیدی بود و علاوه بر پایداری حرارتی معمول، در نور فرابنفش نیز خاصیت پاسخ‌دهی رنگی نشان می‌داد [۱].

۴-۲-۳. کیتوزان

کیتوزان یک پلی‌ساکارید خطی است که می‌توان آن را از محصولات شیلاتی به دست آورد و برای ساخت فیلم‌های بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود. این ماده یک ترکیب زیست‌تخریب‌پذیر، زیست‌سازگار و غیرسمی است. با این حال، هنگامی که به‌عنوان ظرف یا پوشش مواد غذایی استفاده می‌شود، به دلیل گروه‌های آب‌دوست خود، خاصیت

² Bioplastic Films



سدکنندگی مناسبی در برابر گازها و بخار آب ندارد. بنابراین، هنگام تولید فیلم کیتوزانی، مهم است که آن را با برخی بیوپلیمرهای دیگر مخلوط کرد. برای مثال، می‌توان از برخی پروتئین‌ها مانند کازئین، یک عصاره گیاهی یا حتی یک روغن اسانسی استفاده کرد که موجب بهبود خواص مکانیکی، آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی فیلم می‌شوند. فیلمی از کیتوزان همراه با عصاره برگ چغندر برای نگهداری گوشت توسعه داده شده است؛ برای نمونه، یک فیلم کیتوزان و نشاسته که یک عامل مشاهده‌گر سبز داشت، در برابر نور فرابنفش خواص مناسبی نشان داد و همچنین دارای پاسخ حرارتی قابل توجه و ویژگی‌های سدکنندگی بهتر در برابر آب و بخار آب بود. علاوه بر این، رشد میکروبی در گوشت بسته‌بندی شده کاهش یافت می‌شود [۱]. Molae و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه تأثیر بسته بندی با فیلم کیتوزان حاوی اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی فیله مرغ نشان دادند که بسته بندی مرغ با فیلم کیتوزان به‌ویژه با سطوح مختلف اسانس زیره سیاه می‌تواند بر فساد شیمیایی و میکروبی فیله مرغ نقش بازدارندگی داشته باشد. در تحقیق Bazargani و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از ترکیب عصاره انار و پوشش کیتوزان غنی شده با اسانس آویشن، در ماندگاری سینه مرغ، اندیس پراکسید، مواد واکنش‌پذیر اسید تیوباربیتوریک و اکسیداسیون پروتئین‌ها در نمونه‌های تیمار به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از گروه کنترل بود. Tajik و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه کاربرد پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصاره دانه انگور بر روی کیفیت و ماندگاری گوشت مرغ در دمای یخچال، بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های میکروبیولوژیکی، شیمیایی و حسی، نشان دادند اثر پوشش کیتوزان و پوشش حاوی عصاره دانه انگور بر روی نمونه‌ها موجب حفظ کیفیت مناسب و افزایش ماندگاری آن‌ها در طول مدت نگهداری در شرایط سرما می‌گردد [۳]. مهدی زاده و همکاران در تحقیقی نشان دادند که فیلم کامپوزیتی خوراکی نشاسته- کیتوزان حاوی اسانس کاکوتی و عصاره پوست انار به طور معناداری فساد در گوشت را به تعویق می‌اندازد و موجب افزایش عمر نگهداری آن می‌گردد. بنابراین با تحقیقات بیشتر و بررسی سایر جنبه های فیلم خوراکی تولید شده می‌توان از آن در بسته بندی گوشت استفاده نمود [۷].

۵. بسته بندی هوازی

بسته‌بندی هوازی به‌عنوان یک سیستم فناورانه در نظر گرفته نمی‌شود و برای گوشت خام استفاده می‌شود که معمولاً در فیلم کششی روی سینی‌های پلی‌استایرن با ضخامت ۳۰۰ میکرومتر پیچیده می‌شود. مواد فیلم، سلولوفان هستند که از سلولز هیدراته، پلی‌اتیلن و پلیمر سنتزی تشکیل شده‌اند؛ همان موادی که برای تولید آسپتیک تتراپک نیز استفاده می‌شوند. ترکیب این مواد برای برآورده کردن نیازهای سدکنندگی خاص اعمال می‌شود. فیلم توسط دستگاه روکش‌کشی حرارتی، محکم روی بسته قرار می‌گیرد. این نوع بسته‌بندی نفوذپذیر به گاز است و حفاظت بهداشتی را تضمین می‌کند، اما هیچ بهبودی در ماندگاری محصول ایجاد نمی‌کند؛ زیرا ماندگاری کاملاً توسط زنجیره سرمایی تضمین می‌شود. ماندگاری تقریباً ۳ تا ۴ روز است تا زمانی که بوهای نامطبوع، طعم‌های نامطلوب و تیرگی قابل تشخیص شوند [۵].

۶. بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده^۳

فناوری کاهش غلظت اکسیژن در داخل بسته، بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده نامیده می‌شود و شامل جایگزینی هوا با یک گاز یا ترکیبی از گازها است. هدف این است که شرایطی ایجاد شود که فعالیت‌های میکروبی، بیوشیمیایی و

³ Modified atmosphere packaging (MAP)



آنزیمی در محصول غذایی را کند کند، که این موضوع منجر به افزایش ماندگاری می‌شود، و این کار با استفاده کمتر از افزودنی‌ها همراه است. محصول داخل بسته قرار می‌گیرد، هوا تخلیه و با مخلوطی از گازها جایگزین می‌شود؛ سپس بسته کاملاً هوا بند می‌شود. فیلم‌های پلاستیکی مورد استفاده برای بسته‌بندی در اتمسفر محافظتی، باید دارای نفوذپذیری پایین به اکسیژن و بخار آب باشند، در برابر تنش مکانیکی مقاوم باشند و از نظر شیمیایی و حسی بی‌ضرر باشند. اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسید کربن در ترکیبات و نسبت‌های مختلف بسته به نوع محصول، خانواده میکروبی مورد مهار، و نیازهای پایداری رنگ به کار می‌روند. نیتروژن به عنوان گاز پرکننده اضافه می‌شود تا از فروپاشی بسته جلوگیری کند، و همچنین برای جایگزینی اکسیژن به منظور جلوگیری از تندی چربی و مهار رشد باکتری‌های هوازی استفاده می‌شود. برای هدف اخیر، دی‌اکسید کربن اثر عمده‌ای دارد؛ زیرا زمان تأخیر رشد ریزاندامگان هوازی را افزایش می‌دهد، اما محیط گازی ایجاد شده می‌تواند رشد باکتری‌های بی‌هوازی تسهیل‌شونده را نیز ممکن سازد؛ به‌ویژه باکتری‌های اسیدلاکتیک ممکن است رشد قابل‌توجهی داشته باشند. گوشت تازه در معرض تیره‌شدن سطح به دلیل اکسید شدن میوگلوبین به مت‌میوگلوبین (قهوه‌ای)، و همچنین رشد بیش‌ازحد میکروب‌های روان‌دوست مرتبط با فعالیت‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک قرار دارد که باعث تغییر رنگ، لایه‌لایه‌شدن سطح و ایجاد بوهای نامطلوب می‌شوند. برای محصولات گوشتی فرآوری‌شده، مخلوط گازی معمولی ۲۰ تا ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۷۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن است. برای گوشت تازه‌ای که در بسته‌های نفوذناپذیر به گاز قرار می‌گیرد، رنگ قرمز روشن را می‌توان با افزودن اکسیژن به مخلوط گازی که تزریق می‌شود، ایجاد کرد. استفاده از مونوکسید کربن در غلظت‌های پایین موجب تشکیل کربوکسی‌میوگلوبین می‌شود که رنگ قرمز گیلانی پایدارتر ایجاد می‌کند، هرچند در بسیاری کشورها استفاده از آن مقررات سخت‌گیرانه دارد [۵].

۱-۶. سیستم اتمسفر کنترل شده با اکسیژن بالا^۴

سطوح بالای اکسیژن که در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده با اکسیژن بالا استفاده می‌شوند، در مقایسه با بسته‌بندی پلی‌وینیل کلراید باعث به‌تأخیر افتادن قهوه‌ای شدن گوشت تازه می‌شوند، زیرا ضخامت لایه‌ی سطحی اکسی‌میوگلوبین قرمز روشن حدود ۳ تا ۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد. این نوع سیستم بسته‌بندی سال‌هاست که در صنعت گوشت شناخته شده است و باعث می‌شود رنگ گوشت در طول دوره‌ی نگهداری قرمز روشن باقی بماند. باکتری‌های هوازی می‌توانند غلظت‌های بالای اکسیژن را تحمل کنند؛ بنابراین برای کاهش رشد آن‌ها معمولاً دی‌اکسید کربن نیز در مخلوط گازی استفاده می‌شود (معمولاً ۸۰ درصد اکسیژن و ۲۰ درصد دی‌اکسید کربن) این سیستم قادر است عمر نگهداری گوشت گاو را تا حدود دو هفته در دمای ۱/۵- درجه سانتی‌گراد افزایش دهد، در حالی که رنگ قرمز قابل قبول گوشت حفظ می‌شود. با این حال، عمر نگهداری حاصل از این روش نسبت به اتمسفرهای فاقد اکسیژن کمتر است، زیرا حضور اکسیژن باعث تندی اکسیداتیو (اکسیداسیون چربی) و همچنین رشد سریع باکتری‌های سرمادوست می‌شود [۶].

۲-۶. سیستم اتمسفر کنترل شده گوشت تازه با اکسیژن کم و مونوکسید کربن

جدیدترین فناوری بسته‌بندی گوشت، استفاده از MAP بی‌هوازی با مقادیر کم مونوکسید کربن (حدود ۰/۴ درصد) همراه با ۲۰ تا ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن و بقیه نیتروژن است. این روش نسبت به بسته‌بندی هوازی با پلی‌وینیل

⁴ High-oxygen modified atmosphere system



کلراید یا MAP با اکسیژن بالا مزایای متعددی دارد که عبارتند از: پایداری مطلوب رنگ قرمز همراه با شمار باکتریایی کمتر از سطح فساد تا ۲۸ روز برای گوشت چرخ کرده و ۳۵ روز برای استیک یا بریان، پذیرش بهتر طعم و عدم ایجاد طعم اکسیدشده، عدم تیره شدن استخوان، عدم قهوه‌ای شدن زودهنگام هنگام پخت، کاهش رشد میکروارگانیسم‌های فساد و باکتری‌های بیماری‌زا در مقایسه با بسته‌بندی پلی‌وینیل کلراید، به دلیل اثر ترکیبی شرایط بی‌هوازی، دمای پایین و کربن دی‌اکسید بالا، افزایش نرمی گوشت به علت کاهش اکسیداسیون پروتئین‌ها در محیط بی‌هوازی و همچنین طولانی‌تر بودن عمر نگهداری که اجازه می‌دهد آنزیم‌های نرم‌کننده طبیعی عضله مدت بیشتری فعال باشند. معایب این روش عبارتند از: نگرش منفی مصرف‌کنندگان نسبت به مونوکسیدکربن به دلیل سمی بودن آن و نگرانی از این‌که محصول ممکن است ظاهراً تازه به نظر برسد در حالی که سطح باکتری‌ها بالا رفته و محصول فاسد شده است [۶].

۷. بسته‌بندی در اتمسفر کنترل شده

تنها انواع بسته‌بندی اتمسفر کنترل شده که در حال حاضر برای گوشت خام استفاده می‌شوند، آن‌هایی هستند که در آن‌ها یک اتمسفر بی‌هوازی به‌طور نامحدود حفظ می‌شود. بسته‌بندی اتمسفر کنترل شده ممکن است برای محصولات حجیم یا اقلامی با شکل نامنظم، مانند لاشه‌ی کامل بره، یا به‌عنوان مسترپک برای محصولات آماده‌ی خرده‌فروشی استفاده شود. بسته‌بندی اتمسفر کنترل شده برای سینی‌های جداگانه‌ی محصول آماده‌ی عرضه مناسب نیست، زیرا رنگ گوشت بدون اکسیژن نامطلوب است و همچنین مواد بسته‌بندی که نسبت به گازها نفوذناپذیر هستند، عمدتاً کدر و غیرشفاف‌اند. فیلم‌های موجود و قابل تهیه که عملاً گازگریز هستند، لایه‌هایی شامل فویل آلومینیوم، لمینت‌هایی با دو لایه فیلم متالایز یا لمینت‌هایی با لایه‌های پلاستیکی بسیار ضخیم و دارای خواص بازدارندگی بالا را در بر می‌گیرند. اتمسفرهای کنترل شده ممکن است از دی‌اکسیدکربن، نیتروژن یا مخلوطی از این دو گاز تشکیل شوند. نیتروژن می‌تواند محیط بی‌هوازی ایجاد کند، اما تأثیر دیگری بر بافت عضله یا میکروفلور ندارد. بنابراین، عمر نگهداری گوشت‌ها در اتمسفر کنترل شده‌ی نیتروژن مشابه عمر نگهداری گوشت‌های بسته‌بندی شده در خلأ است؛ هرچند در بسته‌های کنترل شده‌ی نفوذناپذیر به گاز، اکسیداسیون میوگلوبین در مایع خارج شده از گوشت یا در بافت عضله رخ نمی‌دهد؛ پدیده‌ای که معمولاً در بسته‌های خلأ، به دلیل مقادیر اندک اکسیژن که از فیلم‌های بسته‌بندی عبور می‌کند، در نهایت ظاهر می‌شود [۶].

۸. بسته‌بندی تحت خلأ

بسته‌بندی خلأ یک روش نگهداری است که شامل حذف هوا می‌شود. مراحل فرآیند شامل قرار دادن محصول (که قبلاً در یک کیسه خاص قرار داده شده) در یک محفظه خلأ مجهز به یک پمپ خلأ برای استخراج هوا است. در واقع، تجهیزات نمی‌توانند ۱۰۰ درصد هوا را حذف کنند، اما به‌طور واقعی ۷۵ تا ۸۵ درصد، یا حداکثر ۹۰ درصد از بسته حذف می‌شود. مزیت‌های اصلی این تکنیک شامل افزایش ماندگاری محصول، حفاظت از غذا در برابر خطرات خارجی و سهولت در جابه‌جایی آن است [۵]. بسته‌بندی خلأ می‌تواند از رشد برخی عوامل بیماری‌زای منتقله از غذا و باکتری‌های عامل فساد که معمولاً روی گوشت وجود دارند جلوگیری کند، و به همین دلیل به‌طور گسترده برای بسته‌بندی قطعات اولیه و محصولات خشک‌عمل‌آوری شده جهت توزیع به خرده‌فروشان استفاده می‌شود. تغییر رنگ قهوه‌ای را می‌توان با بسته‌بندی خلأ از بین برد یا به حداقل رساند، که این روش برای قطعات کم‌رنگ گوشت خوک و مرغ قابل قبول است. گوشت‌های بسته‌بندی شده در خلأ سال‌هاست که در بسیاری از کشورها با موفقیت به بازار عرضه شده‌اند. با این حال، رنگ بنفش



تیره‌ی دئوکسی‌میوگلوبین در گوشت گاو خرده‌فروشی بسته‌بندی‌شده در خلأ از سوی مصرف‌کنندگان پذیرفته نشده است. برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن، میزان اکسیژن در بسته‌بندی گوشت باید کمتر از ۰.۱۵ درصد باشد. سطوح اکسیژن بین ۰/۱۵ تا ۲ درصد، محصولات تازه‌ی گوشت گاو را مستعد قهوه‌ای شدن می‌کند. گوشت گاو فرآوری و بسته‌بندی‌شده در خلأ تحت شرایط تجاری مناسب، دارای عمر نگهداری ۷۰ روز بود و گوشت گاو بسته‌بندی‌شده در خلأ که در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شد، عمر نگهداری ۱۱ هفته داشت؛ اما پس از ۱۱ هفته طعم‌های نامطلوب احساس شد و تغییر رنگ گاهی پس از ۸ هفته مشکل‌ساز بود. همچنین گاهی لکه‌های قهوه‌ای یا قهوه‌ای مایل به سیاه روی چربی قطعات گوشت گاو بسته‌بندی‌شده در خلأ پس از ۶ هفته نگهداری مشاهده شد که به تجزیه‌ی میوگلوبین در مایع خارج‌شده از گوشت (نسبت داده شد. گزارش‌های دیگر نشان داده‌اند که گوشت گاو بسته‌بندی‌شده در خلأ دارای عمر نگهداری ۲۸ روز و گوشت خوک بسته‌بندی‌شده در خلأ دارای عمر نگهداری ۲۱ روز بوده است؛ اما استیک‌های بریده‌شده از گوشت گاو بسته‌بندی‌شده در خلأ که تا ۶۰ روز نگهداری شده بود، پس از ۷۲ ساعت نمایش هوازی همچنان قابل قبول بودند [۶].

۹. بسته بندی فعال^۵

در سال‌های اخیر علاقه به استفاده از بسته‌بندی فعال و هوشمند برای گوشت و فرآورده‌های گوشتی افزایش یافته است. بسته‌بندی فعال به افزودن مواد فعال به سیستم بسته‌بندی با هدف حفظ یا افزایش کیفیت و عمر نگهداری محصول گوشتی گفته می‌شود. نمونه‌هایی از سیستم‌های بسته‌بندی فعال شامل موارد زیر هستند: جاذب‌های اکسیژن، جاذب‌ها یا تولیدکننده‌های دی‌اکسیدکربن، عوامل کنترل رطوبت، بسته‌بندی‌های ضد میکروبی. بسته‌بندی هوشمند نیز به سیستم‌هایی گفته می‌شود که شرایط غذای بسته‌بندی‌شده را پایش کرده و اطلاعاتی درباره‌ی کیفیت محصول در طول حمل‌ونقل و نگهداری ارائه می‌دهند. فناوری‌های مورد بررسی در این زمینه شامل موارد زیر هستند: حسگرها، شاخص‌های سلامت بسته، شاخص‌های تازگی، شاخص‌های زمان-دما، سیستم‌های RFID [۶].

۹-۱. جاذب‌های اکسیژن در بسته‌بندی گوشت

مطالعات مختلفی برای بررسی استفاده از جاذب‌های اکسیژن به منظور جلوگیری از تغییر رنگ دائمی گوشت قرمز در اتمسفرهایی با حدود ۱ درصد اکسیژن اولیه یا جلوگیری از تغییر رنگ موقت در اتمسفرهایی با مقادیر بسیار کم اکسیژن باقیمانده انجام شده است. با وجود برخی موفقیت‌ها، کاربرد عمومی این روش مورد تردید است زیرا بافت عضله خود یک جاذب بسیار مؤثر اکسیژن محسوب می‌شود. در اتمسفرهایی با اکسیژن بسیار کم مشخص شده است که برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن موقت باید تعداد زیادی جاذب اکسیژن سریع‌الاث‌ر استفاده شود [۶].

۹-۲. جاذب‌ها و تولیدکننده‌های دی‌اکسیدکربن

⁵ Active packaging



از آنجا که نفوذپذیری دی اکسید کربن در بیشتر فیلم‌های پلاستیکی ۳ تا ۵ برابر اکسیژن است، برای حفظ غلظت مطلوب آن در بسته باید به طور مداوم تولید شود. غلظت‌های بالای دی اکسید کربن (۱۰ تا ۸۰ درصد) برای مواد غذایی مانند گوشت و مرغ مطلوب هستند زیرا رشد میکروبی سطحی را مهار کرده و عمر نگهداری را افزایش می‌دهند. حذف اکسیژن از بسته ممکن است باعث ایجاد خلأ نسبی و فروریزش بسته‌های انعطاف‌پذیر شود. همچنین وقتی بسته با مخلوط گازی شامل دی اکسید کربن پر می‌شود، این گاز در محصول حل شده و باعث کاهش حجم گاز داخل بسته می‌شود. در چنین شرایطی، آزاد شدن همزمان دی اکسید کربن از ساشه‌های داخل بسته که اکسیژن را نیز مصرف می‌کنند، مفید است. این سیستم‌ها معمولاً بر پایه‌ی کربنات آهن یا مخلوط اسید آسکوربیک و بی‌کربنات سدیم طراحی شده‌اند. با این حال، مهار باکتری‌های فساد با فناوری بسته‌بندی فعال ممکن است رقابت میکروبی را کاهش داده و امکان رشد و تولید سم توسط کلستریدیوم بوتولینوم غیرپروتئولیتیک یا سایر باکتری‌های بیماری‌زا را فراهم کند. مطالعه‌ای نشان داد که اگرچه غلظت بالای دی اکسید کربن سرعت رشد کلستریدیوم بوتولینوم نوع B را کاهش می‌دهد، اما بیان و تولید سم آن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد؛ بنابراین خطر بوتولیسم ممکن است افزایش یابد [۶].

۹-۳. جاذب‌های رطوبت

یکی از مهم‌ترین علل فساد مواد غذایی رطوبت اضافی است. جذب رطوبت با استفاده از جاذب‌ها یا مواد خشک‌کننده می‌تواند به طور مؤثری کیفیت غذا را حفظ کرده و با مهار رشد میکروبی و جلوگیری از تخریب بافت و طعم ناشی از رطوبت عمر نگهداری را افزایش دهد. علاوه بر ساشه‌های کنترل رطوبت در غذاهای خشک، شرکت‌های مختلف پدها، ورقه‌ها و پوشش‌های جاذب مایع برای مواد غذایی با فعالیت آبی بالا مانند گوشت، ماهی، مرغ، میوه و سبزیجات تولید می‌کنند. این جاذب‌ها معمولاً از دو لایه فیلم پلاستیکی غیربافته و میکرومتخلخل به همراه یک پلیمر فوق‌جاذب تشکیل شده‌اند این پلیمرها قادرند تا ۵۰۰ برابر وزن خود آب جذب کنند. پلیمرهای رایج شامل: نمک‌های پلی‌اکریلات، کربوکسی‌متیل سلولز و کوپلیمرهای نشاسته هستند که تمایل بسیار زیادی به جذب آب دارند. پدهای جاذب مایع معمولاً زیر گوشت تازه، ماهی و مرغ بسته‌بندی شده قرار داده می‌شوند تا مایع خارج‌شده از بافت را جذب کنند [۶].

۹-۴. بسته‌بندی ضد میکروبی^۶

روش‌های سنتی برای محافظت از مواد غذایی در برابر رشد میکروبی شامل پردازش حرارتی، خشک‌کردن، انجماد، سردخانه، پرتودهی، اتمسفر اصلاح‌شده و افزودن عوامل ضد میکروبی یا نمک‌ها هستند. با این حال، برخی از این روش‌ها را نمی‌توان برای محصولات مشابه گوشت تازه به کار برد. بسته‌بندی ضد میکروبی یکی از اشکال نویدبخش بسته‌بندی فعال است، به‌ویژه برای محصولات گوشتی. از آنجا که آلودگی میکروبی گوشت عمده‌تاً در سطح محصول و در اثر جابه‌جایی پس از فرآوری رخ می‌دهد، تلاش‌هایی برای افزایش ایمنی و تأخیر در فساد از طریق افشانه‌ها یا غوطه‌ورسازی ضد میکروبی انجام شده است [۶].

⁶ Antimicrobial food packaging



۹-۴-۱. استفاده از فعالیت ضد میکروبی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی اسانس زیره سیاه

اسانس ها و عصاره های گیاهی ، ترکیبات بدست آماده از بخش های مختلف (ریشه، ساقه، برگ، میوه و دانه) گیاهان است که به روش های متفاوت از گیاه استخراج می شوند. اسانس های گیاهی سرشار از ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی نظیر ترپن ها و فنول ها بوده و در تحقیقات متفاوت از این ترکیبات به عنوان ضدباکتری، ضد قارچ، ضد ویروس و ضد انگل استفاده کرده اند. یکی از گیاهان باارزش و بومی ایران ، گیاه چندساله زیره سیاه کرمانی (ایرانی) با نام علمی *persicum Bunium* می باشد. این گیاه سرشار از خواص درمانی بوده و برای پیشگیری، کنترل و درمان بسیاری از بیماری ها نظیر کاهش کلسترول بد خون، بهبود شکستگی های استخوانی، کاهش تب و بیماری های دستگاه گوارش و تنفس استفاده می شود. این گیاه منبع غنی از ترکیبات آنتی اکسیدان و ضد باکتریایی از جمله گاما ترپینن، کومین آلدئید، آلفا پینن و لیمونن بوده و در صنعت غذا به عنوان طعم دهنده و نگهدارنده استفاده می شود. بدین منظور از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی نانوامولسیون و امولسیون اسانس زیره سیاه جهت افزایش مدت زمان نگهداری گوشت گوساله در یخچال استفاده شد و پس از شناسایی ترکیبات موثره اسانس، خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش خوراکی تهیه شده در طول دوره ۱۶ روزه بر روی گوشت گوساله نگهداری شده در یخچال بررسی گردید. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه تاثیر ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بر روی گوشت گوساله بود که طی آن مشخص شد استفاده از پوشش ژلاتین-کیتوزان حاوی اسانس زیره سیاه خصوصاً زمانی که حاوی نانوامولسیون اسانس زیره سیاه باشد، بطور قابل توجهی محدود کننده فساد میکروبی و اکسیداسیون چربی بود و باعث بهبود ماندگاری گوشت گوساله نگهداری شده در یخچال گردید [۹].

۹-۵. حسگر های بسته بندی هوشمند^۷

کاربرد این حسگرها و اندیکاتورها به همراه تکنیکهای بسته بندی دیگر مثل MAP و بسته بندی تحت خلاء در نظر گرفته می شود. عدادی روش تحلیلی برای کنترل فازهای گازی در محصولات MAP موجود است که مهمترین این روش ها استفاده از یک روش حسگر نوری است. یک دستگاه حسگر نوری از دو واحد گیرنده و مبدل تشکیل شده است که در برگیرنده اطلاعات فیزیکی و شیمیایی به یک فرم انرژی تبدیل شده و در مبدل اندازه گیری می شود. تکنولوژی حسگر شیمیایی و زیستی در سال های اخیر سریعاً رشد یافته که در سیستم بسته بندی گوشت شامل دامنه های سیگنال شیمیایی حرارتی نوری و الکتریکی هستند استفاده از یک حسگر جهت کیفیت سنجی سریع به عنوان یک روش علامت گذار شناخته می شود. تعیین گازهای فضای راس اندیکاتور کمک میکند که به وسیله آن کیفیت یک محصول گوشتی و استحکام بسته بندی که در آن نگهداری می شود سریع و ارزان قابل تعیین باشد هر چند کاربردهای عملی حسگرها در صنعت گوشت بسیار محدود باقی مانده است [۴].

۱۰. بسته بندی شرینگ

⁷ Intelligent packaging sensors



فیلم‌های پلاستیکی شیرینک برای بسته‌بندی قطعات بزرگ و نامنظم گوشت تازه استفاده می‌شوند. این تکنیک شامل جمع شدن فیلم پلیمری حرارت‌پذیر اطراف محصول گوشتی با اعمال حرارت است تا بسته‌ای چسبیده و فشرده ایجاد شود. فیلم بسته‌بندی باید دارای استحکام ساختاری باشد، سد بخار آب خوبی باشد و توانایی تحمل دمای نگهداری حدود ۴۵- درجه سانتی‌گراد را داشته باشد. از مزایای فیلم شیرینک پلاستیکی می‌توان به ظاهر مرتب، سهولت در جابه‌جایی و انطباق کامل با شکل محصول اشاره کرد. برای ایجاد پوشش محکم از تونل‌های حرارتی استفاده می‌شود. پلی‌وینیل کلراید، پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن پرتوده‌ی شده و پلی‌وینیلیدن کلراید حرارت‌پذیر برای بسته‌بندی شیرینک گوشت تازه به کار می‌روند [۶].

۱۱. بسته بندی اسکین

یکی دیگر از پیشرفت‌هایی که هم از نظر ارائه محصول و هم از نظر تنوع طراحی بسته‌بندی مزیت دارد، بسته‌بندی اسکین است. این فرایند به فیلم بسته‌بندی اجازه می‌دهد دقیقاً با پروفیل محصول منطبق شود. این امر فرصت‌های متعددی برای بهبود ارائه محصول و همچنین ارتقای یکپارچگی خود بسته فراهم می‌کند. در بسته اسکین، خود محصول قالب عملیات ترموفرمینگ بسته‌بندی می‌شود. لایه زیرین نیمه‌سخت ممکن است ترموform شود یا نشود. لایه بالایی در یک محفظه تخلیه حرارت داده می‌شود تا به نقطه نزدیک ذوب برسد، سپس روی محصول افتاده و پوسته‌ای مطابق با تمام انحناها ایجاد می‌کند. پس از درزگیری و پخت، شکل جدید خود را حفظ می‌کند و تماس نزدیک با محصول را صرف‌نظر از ناهمواری‌های سطحی تضمین می‌کند. بسته‌های اسکین با استفاده از فیلم پلاستیکی دارای سد اکسیژن تهیه می‌شوند [۶].

۱۲. مستریک

سیستم مستریک شامل چهار تا هشت بسته‌ی روکش‌شده‌ی نفوذپذیر به هوا است که در یک کیسه‌ی بزرگ (مستریک) قرار می‌گیرند؛ کیسه‌ای که نسبت به اکسیژن و رطوبت نفوذناپذیر است. مستریک ابتدا تخلیه‌ی هوا می‌شود تا هوای داخل آن خارج شود و سپس با مخلوط گازی موردنظر دوباره پر می‌شود. مخلوط‌های گازی معمول، شامل ۱۰۰ تا ۸۰ درصد دی‌اکسیدکربن هستند و گاز باقی‌مانده نیتروژن است. حضور کربن دی‌اکسید رشد باکتری‌ها را مهار می‌کند و بنابراین عمر ماندگاری را افزایش می‌دهد. وقتی خرده‌فروش برای چیدن کالا روی قفسه به محصول نیاز دارد، مستریک را باز می‌کند و بسته‌ها را که در محیط گاز کربن دی‌اکسید نگهداری شده‌اند، خارج می‌کند. محصول پس از خارج شدن از کیسه و قرار گرفتن در معرض اکسیژن هوا، در حدود ۳۰ دقیقه شکوفا شده و رنگ قرمز گیلاسی روشن و مطلوب را تشکیل می‌دهد. عمر نگهداری مورد انتظار برای محصولاتی که در سیستم مستریک بسته‌بندی می‌شوند، بین ۱۰ تا ۱۴ روز و عمر نمایش در خرده‌فروشی بین ۲ تا ۷ روز است [۶].

۱۳. تاثیر لاکتیک اسید بر زمان ماندگاری فراورده های گوشتی



در ارتباط با تأثیر اسید لاکتیک ۱ درصد در بسته‌بندی‌ها، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که افزودن آن در بسته‌بندی‌های معمولی موجب کاهش معنادار پارامترهای شیمیایی و میکروبی گوشت شده، به‌طوری که زمان ماندگاری گوشت را ۳ روز افزایش داده است که جمعاً ۷ روز می‌شود؛ در حالیکه اسید لاکتیک در بسته‌بندی در خلأ چنین تأثیری نداشته است. محققین در سراسر جهان روی انواع بسته‌بندی‌ها تحقیقات زیادی انجام داده‌اند البته بیشتر آن‌ها در ارتباط با بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بوده است. در یکی از تحقیقات ثابت شده طول عمر نگهداری گوشت گاو بسته‌بندی شده در خلأ در دمای صفر درجه سلسیوس ۱۰ تا ۱۶ روز می‌باشد. در اینجا نکته جالب توجه این است که در بسته‌بندی در خلأ علاوه بر فقدان اکسیژن، پراکسید و اسید لاکتیک ایجاد شده با لاکتو باسیل‌ها نیز اثر منفی روی رشد باکتری‌های سرماگرا دارند. از طرفی Gill و همکاران زمان ماندگاری گوشت خوک بسته‌بندی شده در خلأ و نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس را ۱ تا ۲۱ روز اعلام کرده‌اند. به نظر می‌رسد علت این تفاوت‌ها در زمان ماندگاری، به فاکتورهای تأثیرگذار بر قابلیت نگهداری گوشت از قبیل نوع دام، pH، بار میکروبی اولیه، اندازه و شکل فیزیکی گوشت و از همه مهم‌تر دمای نگهداری در سردخانه و جنس مواد بسته‌بندی شده مربوط باشد [۸].

۱۴. عوامل مؤثر بر فیلم‌های بسته‌بندی گوشت

برای بسته‌بندی گوشت مواد مصنوعی به شکل فیلم‌ها یا فویل‌های پلاستیکی به کار می‌روند که اغلب با بسته‌بندی‌های بیرونی (مثل جعبه‌های مقوایی نازک یا مواد دیگر ترکیب می‌شوند. موادی که برای بسته‌بندی داخلی به کار می‌روند طبق الزامات و استانداردهای خاص استفاده می‌شوند: انعطاف پذیری، مقاومت فیزیکی، شفافیت، بی بو بودن، بهداشتی بودن، قابلیت بازیافت، مقاومت در برابر گرما و سرما، مقاومت در برابر روغن و چربی، ممانعت مناسب در مقابل ورود گازها، پوشش دهی خوب و قیمت تولید، ساختار مولکولی، وزن مولکولی و ترکیب شیمیایی تعیین‌کننده ویژگی یک ماده می‌باشند. نفوذپذیری نسبت به گاز باعث تبادل اکسیژن دی اکسیدکربن و بخار آب بین داخل و خارج بسته‌بندی می‌شود و این یکی از ویژگیهای مواد پلیمری مصنوعی (مثل پلاستیک‌ها) و طبیعی (مثل مواد سلولزی) می‌باشد. خاصیت ممانعت‌کنندگی و نفوذ ناپذیری برای افزایش ماندگاری محصولات غذایی حائز اهمیت فراوان است [۲].

۱۴-۱. سد کنندگی در برابر بخار آب

سد کنندگی در برابر بخار آب برای مواد غذایی مانند گوشت بسیار مهم است، زیرا به محافظت در برابر رطوبت نیاز دارند. فیلم باید قادر به مقاومت در برابر نفوذ بخار آب باشد. برخی پلی‌ساکاریدها مانند سلولز و کربوکسی‌متیل‌سلولز دارای خواص آبدوستی هستند که منجر به نفوذپذیری بالای بخار آب می‌شود و این ویژگی کاربرد آن‌ها را در فیلم‌های بسته‌بندی غذاهای حساس به رطوبت محدود می‌کند. در مقابل، کیتوزان به دلیل ساختار نیمه‌بلوری و حضور گروه‌های آمینی، سد کنندگی قوی‌تری در برابر بخار آب دارد. برای فیلم‌های پروتئینی مانند ژلاتین که ویژگی‌های مکانیکی مطلوب دارند، اما سد کنندگی آن‌ها در برابر بخار آب محدود است، می‌توان از تغییرات شیمیایی یا ترکیب با مواد چربی دوست مانند اسیدهای چرب استفاده کرد تا سد کنندگی بهبود یابد [۱].



۲-۱۴. شفافیت

شفافیت فیلم هنگام استفاده برای بسته‌بندی گوشت اهمیت دارد، زیرا محصول به‌صورت تازه عرضه می‌شود و ظاهر آن برای مصرف‌کننده مهم است. ترکیباتی مانند نشاسته، پکتین و آگار به دلیل ایجاد شفافیت بالا مورد استفاده هستند. همچنین پروتئین آب‌پنیر و زئین نیز می‌توانند این ویژگی را فراهم کنند [۱].

۳-۱۴. مقاومت در برابر پرتو فرابنفش

قرارگیری گوشت و فرآورده‌های گوشتی در مقابل روشنایی روز یا روشنایی‌های مصنوعی (مثل لامپ) باعث اکسیداسیون ترشیدگی و تغییرات رنگی می‌شود. فیلم‌های بسته‌بندی شفاف برای بسته‌بندی محصولات حساس به نور در طول مدت زمان طولانی برای ذخیره‌سازی مناسب نیستند و باید از فیلم‌های رنگی مثل فویل‌های آلومینیومی استفاده کرد. مشخص شده است که راه مؤثر برای ارتقاء مواد بسته‌بندی مقاوم در برابر نور استفاده از جاذب‌های پرتو فرابنفش است [۲]. نور فرابنفش باعث تجزیه مواد مغذی در غذاهای حاوی لیپید می‌شود. بسیاری از فیلم‌های طبیعی این محافظت را فراهم نمی‌کنند. با این حال، می‌توان ویژگی محافظت در برابر نور فرابنفش را از طریق افزودن ترکیبات زیست‌فعال مانند فلاونوئیدها ایجاد کرد. گفته شده که زئین می‌تواند تا حدی محافظت‌بخشی کند و افزودن توکوفرول نیز این خاصیت را تقویت می‌کند [۱].

۴-۱۴. سدکنندگی در برابر گازها

سدکنندگی در برابر گازهایی مانند اکسیژن و دی‌اکسیدکربن نیز یکی از ویژگی‌های مهم فیلم‌ها است، به‌ویژه هنگامی که برای بسته‌بندی اصلاح‌شده استفاده می‌شوند [۱]. ورود اکسیژن به داخل بسته تنها با استفاده از مواد بسته‌بندی کاملاً غیرقابل نفوذ به گاز و درزهای حرارتی نفوذناپذیر به اکسیژن در تمامی بخش‌ها قابل پیشگیری است. درزگیری بسته‌ها مرحله‌ای حیاتی است، اما می‌توان از چندین نوع ماده درزگیر استفاده کرد که معمولاً ضخیم‌ترین لایه در لمینت‌ها را تشکیل می‌دهند [۶]. علاوه بر فیلم‌های مقاوم در برابر اکسیژن، فویل‌های نفوذناپذیر (نسبت به اکسیژن) برای بسته‌بندی گوشت‌های آماده مصرف مناسب هستند تا رنگ قرمز محصول حفظ شود. در مورد سوسیس‌ها یا همبرگر، پخته مقدار رطوبت نسبی بسیار بالاست و مواد بسته‌بندی باید به قدر کافی مقاوم به بخار آب باشند تا از کاهش وزن و کیفیت محصول طی دوره نگهداری جلوگیری شود. برای نگهداری طولانی مدت مثل گوشت‌های بسته‌بندی شده تحت خلاء، از فیلم‌های مقاوم در برابر نفوذ اکسیژن استفاده می‌شود [۲].

۵-۱۴. ضد مه بودن

برای جلوگیری از تشکیل مه روی سطح داخلی فیلم‌ها، عوامل ضد مه به‌صورت پوشش‌دهی غوطه‌وری یا اسپری روی سطح پلیمر اعمال می‌شوند یا در داخل پلیمر مخلوط می‌گردند تا به سطح مهاجرت کنند. این مواد با کاهش کشش سطحی آب که در اثر اختلاف دما بین سطح فیلم و محیط اطراف روی سطح داخلی فیلم متراکم می‌شود، از تشکیل



قطرات مه جلوگیری می‌کنند. مواد رایج ضد مه عبارت‌اند از: استرهای گلیسرول، استرهای پلی‌گلیسرول، استرهای سوربیتان و مشتقات اتوکسیله‌ی آن‌ها، الکل‌های اتوکسیله و نونیل فنول اتوکسیله [۶].

۱۵. نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسته‌بندی یکی از مؤثرترین عوامل در افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی است. هر روش بسته‌بندی با توجه به میزان کنترل اکسیژن، رطوبت و آلودگی میکروبی، عملکرد متفاوتی در حفظ کیفیت محصول دارد. بسته‌بندی خلأ و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش فساد و حفظ ویژگی‌های حسی و ظاهری محصول هستند. بسته‌بندی فعال و هوشمند نیز به‌عنوان فناوری‌های نوین، نقش مهمی در بهبود عملکرد بسته‌بندی‌های سنتی دارند. با این حال، انتخاب نوع بسته‌بندی باید متناسب با نوع فرآورده، مدت زمان نگهداری و شرایط توزیع انجام شود. هزینه، دسترسی به فناوری و نیاز مصرف‌کننده نیز از عوامل مهم در انتخاب بسته‌بندی مناسب هستند. بسته‌بندی مناسب به‌تنهایی کافی نیست و رعایت زنجیره سرد در تمام مراحل ضروری است. استفاده از فناوری‌های نوین بسته‌بندی می‌تواند به کاهش ضایعات، افزایش ایمنی و حفظ ارزش تغذیه‌ای محصولات کمک کند. در نتیجه، بسته‌بندی بهینه یکی از ارکان اصلی صنعت فرآورده‌های گوشتی محسوب می‌شود. به‌طور کلی، توسعه بسته‌بندی‌های پیشرفته می‌تواند نقش مهمی در بهبود کیفیت و ماندگاری این محصولات ایفا کند.

۱۶. مراجع

1. Figueroa-Enríquez, C.E., Rodríguez-Félix, F., Ruiz-Cruz, S., Castro-Enríquez, D.D., Gonzalez-Rios, H., Perez-Alvarez, J.A., Tapia-Hernández, J.A., Madera-Santana, T.J., Montaña-Grijalva, E.A. and López-Peña, I.Y. (2024), "Application of Active Packaging Films for Extending the Shelf Life of Red Meats: A Review", *Processes*, 12 (11), 2115.
۲. پورحمزه، س. (۱۴۰۰)، "گرایش‌ات نوین در زمینه بسته‌بندی گوشت و فرآورده‌های گوشتی"، نشریه علمی علوم و فنون بسته‌بندی، سال دوازدهم، شماره ۴۶، تایستان ۱۴۰۰، ص ۸-۱.
۳. فتاحیان، آ و همکاران. (۱۳۹۹)، "بررسی اثر پوشش خوراکی کیتوزان و اسانس زیره سبز بر ماندگاری گوشت گاو در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده"، *مجله علوم و صنایع غذایی*، دوره ۱۷، شماره ۱۰۴.
۴. ولایت زاده، م. (۱۳۹۳)، "مقایسه تأثیرات روش‌های بسته‌بندی‌های هوشمند و فعال در فرآورده‌های گوشتی و آبیان"، *اولین همایش ملی میان‌وعده‌های غذایی*، ۱۰ و ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۳، مشهد مقدس.
5. Cenci-Goga, B.T., Iulietto, M.F., Sechi, P., Borgogni, E., Karama, M. and Grispoldi, L. (2020), "New Trends in Meat Packaging", *Microbiology Research*, 11, pp. 56–67.
6. Ščetar, M., Kurek, M. and Galić, K. (2010), "Trends in Meat and Meat Products Packaging – A Review", *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 2 (1), pp. 32–48.



۷. مهدیزاده، ت و همکاران. (۱۳۹۷)، "اثرات فیلم کامپوزیتی خوراکی نشاسته- کیتوزان حاوی ترکیب عصاره پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی بر ماندگاری گوشت قرمز در زمان نگهداری"، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۴، شماره ۲، ص ۳۸۲-۳۷۱، تیر ۱۳۹۷.
۸. رکنی، ن. و نوری، ن. (۱۳۸۳)، "مقایسه تاثیر اسید لاکتیک بر زمان ماندگاری گوشت تازه و سرد گوسفند، بسته بندی شده به صورت معمولی و در خلا"، مجله علوم و صنایع غذایی، دوره ۱، شماره ۱.
۹. نخودچی، س. و همکاران، (۱۴۰۴)، "ارزیابی فعالیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش ژالتین-کیتوزان حاوی امولسیون و نانوامولسیون اسانس زیره سیاه بر روی گوشت گوساله"، مجله علوم و صنایع غذایی، دوره ۲۲، شماره ۱۶۳، شهریور ۱۴۰۴.