



مجله ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی

دوره ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

ISSN- 2821-1111

بسته‌بندی هوشمند؛ تضمین کیفیت، ایمنی و سلامت فرآورده‌های شیلاتی

ذبیح اله بهمنی

استادیار پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. صندوق پستی: ۷۹۱۴۵-۱۵۹۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۷

چکیده

امروزه در پاسخ به تقاضای مصرف‌کنندگان، توسعه بسته‌بندی‌های جدید با عملکرد بهتر نظیر بسته‌بندی‌های هوشمند از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از بسته‌بندی نمودن مواد غذایی به‌طور هم‌زمان افزایش زمان نگهداری و حفاظت از مواد غذایی در برابر خطر عوامل فساد درونی، بیرونی، اکسایشی و حمل‌ونقل آسان‌تر مواد غذایی بوده است اما به‌تدریج اهدافی از قبیل تضمین سلامت و کیفیت مواد غذایی (کنترل رشد میکروب‌ها، به تأخیر انداختن اکسیداسیون، بهبود نظارت، حفظ طعم و بوی ماده غذایی)، سهولت استفاده و پایداری بسته‌بندی در کنار بازاریابی و فروش محصولات که به‌عنوان نقش ارتقائی بسته‌بندی است اضافه شده است. استفاده از شناساگرها، حسگرها و حسگرهای زیستی در بسته‌بندی باعث ایجاد تحول در وظایف بسته‌بندی شده و منجر به ایجاد نوع جدیدی از بسته‌بندی‌ها به نام بسته‌بندی هوشمند شده است. این نوع بسته‌بندی در دهه‌های اخیر در کشورهای توسعه‌یافته مورد استفاده قرار گرفته و هدف آن تضمین کیفیت، ایمنی و سلامت محصول است. با توجه به اهمیت فرآورده‌های شیلاتی در سبد غذایی خانوار و از طرفی، فسادپذیری سریع این محصولات باعث گردید تا در این مطالعه، امکان استفاده از انواع بسته‌بندی‌های هوشمند شامل شناساگرها (تازگی، یکپارچگی محصول، فساد ماده غذایی، ترشیدگی، لپید، زمان و دما)، حسگرها و حسگرهای زیستی در ارزیابی کیفیت، زمان ماندگاری و ایمنی فرآورده‌های شیلاتی از مزرعه (تولید) تا مصرف، مورد بررسی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی هوشمند، فرآورده‌های شیلاتی، ایمنی، تضمین کیفیت

مقدمه

گوشت ماهی جزء گوشت‌های سفید بوده و در حال حاضر حدود ۲۰ درصد از سهم پروتئین حیوانی کل جهان از طریق ماهی و آبزیان تأمین می‌شود. ماهی یک منبع غنی از پروتئین به حساب می‌آید. به طوری که در مقایسه با انواع گوشت‌ها، از نظر کمی بیشترین درصد پروتئین را دارد (متوسط ۲۲-۱۸ درصد) و از نظر کیفی نیز برخلاف گوشت قرمز دارای بافت پیوندی کم‌تر و فاقد الاستین است. فقدان الاستین هنگام تبدیل کلاژن - ژلاتین در زمان پخت، باعث می‌شود که پروتئین پخته شده راحت‌تر هضم شود و هضم آن به ۹۹ درصد برسد. از نظر تغذیه‌ای منبع بسیار عالی از تمام اسیدهای آمینه به خصوص لیزین است. این اسید آمینه از جمله اسیدهای آمینه ضروری است که در بدن ساخته نمی‌شود. غلات (از قبیل نان و برنج) از نظر این اسید آمینه فقیر هستند و بنابراین هنگامی که ماهی با نان یا برنج خورده می‌شود پروتئین کاملی به بدن فرد می‌رسد. گوشت ماهی ده نوع اسید آمینه ضروری بدن شامل آرژنین، هیستیدین، ایزولوسین، لوسین، لیزین، میتونین، فنیل آلانین، ترئونین، تریپتوفان و والین را دارا است (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). تقریباً بیشتر انواع ویتامین‌ها در ماهی موجود است اگرچه میزان آن در گونه‌های مختلف و حتی در قسمت‌های مختلف یک ماهی نیز متغیر است. قسمت‌هایی از ماهی مانند جگر، روده و تخم که معمولاً مصرف نمی‌شوند، منابع سرشاری از ویتامین‌های محلول در چربی هستند و مقدار ویتامین‌های موجود در آن‌ها از گوشت ماهی بیشتر است. ویتامین‌های گروه B (B1, B2, B3, B6, B12) و همچنین ویتامین‌های محلول در چربی E, K, D و A در ماهی موجود می‌باشند. ماهی از لحاظ مواد معدنی نیز غنی بوده و دارای آهن، ید، کلسیم، فسفر و برخی مواد معدنی دیگر است. این مواد در پوست، گوشت و استخوان به نسبت‌های مختلف موجود هستند؛ می‌توان برای دریافت بعضی از مواد معدنی به خصوص کلسیم و فسفر استخوان‌های ریز ماهی را نیز بدون هیچ گونه عوارضی مصرف کرد. حتی بعضی از ماهی‌ها مانند کیلکا و ساردین ماهیان به دلیل جثه کوچک با پوست و استخوان‌ها مصرف می‌شوند. مواد معدنی دیگری از جمله فلوئور، سلنیوم، گوگرد، روی و مس نیز در ماهی وجود دارند که برخی از خواص ضد سرطان و ضد بیماری‌زایی ماهی را به خواص آنتی اکسیدانی سلنیوم نسبت می‌دهند (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۵). عدم مصرف هر کدام از مواد معدنی موجب بیماری و مشکلاتی در بدن می‌شود که با مصرف ماهی می‌توان در پیشگیری و درمان این گونه بیماری‌ها گام مثبتی برداشت. کم‌خونی، فقر آهن به خصوص در دختران جوان، زنان باردار و شیرده و گواتر حاصل از فقر ید در بدن از آن جمله‌اند. البته در این بین، بیماری خاموش یعنی پوکی استخوان را نیز نباید از نظر دور داشت که با مصرف گوشت و استخوان ماهی که دارای کلسیم و فسفر و همچنین اسیدهای چرب امگا - ۳ است، می‌توان از آن پیشگیری نمود. مقدار چربی ماهی‌ها بسیار متغیر بوده و کمتر از ۱ درصد در ماهیان لاغر (Lean) تا بیش از ۳۰ درصد در گونه‌های ماهی‌های چرب متغیر است و در فصول مختلف نیز شدیداً تغییر پیدا می‌کند. ماهی به ماده غذایی کم‌چرب دارای چربی‌های بالارزش شهرت یافته است. در این بین اسیدهای چرب امگا - ۳ از همه مهم‌تر است. اسیدهای چرب که به ندرت به شکل آزاد در طبیعت وجود دارند، مواد تشکیل دهنده چربی‌ها و روغن‌ها هستند. اسیدهای چرب به دو شکل اشباع شده و اشباع نشده وجود دارد که در حالت اشباع شده تمام پیوندهای موجود در ترکیب مولکول آن‌ها توسط هیدروژن (H_2) پر شده است و بیشتر در چربی‌هایی مانند پیه، دنبه، روغن حیوانی و در گوشت قرمز، کره و دیگر مواد لبنی یافت می‌شود و باعث بیماری‌های قلبی عروقی شده، کلسترول (LDL) خون را بالا می‌برد. اسیدهای چرب اشباع نشده به دو دسته تک غیر اشباع و چند غیر اشباعی تقسیم شده‌اند که بیشتر در غذاهای گیاهی و آبزیان موجود هستند. به طور مثال اسید اولئیک موجود در روغن زیتون و کلزا دارای یک پیوند دوگانه بوده و جزء اسیدهای چرب امگا هستند و اسید لینولئیک موجود در روغن‌های نباتی آفتابگردان و سویا و سایرین دارای دو پیوند دوگانه بوده و جزء اسیدهای چرب امگا - ۶ است و می‌تواند در بدن به آراشیدونیک اسید تبدیل شود که حیاتی است. اسید لینولئیک در روغن‌های نباتی کتان، کلزا و سویا جزء اسیدهای چرب امگا - ۳ بوده و دارای سه پیوند دوگانه بوده و در بدن به EPA (ایکوزاپنتانویک اسید) و DHA (دوکوزا هگزانویک اسید) تبدیل می‌شود. با دریافت مواد غذایی دریایی اسیدهای چرب EPA و DHA مستقیماً در اختیار قرار می‌گیرد. به طور عمده EPA و DHA در

حیوانات دریایی، روغن کبد ماهی کد، ماهی خال‌مخالی و ماهی آزاد، خرچنگ، میگو و صدف خوراکی یافت می‌شود. اسیدهای چرب امگا - ۳ در تنظیم عمل سلول‌های بدن، محافظت بدن در مقابل فشارهای عصبی، بیماری‌ها و تومورها نقش مهمی دارند. از دیگر عملکردهای اسیدهای چرب امگا - ۳ می‌توان به کاهش رشد غدد سرطانی، انقباض رگ‌ها، کاهش فشارخون، تغییر شکل گلبول‌های قرمز و بهبود گردش خون در مویرگ‌ها و افزایش زمان لخته شدن خون اشاره کرد. (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۵). کل تولید و آبی‌پروری در جهان حدود ۱۶۷,۲ میلیون تن است (FAO, 2018) که از این میزان حدود ۶۶,۷ درصد به مصرف انسانی می‌رسد و ۳۳,۳ درصد برای مصارف غیرانسانی و تغذیه حیوانات است. از سهمی که به مصرف انسانی می‌رسد ۴۸,۵ درصد به‌صورت تازه و ۵۴ درصد از تولید جهانی ماهی مختص فرآورده‌های شیلاتی است. ۷۴ درصد از این آبیان فرآوری شده برای تولید محصولاتی برای مصرف مستقیم انسانی (منجمد، دودی، شور و خشک) استفاده شده و مابقی استفاده غیرخوراکی دارند. (FAO, 2018). در ایران سالانه چیزی حدود ۱/۲ میلیون تن ماهی و سایر آبیان از طریق صید و آبی‌پروری استحصال می‌شود و مصرف سرانه ماهی ۱۲/۱ کیلوگرم است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۷). ماهیان به‌رغم ارزش غذایی بالا، از غذاهای بسیار فسادپذیر محسوب می‌شوند و نسبت به سایر غذاهای گوشتی سریع‌تر فاسد می‌شوند. فساد ماهی را می‌توان به‌طور کلی به سه دسته کلی فساد آنزیمی، باکتریایی و شیمیایی طبقه‌بندی نمود. فساد باعث کاهش کیفی پروتئین‌ها و اسیدهای چرب غیراشباع ماهیان می‌شود (Hamzeh and Rezaei, 2010). دلیل اصلی این فسادپذیری و عدم ماندگاری درازمدت، از یک سوء خواص ذاتی ماهی (فعالیت آنزیمی شدید در ماهی) و از سوی دیگر عدم توجه به جابجایی و نگهداری آبیان در مراحل بعد از صید است (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). تازگی یکی از اصلی‌ترین ویژگی‌های ماهی و گوشت فرآوری شده برای بازار و مصرف‌کننده است. ماهی و گوشت در بسیاری از کشورهای غنی از نظر مصرف پروتئین، موردعلاقه مردم است هرچند که آن‌ها در مقایسه با پایین بودن عمر ماندگاری به‌صرفه نمی‌باشند (Morsy et al., 2016). بسته‌بندی هوشمند؛ دستگاهی است که قادر به انجام عملکردهای هوشمندانه نظیر تشخیص، حس کردن، ثبت کردن، ردیابی، ارتباط و کاربرد منطق علمی به‌منظور تسهیل تصمیم‌گیری در جهت افزایش زمان ماندگاری، افزایش ایمنی، بهبود کیفیت، فراهم کردن اطلاعات و هشدار درباره مشکلات احتمالی است. خصوصیت منحصربه‌فرد IP (Intelligent Packaging) یا SP (Smart Packaging) در قابلیت آن برای ارتباط (شکل ۱) است، از آنجایی که بسته‌بندی و ماده غذایی در سراسر چرخه تولید تا عرضه با هم حرکت می‌کنند بنابراین بسته‌بندی بهترین همراه ماده غذایی بوده و برای ارتباط با ماده غذایی باید در بهترین شرایط قرار داشته باشد. بر اساس این تعاریف یک بسته‌بندی اگر دارای توانایی ردیابی فرآورده، حس کردن محیط داخلی و خارجی بسته و سایر ملاحظات را داشته باشد، هوشمند است. کاربردهای بسته‌بندی (شکل ۱) به دو دسته تقسیم می‌شوند که شامل کاربردهای اصلی از قبیل حفاظت (بسته‌بندی فعال)، ارتباط و دادن اطلاعات به مشتری (بسته‌بندی هوشمند)، ممانعت از آلوده شدن ماده بسته‌بندی‌شده، سهولت مصرف و رفاه مصرف‌کننده، سهولت حمل‌ونقل است و کاربردهای فرعی شامل قابلیت بازیافت، مقاومت نسبت به مراحل فرایند، ایجاد انگیزه برای خرید کالا و داشتن قابلیت شناسایی ماده بسته‌بندی‌شده است (Summers, 1992).

انواع بسته‌بندی هوشمند

الف - بسته‌بندی هوشمند با شناساگر

۱- شناساگر یکپارچگی سیستم (Integrity indicator) یا شناساگر نشتی (Leak indicator)

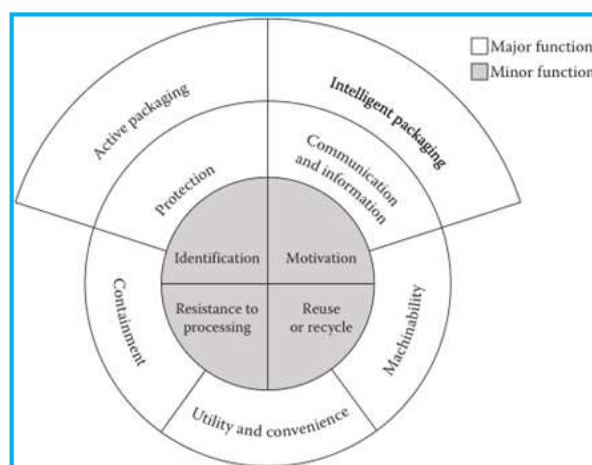
یک شناساگر یکپارچگی سیستم یا نشتی اطلاعاتی، در مورد تمامیت بسته در کل زنجیره توزیع می‌دهد که به بسته متصل شده است. کاهش یا حذف اکسیژن و غلظت بالای دی‌اکسید کربن ثبات محصول را بهبود می‌بخشد زیرا از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی برای بسیاری از محصولات قابل فساد جلوگیری می‌شود. در نتیجه نشت بسته، فضای محافظت از ماده غذایی نامناسب می‌شود. فساد میکروبی مواد غذایی در صورت وجود نشتی در بسته به علت آلوده شدن محتویات بسته

به میکروارگانیسم‌های مضر افزایش می‌یابد. ترکیب گاز در بسته‌بندی ممکن است به علت اثر متقابل بین غذا و محیط تغییر کند این شناساگرها وسیله‌ای مفید برای کنترل ترکیبات مضر که از فساد مواد غذایی تولید می‌شوند، می‌باشند. به‌استثنای بسته‌بندی MAP که حاوی مقادیر بالای اکسیژن برای گوشت تازه (افزایش رنگ) است، بسیاری از مواد غذایی بسته‌بندی‌شده در شرایط خلأ و یا در اتمسفر دارای سطح اکسیژن کمی در بسته‌بندی می‌باشند. در این موارد، نشت معمولاً سبب افزایش چشمگیر غلظت اکسیژن می‌گردد (Matindoust et al., 2016; Realini and Marcos, 2014). تعداد زیادی شناساگر دیداری اکسیژن حاوی رنگ‌های اکسایش - کاهش اختراع شده‌اند. این تجهیزات به‌عنوان شناساگرهای نشت به ترتیب در استیک‌های تکه‌ای و قطعات پیتزای گوشت بسته‌بندی‌شده به‌صورت MA، آزمون شده‌اند. از معایب این تجهیزات می‌توان به حساسیت بالا نسبت به غلظت اکسیژن برای تغییر رنگ اشاره کرد. یعنی شناساگرها به اکسیژن باقی‌مانده در بسته MA نیز حساس هستند و تغییر رنگ می‌دهند. همچنین عیب دیگر این نوع شناساگرها این است که در سیستم برگشت‌پذیری یعنی زمانی که اکسیژن افزایش یافته ناشی از نشت، طی رشد میکروبی مصرف گردد نامطلوب است و قادر به شناسایی نیستند. این نوع شناساگر در بسته‌بندی هوشمند فرآورده‌های شیلاتی به‌صورت MAP و یا بسته‌بندی در شرایط خلأ بسیار مفید است (شکل ۲ و ۳).

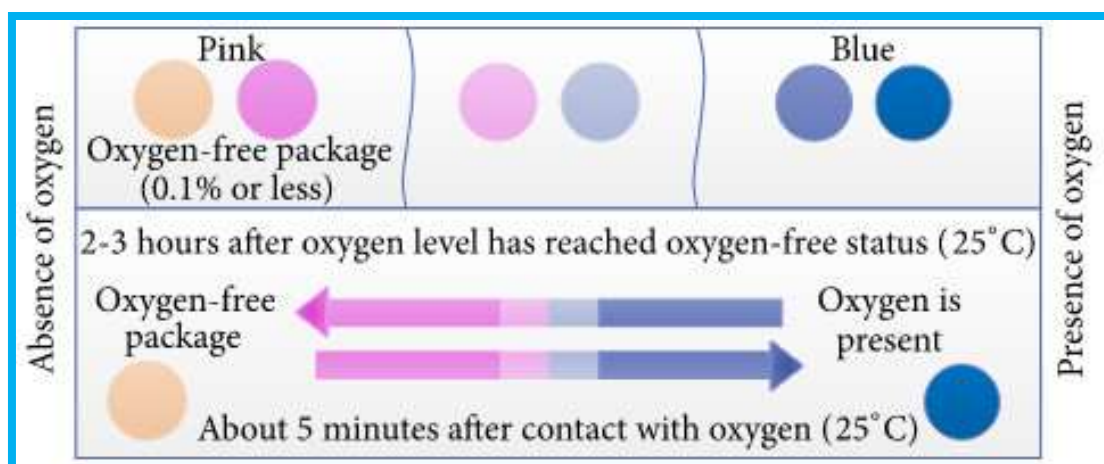
۲- شناساگر تازگی (Freshness indicator)

اطلاعات کیفی از مواد غذایی که نتیجه رشد میکروبی یا تغییر در ساختار شیمیایی فرآورده‌های غذایی است را فراهم می‌کند. متابولیت‌های حاصل از رشد میکروبی که توسط شناساگرهای داخل بسته تشخیص داده شود مانند تغییر در غلظت اسیدهای آلی نظیر بوتیرات، لاکتات و اسید استیک طی نگهداری به‌عنوان متابولیت‌های شاخص فرآورده‌های گوشتی و شیلاتی، پتانسیلی را برای تشخیص توسط شناساگرهای تازگی فراهم می‌آورند. شناساگرهای تازگی pH، پتانسیل استفاده در بسته‌بندی هوشمند فرآورده‌های شیلاتی را دارا است که به‌عنوان شاخص کیفیت تغییرات فضای داخل بسته (Head Space) را به علت تولید متابولیت‌های میکروبی و شیمیایی فساد مانند اتانول، اسیدلاکتیک، اسیداستیک، دی‌اکسید کربن، بازهای ازته فرار و آمین‌های بی‌بوژن تولیدشده را نشان می‌دهد. بررسی استفاده از بسته‌بندی هوشمند با شناساگر تازگی در صنایع شیلاتی ایران برای اولین بار توسط بهمنی و همکاران (۹۵) انجام شده است که در این تحقیق استفاده از معرف‌های فنل قرمز، برمکرزول سبز و سایر در زمینه فیلم پلی‌اتیلن سبک جهت تعیین دقیق عمر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا در دمای یخچال (4 ± 2) درجه سانتی‌گراد استفاده شده است (شکل ۴ و ۵). شناساگرهای تولیدشده از معرف‌های رنگی در قسمت فضای بالای بسته نصب شده و تغییرات pH داخل بسته را نشان می‌دهد که با برقراری ارتباط آماری بین تغییر رنگ معرف‌ها و نتایج آزمون‌های میکروبی و شیمیایی، زمان دقیق عمر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا در دمای یخچال مشخص شده است (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۵).

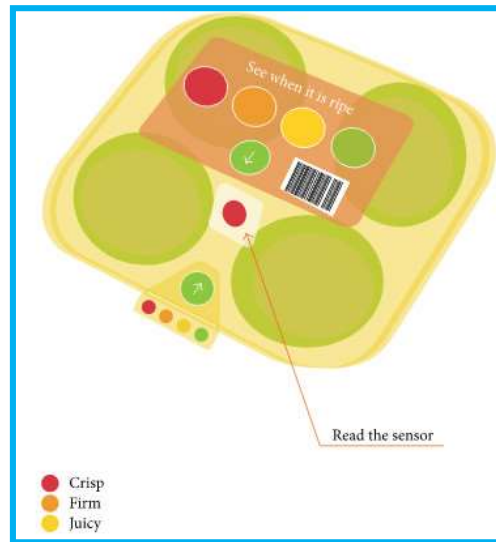
استفاده از شاخص‌های لیتموس آبی به‌عنوان شاخص فساد ماهی که به‌صورت یک اختراع ثبت شد (Santos, 1996; Rokka et al., 2004)، یکی از معرف‌های رنگی است که برای ارزیابی فساد گوشت ماهی استفاده شده است (Pacquit و همکاران، ۲۰۰۷). تولید برچسب رنگی بر اساس فیلم پلی‌آنیلین برای تشخیص فساد ماهی که یک روش رنگ‌سنجی جدید در جهت توسعه بسته‌بندی‌های هوشمند است (Okuma et al., 2000) به کار می‌رود. وقتی ماهی فاسد می‌شود ترکیبات ازته فرار زیادی شامل آمین‌های بی‌بوژن، آمونیاک، تری متیل آمین و دی متیل آمین آزاد می‌شوند که سبب تغییر میزان pH می‌شود یعنی pH ماهی و محصولات شیلاتی به سمت قلیایی شدن پیش رفته و این تغییرات توسط معرف‌ها نشان داده می‌شود.



شکل ۱. کاربردهای بسته بندی



شکل ۲ و ۳. کاربرد شناساگر یکپارچگی در بسته بندی هوشمند



شکل ۴. کاربرد شناساگر تازگی در بسته‌بندی هوشمند



شکل ۵. کاربرد شناساگر تازگی در بسته‌بندی هوشمند

۳- شناساگر ترشیدگی (Rancidity indicator)

اکسیداسیون لیپید یک فرآیند پیچیده است که با تولید رادیکال آزاد پیش می‌رود (Veciana-Nogués, 1997). در مرحله شروع، یک اتم هیدروژن از یک اسید چرب برداشته می‌شود و تولید یک رادیکال اسید چرب آلکیل می‌کند و در حضور اکسیژن به یک رادیکال پراکسیل اسید چرب تبدیل می‌شود. در مرحله انتشار، رادیکال پراکسیل هیدروژن از اسیدهای چرب مجاور یک هیدروپراکسید و یک رادیکال آلکیل اسید چرب جدید را تشکیل می‌دهد. تجزیه هیدروپراکسید مسئول انتشار بیشتر رادیکال‌های آزاد است که با تجزیه هیدروپراکسیدهای اسیدهای چرب به آلدهیدها و کتون‌ها عامل مشخص فساد اکسیداتیو است. مسیر آنزیمی همچنین می‌تواند اکسیداسیون لیپیدها را شروع نماید. آنزیم لیپوکسیژناز در بسیاری از گیاهان و حیوانات مهم‌ترین آنزیمی است که مسئول رنگ‌دانه‌های سفید و بوی نامطلوب سبزیجات یخ‌زده است (Zaritzky,)

2006). علاوه بر این در محصولات خام، آنزیم های هیدرولیتیک یعنی لیپازها و فسفولیپازها که انتقال گروه ها به آب را کاتالیز می کنند، ممکن است در طول ذخیره سازی منجمد فعال باشند. این آنزیم ها به ترتیب پیوندهای استری تری آسیل گلیسرول ها و فسفولیپیدها را هیدرولیز می کنند. اگر مواد غذایی در حین ذخیره سازی تحت کنترل قرار نگیرند، هیدرولیز لیپیدها می توانند باعث ایجاد عطر و بوی نامطلوب شوند (Zaritzky, 2006). Jónsdóttir و همکاران (۲۰۰۸) به شناسایی ترکیبات فرار در محصولات سالمون دودی سرد با استفاده از کروماتوگرافی گازی برای تشخیص سریع به عنوان شاخص هایی برای پیش بینی کیفیت حسی آن ها پرداخته اند و ماده cis-4-heptenal به عنوان یکی از ترکیبات فساد ناشی از اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده (n-3) است. McGill و همکاران (۱۹۷۴) گزارش دادند که هپتانال و همچنین آلدهیدهای اشباع شده اکسیداتیو مشتق شده از هگزال، نونال و دکانال با منشأ اسیدهای چرب غیر اشباع n-9 در محصولات سالمون دودی سرد یافت شدند. Alghazeer و همکاران (۲۰۰۸)، اثر انجماد در دماهای ۱۰- و ۸۰- درجه سانتی گراد در پر اکسیداسیون لیپیدها در (*Scomber scombrus*) که تا ۲۶ هفته ذخیره شده است را بررسی نمودند و دریافتند که افزایش در مقدار پراکسید (PV) مربوط به افزایش آلدئیدها است؛ به دنبال آن میزان hexanal با مدت زمان ذخیره سازی و در دمای بالاتر از ۱۰ درجه سانتی گراد افزایش می یابد. اگرچه مواد واکنش دهنده اسید تیوباربیتوریک (TBA) یک روش متداول است که برای سنجش میزان Malondialdehyde (MDA) مورد استفاده قرار می گیرد، سایر محصولات آلدئید نیز می توانند با اسید تیوباربیتوریک واکنش نشان دهند و تولید کروموزن (رنگ) قرمز نمایند (Alghazeer et al., 2008; Morsy et al., 2016).

۴- شناساگر فساد مواد غذایی (Food spoilage indicator)

شاخصی که به طور خاص فساد و یا عدم طراوت محصول را نشان می دهد. علاوه بر نشت بسته یا درجه حرارت نامناسب، برای تضمین کیفیت از مواد غذایی سرد و یا منجمد ایده آل خواهد بود. مفاهیم برای شاخص های قابل رؤیت که فساد را نشان می دهند و نسبت به متابولیت ها حساس هستند به ارزیابی شاخص های تازگی توسط (Mohan et al., 2009; Nopwinyuwong et al., 2010; Pacquit et al., 2007; Smolander et al., 2002) ارائه شده اند. یک پیش نیاز اساسی در توسعه شاخص های فساد مواد غذایی دانش در مورد رابطه بین کیفیت نشانگر متابولیت ها و رشد میکروبی است. این متابولیت ها همچنین مورد بررسی قرار گرفته اند زیرا امکان جایگزینی با آنالیزهای حسی و میکروبیولوژیکی که معمولاً در ارزیابی کیفیت محصولات غذایی بکار می روند و زمان بر هم می باشند را دارند (Dainty, 1996). تشکیل متابولیت های مختلف نشانگر بالقوه در محصولات غذایی منجمد بستگی به ماهیت نوع محصول، فلور فساد، شرایط ذخیره سازی و نوع سیستم بسته بندی دارد. تعداد شناساگرهای نشان دهنده فساد مواد غذایی بر اساس متابولیت های شاخص در رابطه با محصولات غذایی سرد - منجمد قابل توسعه است. تغییر در غلظت اسیدهای آلی مانند اسید بوتیریک، اسیدلاکتیک و اسیداستیک در حین نگهداری دارای قابلیت استفاده به عنوان متابولیت های نشانگر برای تعدادی از محصولات غذایی وجود دارد. غلظت D- لاکتات گزارش شده است که در طول ذخیره سازی گوشت خوک افزایش می یابد و بنابراین به نظر می رسد که لاکتات متابولیت نشانگر مناسبی است (Shu et al., 1993). علاوه بر اسیدهای آلی، اتانول یکی دیگر از متابولیت های اصلی حاصل تخمیر باکتری های اسیدلاکتیک است. با فرض بر این که افزایش غلظت اتانول در گوشت و ماهی بیانگر افزایش فلور کلی باکتری ها (TVC) است (Smolander, 2003).

Rehbein (۱۹۹۳) شکل گیری اتانول در ماهی را مورد مطالعه قرار داد و دریافت که غلظت اتانول در نمونه های ماهی ذخیره شده به طور قابل توجهی بالاتر از نمونه های ماهی تازه و نگهداری شده در یخ است. Smolander (۲۰۰۳) همچنین دریافتند که غلظت اتانول در بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته شده، برش های قزل آلی رنگین کمان تمیز شده به میزان قابل توجهی تحت تأثیر دمای ذخیره قرار گرفته است. هر چه دمای نگهداری بالاتر باشد، غلظت اتانول نیز بیشتر است.

آمین‌های فرار مانند آمونیاک، دی متیل آمین و تری متیل آمین از ترکیبات اصلی بازهای ازته فرار را (TVB-N) تشکیل می‌دهند که سطح آن به‌عنوان متابولیت‌های مفید فساد محصولات دریایی دستورالعمل ۹۵/۱۴۹ تحت اتحادیه اروپا شناخته شده است. تری متیل آمین که با فعالیت میکروبی در ماهیچه ماهی ایجاد می‌شود، به‌عنوان یک نشانگر کلیدی مسئول بوی خراب شدن غذاهای دریایی در نظر گرفته می‌شود. با این حال، یک اشکال در استفاده از trimethylamine به‌عنوان یک شاخص کیفیت برای فساد محصولات غذاهای دریایی وجود دارد و آن تغییر در غلظت پیش‌ساز آن TMAO (trimethylamine N-oxide) مطابق با گونه‌ها و فصل است (Rodríguez *et al.*, 1999; Dainty, 1996). تشکیل TMAO در ماهی‌های آب شور و سخت‌پوستان به دلیل دفع بیش‌ازحد نیتروژن است. به نظر می‌رسد کاهش TMAO توسط باکتری‌ها به دلیل تبدیل شدن به ترکیب TMA در ماهی‌های مرده است. دی متیل آمین همراه با فرمالدئید، در نتیجه فعالیت یک آنزیم درون‌زا بر روی TMAO به وجود می‌آید و نه در اثر فعالیت باکتریایی (Kostuch and Sikorski, 1977; Visek, 1974). این آمین‌ها که بوی مشخصی به ماهی می‌دهند، طی دوره ذخیره‌سازی تغییرات گسترده‌ای داشته‌اند. Miller و همکاران، (۱۹۷۹) دریافتند که ماهی هیک منجمد طی مدت ۷۵۰ روز نگهداری حاوی DMA و TMA بیش از میکروگرم بر گرم ۴۰۰ و ۳۰ بود، در حالی که ماهی کاد طی ۱۵۰ روز نگهداری میزان DMA و TMA به ترتیب ۷۵ و ۱۲ میکروگرم بر گرم بود. آمین‌های بیوژنیک BA (Biogenic amine) ترکیبات اساسی نیتروژنی هستند که عمدتاً با دکرپوکسیلاسیون اسیدهای آمینه یا با دآمیننه کردن و انتقال آلدئیدها و کتون‌ها تشکیل می‌شوند (Maijala *et al.*, 1993). این ترکیبات بازهای آلی با وزن مولکولی کم هستند و توسط متابولیسم میکروبی، گیاهی و حیوانی سنتز می‌شوند (Brink *et al.*, 1990). آمین‌های بیوژنیک (کادورین، هیستامین، پوترسین، تیرامین) به‌عنوان شاخص‌های فساد در گوشت، مرغ، غذاهای دریایی و محصولات گیاهی می‌باشند. Kim و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که از مجموع ۱۱۹ سویه باکتری جدا شده از ۲۰ گونه مختلف ماهی که سطح BA (آمین‌های بیوژن) بالایی دارند، ۲۳ سویه شناخته شده باکتری انتروباکتر آئروژن مقادیر زیادی هیستامین، پوترسین، تیرامین و کاداورین را تولید کردند و ۳۳ سویه نیز به‌عنوان دو سویه مختلف Enterobacter شناخته شدند که میزان هیستامین کم ولی مقادیر زیادی پوترسین و کاداورین تولید کردند. حداکثر مقدار هیستامین مجاز در اتحادیه اروپا از ۱۰۰ میکروگرم در گرم است. سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) میزان مجاز هیستامین را اصلاح کرده و مقدار آن را از ۱۰۰ به ۵۰ میکروگرم بر گرم کاهش داده است (FDA, 1995). با توجه به نگرانی‌های ایمنی مواد غذایی و سلامتی انسان در ارتباط با این ترکیبات (Shalaby, 1996) و عدم تأثیر آن‌ها بر کیفیت حسی، تولید شناساگرهای آمین‌های بیوژن مفید خواهد بود. یکی دیگر از موادی که طی رشد میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند دی‌اکسید کربن است که نشان‌دهنده فساد در محصولات غذایی است. افزایش فلور میکروبی باعث افزایش تولید دی‌اکسید کربن هم‌زمان با تولید اتانول و اسیداستیک می‌باشد. ترکیبات سولفیدی از دیگر ترکیباتی هستند که به‌عنوان شاخص فساد در فرآورده‌های گوشتی و شیلانی محسوب می‌شوند.

۳- شناساگر زمان - دما (TTI) Time temperature indicator

این نوع از شناساگرها به دلیل سادگی، کم‌هزینه و مقرون‌به‌صرفه بودن و همچنین کار آبی قابل قبول آن‌ها، به‌طور گسترده برای نظارت بر کیفیت مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است (Restuccia *et al.*, 2010). پیش‌نیاز برای اجرای مؤثر سیستم کنترل مبتنی بر TTI، مطالعه جنبشی و مدل‌سازی نسبت‌های از دست دادن کیفیت و پاسخ مواد غذایی است (Ellouze, 2010). انواع شناساگرهای TTI بر پایه آنزیمی، انتشار، واکنش‌های پلیمری و زیستی توسعه یافته است (Won *et al.*, 2012). دما معمولاً مهم‌ترین عامل محیطی است که بر کاهش کیفیت فیزیکی و شیمیایی در فرآورده‌های غذایی، مؤثر است. برای اطمینان از ایمنی و کیفیت محصولات غذایی که به درجه حرارت خاصی احتیاج دارند، نظارت بر تغییرات عوامل دما و زمان حاصل از تولید تا مصرف کننده نهایی مهم است (Taoukis *et al.*, 1999; and Taoukis

Labuza, 1989؛ Bover-Cid et al., 2006). این نوع شناساگر را می توان به صورت یک برچسب کوچک در ظروف حمل و نقل یا ظروف جداگانه قرار داد. اگر مواد غذایی در معرض دمای پیشنهادی متفاوتی قرار بگیرند، تغییر شیمیایی برگشتناپذیر منعکس خواهد شد. شناساگرهای TTI برای کیفیت و ایمنی غذای سرد یا منجمد از اهمیت ویژه ای برخوردارند. جایی که ذخیره سازی سرد یک کنترل مهم در هنگام حمل و نقل و توزیع است (Kim et al., 2012). این برچسب ها دارای نشانه های بصری از پیشینه دمایی، در طی توزیع و نگهداری هستند که بخصوص برای هشدار در مورد دماهای نامناسب برای فرآورده های غذایی سرد شده یا فریز شده مفید می باشند. همچنین این شناساگرها برای تخمین باقیمانده زمان ماندگاری فرآورده فسادپذیر به کار برده می شوند. تمامی این شناساگرها دارای قابلیت استفاده در فرآورده های شیلاتی می باشند.

شناساگرهای TTI بر پایه انتشار (® 3M Monitor Mark، شرکت 3M، آمریکا)

یک شناساگر است که وابسته به انتشار استر رنگی اسید چرب در امتداد و یک (افروزه) متخلخل ساخته شده از کاغذ خشک کن باکیفیت بالا است. پاسخ قابل اندازه گیری، مسافت انتشار پیشروی کننده از مبدأ است. دامنه مفید دمایی و مدت پاسخ TTI به وسیله نوع و غلظت استر تعیین می گردد. نوع دیگر TTI بر پایه انتشار Freshness Check® تولید شده توسط همان شرکت است. در این سیستم، ماده ویسکوالاستیکی به کار برده می شود که بر حسب دما، به طور انتشاری، به داخل یک ماتریکس متخلخل منعکس کننده نور، مهاجرت می کند.

شناساگرهای TTI آنزیمی (® VITSAB، سودان)

بر اساس تغییر رنگ به وجود آمده توسط کاهش pH حاصل از هیدرولیز آنزیمی کنترل شده سوبسترای لیپیدی است. شناساگر دارای دو بدنه مجزا است که یکی حاوی محلول آبی آنزیم های لیپولیتیک و دیگری دارای سوبسترای لیپیدی سوسپانسیون شده در یک محیط آبی و مخلوط شاخص pH است. برچسب های Check Point® آخرین TTI های توسعه یافته توسط VITSAB می باشند، که شامل یک نوع برچسب هستند که برای ایجاد پاسخ معقول برای مصرف کننده طراحی شده است.

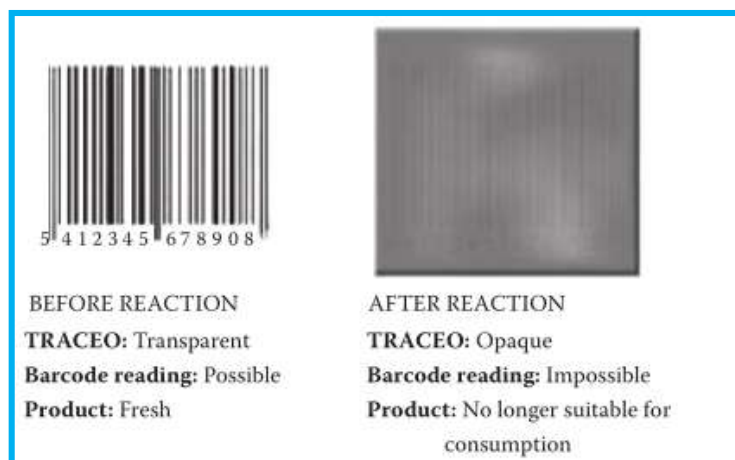
شناساگرهای TTI بر پایه پلیمر

TTI های® Lifelines Freshness Monitor و Fresh-Check (فناوری Lifelines، آمریکا) بر پایه واکنش های پلیمریزاسیون وابسته به دما بوده که در آن بلورهای ید استیلن از طریق پلیمریزاسیون به پلیمر خیلی رنگی پلیمریزه می شوند. در مدل Fresh-Check از برچسب دایره ای استفاده می گردد که در آن برای تصمیم گیری درباره مصرف فرآورده، شرایط رنگ دایره داخلی با رنگ دایره بیرونی مقایسه می شود. برای کاربرد موفقیت آمیز TTI ها برای فرآورده های شیلاتی و به طور کل فرآورده های غذایی، لازم است که پاسخ TTI با رفتار ماده غذایی همخوانی داشته باشد. از آنجایی که توقع برای تطابق دقیق TTI با رفتار ماده غذایی در سرتاسر محدوده وسیع دمایی، امکان پذیر نیست، اشراف کامل به رفتار کاهش زمان ماندگاری سیستم ماده غذایی بر پایه مدل های جنبشی دقیق، الزامی است. اکنون پیشرفت در مدل سازی مواد غذایی این امر را ممکن ساخته است. شماری از مطالعات که برای اثبات سودمندی TTI ها در فرآورده های غذایی انجام گرفته اند نشان دادند که بین پایداری اکسیداتیو و تغییر رنگ TTI، با استفاده از TTI بر پایه فسفولیپید/ فسفولیپاز، در گوشت فریز شده خوک، یک همبستگی مثبت وجود دارد.

شناساگرهای TTI بر پایه باکتری

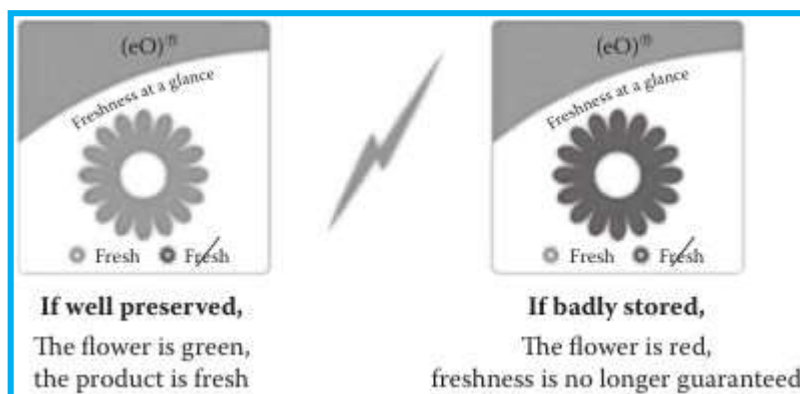
برچسب TRACEO مبتنی بر یک سیستم میکروبی است (شکل ۶). این برچسب حاوی چسب شفاف است که در آن سویه های منتخب از باکتری های اسیدلاکتیک (LAB) به دام می افتند. هنگامی که بارکد محصولات غذایی بسته بندی شده ردیابی شده و بسته به مشخصات دما - زمان که سیستم TRACEO نشان می دهد پاسخ واضح را ارائه می دهد؛ اما زمانی که محصول دمای بحرانی و نامناسب تجربه کند یا این که یک بار مصرف شده باشد، یک تغییر غیر قابل برگشت از حالت بی رنگ به

رنگ صورتی و یک واکنش افزایش همزمان ایجاد می‌کند که باعث کدر شدن بارکد شده و در این صورت بارکد قابل خواندن نیست؛ بنابراین این محصول در هنگام بررسی توسط اسکنر رد می‌شود و امکان شناسایی خودکار و منظم محصولات تغییر یافته در بازارها را فراهم می‌آورد. تغییر رنگ قابل مشاهده از بی‌رنگ به صورتی به مصرف‌کننده هشدار می‌دهد که محصول رو به وخامت گذاشته است. این دو تغییر همزمان به اسیدی شدن محیط TTI ناشی از رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک (LAB) و به دمای نگهداری بستگی دارد (Ellouze, 2010; Zaragoza, 2012).



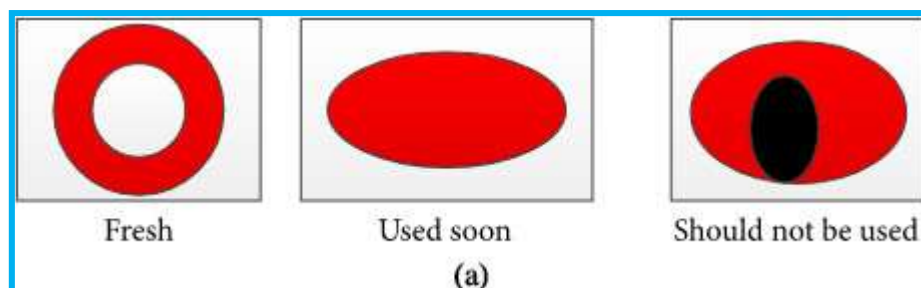
شکل ۶. شناساگرهای TTI بر پایه باکتری ($\text{TRACEO}^{\circledR}$): شکل سمت چپ زمان قبل از واکنش شناساگر با فعالیت باکتریایی ماده غذایی را نشان می‌دهد و شکل سمت راست واکنش با فعالیت باکتریایی صورت گرفته که بارکد قابلیت خواندن ندارد

عملکرد برچسب $(eO)^{\circledR}$ بر اساس یک سیستم میکروبی است (شکل ۷). این یک برچسب به شکل یک پد زلی کوچک به شکل گلبرگ‌های گل است که از رنگ سبز (خوب) به رنگ قرمز (خوب نیست) تغییر می‌کند.



شکل ۷. عملکرد شناساگر زمان - دما $(eO)^{\circledR}$ بر پایه میکروبی

Vaikousi و همکاران (۲۰۰۹) امکان کاربرد نمایشگر میکروبی زمان-دما را برای کنترل فساد گوشت تکه‌ای بسته‌بندی‌شده به‌صورت اتمسفر اصلاح‌شده، موردبررسی قرار دادند. این نمایشگر بر پایه رشد و فعالیت سوخت و سازی باکتری‌های لاکتوباسیلوس ساکنی (*Lactobacillus sakei*) بود. در تمامی دماهای نگهداری مورد مطالعه (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) نتایج نشان داد که لاکتیک‌اسید باکتری‌ها (LAB)، باکتری غالب بوده و به‌عنوان یک شاخص فساد مناسب برای گوشت تکه‌ای گاو بسته‌بندی‌شده به‌صورت MAP، قابل کاربرد است. به‌منظور اطمینان از این که TTI انتخاب‌شده مناسب با کاهش کیفی ماده غذایی است، مدل‌سازی سیستماتیک جنبشی اثر دما بر زمان ماندگاری فرآورده سرد و نیز مطالعه کامل جنبشی پاسخ TTI، ضروری است. به‌خصوص، انرژی فعال‌سازی که شاخص حساسیت دمایی پاسخ TTI است، بایستی مشابه انرژی فعال‌سازی فرایند تخریب ماده غذایی بوده و نقطه پایانی TTI باید نزدیک پایان زمان ماندگاری فرآورده باشد. این روش، بر اساس مطالعه خصوصیات جنبشی فرآورده غذایی مانند ماندگاری و همچنین TTI، به‌طور موفقیت‌آمیزی در بهینه‌سازی مدیریت زنجیره سرد فرآورده‌های گوشت و ماهی در بسیاری از مطالعات و با استفاده از انواع مختلف TTI‌ها، به‌کار برده شده است (Vaikousi et al., 2009). با پیشرفت‌های فناوریانه حاصل‌شده در سال‌های اخیر و درک بالای مصرف‌کنندگان برای نیاز به کنترل ایمنی مواد غذایی (به‌خصوص در فرآورده‌های گوشتی و شیلاتی)، تحلیل‌گران بر این باورند که TTI‌ها ضرورتاً کاربرد تجاری وسیعی در صنعت غذایی (شکل، ۸) خواهند یافت.



شکل ۸. کاربرد نشانگر پلیمری Fresh Check در بسته‌بندی هوشمند فرآورده‌های گوشتی و شیلاتی

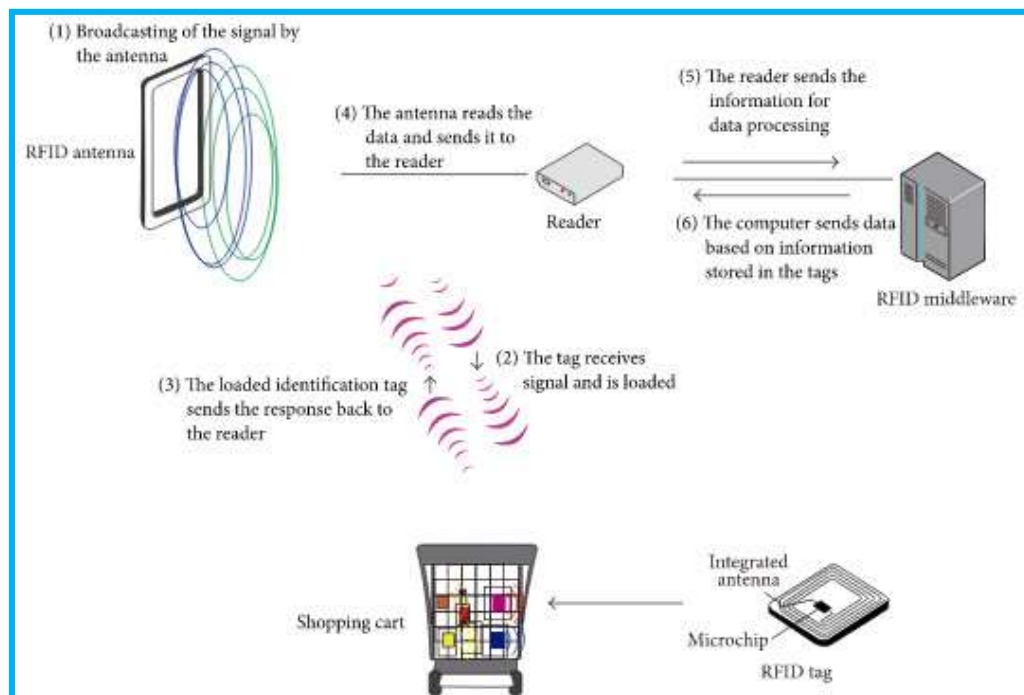
۴- برچسب تشخیص فرکانس رادیویی (RFID) Radio frequency identification

فناوری جمع‌آوری داده‌های بی‌سیم، از برچسب‌های الکترونیکی برای ذخیره داده‌ها، شناسایی حیوانات، اشیاء و افراد استفاده می‌کند. برچسب‌های متصل به‌هم برای انتقال اطلاعات به خواننده وسایل شامل (پالت‌ها، گاو، بسته‌ها و سطل گوشت) متصل می‌شوند شکل‌های ۹ و ۱۰. برچسب‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: برچسب منفعل؛ که ارزان، ساده، دارای برد کوتاه است و با انرژی خواننده فعال می‌شود و برچسب فعال که دارای باتری است و دامنه طولانی‌تر، اطلاعات بیشتر (اعم از اطلاعات تغذیه‌ای، دما، دستورالعمل‌های پخت‌وپز و غیره) دارد.

ب- بسته‌بندی هوشمند با حسگرها

دستگاه‌هایی هستند که برای مکان‌یابی، شناسایی و کمیت ماده یا انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. علامت‌هایی را که دستگاه برای شناسایی خاصیت شیمیایی یا فیزیکی به آن پاسخ می‌دهد را تولید می‌کند. بیشتر دستگاه‌ها شامل دو واحد کاربردی هستند؛ گیرنده که اطلاعات شیمیایی یا فیزیکی را به شکلی از انرژی تبدیل می‌کند و مبدل که انرژی تولیدشده را به یک علامت تحلیلی مفید تبدیل می‌کند. مفهوم نشانگر این است که مورد استفاده برای تعیین و اندازه‌گیری اولیه یا ثانویه

یک متغیر فیزیکی، شیمیایی یا زیستی است. باوجود مشخصات دقیق صنعت، هزینه‌های بالای توسعه و ملاحظات ایمنی تحقق تجاری محدودی دارند اگرچه اقدامات قابل توجهی انجام شده است. حسگرها بایستی توانایی تشخیص خصوصياتی مانند تازگی یا کهنگی، وقوع فساد میکروبی، اکسیداسیون چربی‌ها و افزایش دما را داشته باشند. حسگر گازی (Gas Sensor) در نتیجه فعالیت محصول غذایی، شرایط محیطی یا طبیعت آن بسته و ترکیب گاز در فضای بسته‌بندی اغلب تغییر می‌کند. حسگرهای گازی دستگاه‌هایی هستند که با تغییر عوامل فیزیکی حسگر پاسخ کمی و برگشت‌پذیر به حضور مواد گازی می‌دهند و توسط یک دستگاه خارجی کنترل می‌شوند. حسگرهای گازی به وجود جزء گازی که در اثر تغییرات ماده خوراکی به وجود می‌آید حساس می‌باشند؛ مانند گازهای اکسیژن، دی‌اکسید کربن، سولفید هیدروژن و غیره که بر پایه تغییرات رنگ مثل فلوروسانس، جریان سنجی و یا اختلاف پتانسیل است (مصباحی و حبیبی، ۱۳۹۰).



شکل ۹. کاربرد شناساگر RFID در فرآورده‌های گوشتی و شیلاتی



شکل ۱۰. نمودار نحوه استفاده از برچسب های RFID

Vorst و همکاران (۲۰۰۴) تحقیقی بر روی اثرات فرستنده فرکانس رادیویی بر تازگی عضله گوشت گاو، انجام دادند. فرستنده غیرفعال تشخیص فرکانس رادیویی، برای فیلم پوشاننده قطعات گوشت گاو، به کار برده شد.

پ- بسته بندی هوشمند با حسگرهای زیستی

دستگاه های تحلیلی فشرده ای که اطلاعات مربوط به واکنش های زیستی را شناسایی، انتقال و ضبط می کنند. درک سریع، دقیق و برخط، برای آزمایش در محل آلوده کننده ها، تعیین و تشخیص پاتوژن ها (pathogens) و کنترل عوامل کیفی غذایی پس از فرآوری به صورت یک نیاز تلقی می گردد. در کل حسگر زیستی یک وسیله تجزیه کننده فشرده است که اطلاعات مربوط به واکنش های بیوشیمیایی را تشخیص داده و سپس ثبت و منتقل می سازد. این وسیله هوشمند دارای دو جزء اولیه است:

۱- گیرنده زیستی (Bioreceptor) خاص برای تشخیص ماده هدف (میکروب ها، هورمون ها، آنزیم ها، آنتی ژن ها)

۲- مبدل برای تبدیل علامت های زیستی به یک پاسخ الکتریکی (الکتروشیمیایی، نوری)

روش های بر پایه فناوری حسگر زیستی، از دیگر روش های نمایان گر تازگی، که ممکن است در دستگاه های بسته بندی هوشمند گوشت کاربرد تجاری یابند توسعه یافته تر هستند. در حال حاضر دو سیستم حسگر زیستی تجاری قابل دسترس هستند. Toxin GuardTM توسعه یافته توسط Toxin Alert (کانادا)، یک سیستم تشخیص دیداری است که آنتی بادی ها را در بسته بندی پلاستیکی بر پایه پلی اتیلن ترکیب کرده و قادر به شناسایی گونه های سالمونلا، گونه های کمپیلوباکتر، E. coli 0517 و گونه های لیستریا است و دیگری Food Sentinel SystemTM (فناوری SIRA، کالیفرنیا، آمریکا) یک سیستم حسگر زیستی با توانایی تشخیص مداوم آلودگی از طریق واکنش های ایمنی شناسی اتفاق افتاده در بخشی از یک بارکد است. بارکد در حضور باکتری آلوده کننده ناخوانا می گردد (Kerry et al., 2006).

نتیجه گیری کلی

بسته بندی هوشمند مواد غذایی به ویژه فرآورده های شیلاتی یک فناوری نوآورانه است که در سال های اخیر در حال توسعه است. دلیل توسعه بسته بندی هوشمند، تفکر خارج از بسته بندی و آگاهی مصرف کنندگان و انتظار آن ها برای اطمینان از کیفیت و سلامت کالای خریداری شده همواره مشوق تولید کنندگان و محققان برای ایجاد نوآوری و توسعه و بهینه سازی فناوری های مدرن بسته بندی بوده است. آنچه حائز اهمیت است هماهنگی نمایش پاسخ شناساگر با پیشروی فساد غالب در ماده غذایی است. در صورت عدم این هماهنگی شناساگر دچار خطا می شود، به این ترتیب که اگر شناساگر سریع پاسخ باشد، زودتر از آنچه باید محصول را فاسد اعلام می کند و ضرر اقتصادی را برای تولید کننده به دنبال دارد و در صورتی که شناساگر پاسخ خود را با تأخیر نشان دهد باعث فروش کالای فاسد و تهدید سلامت مصرف کننده می شود. بنابراین مطالعه دقیق رفتار شناساگرها در تمام نقاط چرخه توزیع و هماهنگی آن با رفتار فساد غالب در محصول یک ضرورت در انتخاب شناساگرها است و در این زمینه همچنان نیاز به مطالعات و روش های کاربردی و بیشتری احساس می شود. در مجموع اگر این شناساگرها به درستی انتخاب شوند و هماهنگی لازم بین کار آبی آن ها و جنبه های اقتصادی برقرار شود، استفاده هر چه بیشتر از این فناوری، برای بسته بندی مواد غذایی مختلف به ویژه محصولات شیلاتی اجتناب ناپذیر خواهد بود و قطعاً در آینده ای نزدیک جایگزین تاریخ مصرف درج شده بر روی کالا خواهند شد و استفاده از آن ها برای مدیریت بهینه کلیه مراحل چرخه توزیع سرد ضروری به نظر می رسد.

توصیه ترویجی

جهان شمول شدن عرضه، نگرانی در مورد ایمنی مواد غذایی و تهدید اخیر بیوتروریسم مواد غذایی، توسعه بسته بندی های جدید با عملکردهای بهتر از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. همان طور که پیش تر گفته شد فرآورده های شیلاتی بسیار مفید ولی دارای عمر ماندگاری کمی هستند لذا باید با انتخاب بسته بندی مناسب، این فرآورده ارزش را در صحت سلامت و کیفیت مناسب در اختیار مشتریان قرار داد. با توجه به رقابتی بودن بازار و عرضه فرآورده های شیلاتی با کیفیت با استفاده از بسته بندی مناسب به ویژه بسته بندی های هوشمند، شرایط برای انتخاب مشتریان و پیروزی در بازار رقابت جهت فروش محصول آسان خواهد شد.

منابع

- ۱- بهمنی، ذ، خانی پور، ع.ا، ارومیه ای، ع.ا. و مطلبی ع.ع، ۱۳۹۵. بررسی واکنش های بیوشیمیایی و عمر ماندگاری فیلۀ قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با شناساگرهای گازی در بسته بندی هوشمند طی دوره نگهداری در یخچال. پایان نامه دکتري فراوری آبزیان، ۱۱۱ صفحه.
- ۲- سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۷. سالنامه آماری شیلات ایران. ۸۵ صفحه.
- ۳- رضوی شیرازی، ح، ۱۳۸۰. تکنولوژی فرآورده های دریایی. انتشارات نقش مهر، ۲۹۲ صفحه.
- ۴- مصباحی، غ. و حبیبی، م. ۱۳۹۰. استفاده از بسته بندی های فعال برای گوشت و محصولات گوشتی. ماهنامه فناوری و توسعه صنعت بسته بندی، صفحات ۶۲-۷۱.

- 5- Alghazeer, R., Saeed, S. and Howell, N.K., 2008. Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chemistry*, 108(3), pp.801-810.

- 6- Bover-Cid, S. Miguelez-Arrizado, M.J. Moratalla, L.L.L. and Carou. M.C.V., 2006. Freezing of meat raw materials affects tyramine and diamine accumulation in spontaneously fermented sausages. *Meat Science*, 72(2), pp. 62-68.
- 7- Dainty, R.H., 1996. Chemical/biochemical detection of spoilage. *International journal of food microbiology*, 33(1), pp.19-33.
- 8- Ellouze, M. and Augustin, J.C., 2010. Applicability of biological time temperature integrators as quality and safety indicators for meat products. *International journal of food microbiology*, 138(1-2), pp.119-129.
- 9- FAO., 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture, 243.
- 10- FDA., 1995. Decomposition and histamine-raw, frozen tuna and mahi-mahi; canned tuna; and related species; revised compliance policy guide; availability. *Federation Registration*, 149(2), pp. 39754–39756.
- 11- Jónsdóttir R., Ólafsdóttir, G. Chanie, E. and Haugen. J-E., 2008. Volatile compounds suitable for rapid detection as quality indicators of cold smoked salmon (*Salmo salar*). *Food Chemistry*, 109(1), pp. 184–195.
- 12- Hamzeh, A. and Rezaei, M., 2010. Antioxidant and Antibacterial Effects of Sodium Alginate Coating Enrich with Thyme Essential Oil on Rainbow Trout Fillets During Refrigerator Storage. *J. Iranian Nutrition Science and Good Industry*. 3, pp. 11-20.
- 13- Kerry, J.P., Grady M.N.O. and Hogan. S.A., 2006. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*. 74(2), pp. 113-130.
- 14- Kim, M.K. Mah, J.H. and Hwang. H.J., 2009. Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shellfish. *Food Chemistry*, 116, pp. 87–95.
- 15- Kim, W., Park, E. and Hong, K., 2012. Development of a time-temperature integrator system using Burkholderia cepacia lipase. *Food Science and Biotechnology*, 21(2), pp.497-502.
- 16- Kostuch, S. and Sikorski. Z.E., 1977. Interaction of formaldehyde with cod proteins during frozen storage. *Science et Technique du Froid*, 199–208.
- 17- Maijala, R.L. Eerola, S.H. Aho, M.A. and Hirn. J. A., 1993. The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. *Journal of Food Protection*, 50(1), pp. 125–129.
- 18- Matindoust, S. Baghaei-Nejad, M. Shahrokh Abadi, M. H. Zou, Z. and Zheng, L., 2016. Food quality and safety monitoring using gas sensor array in intelligent packaging, *Sensor Review*, 36(2), pp. 169–183.
- 19- McGill, A.S. Hardy, R. Burt, J.R. and Gunstone. F.D., 1974. 4-cis- Heptenal and its contribution to the off-flavour in cold stored cod. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25(2), pp. 1477–1489.
- 20- Miller, A. Scanlan, R.A. J. Lee, S. and Libbey, L.M., 1979. Quantitative and selective gas chromatographic analysis of dimethyl- and trimethylamine in fish. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(3), pp. 709–711.
- 21- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Gopal, T.S. and Kumar, K.A., 2009. Nucleotide breakdown products of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks stored in O2 scavenger packs during chilled storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(2), pp.272-278.
- 22- Morsy, M.K., Zór, K., Kostesha, N., Alstrøm, T.S., Heiskanen, A., El-Tanahi, H., Sharoba, A., Papkovsky, D., Larsen, J., Khalaf, H. and Jakobsen, M.H., 2016. Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage monitoring. *Food control*, 60(2), pp.346-352.

- 23- Nopwinyuwong, A., Trevanich, S. and Suppakul, P., 2010. Development of a novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage. *Talanta*, 81(3), pp.1126-1132.
- 24- Okuma, H. Okazaki, W. Usami, R. and Horikoshi. K., 2000. Development of the enzyme reactor system with an amperimetric detection and application to estimation of the incipient stage of spoilage of chicken. *Analytica Chimica Acta*, 411(2), pp. 37–43.
- 25- Pacquit, A. Frisby, J. Diamond, D. Lau, K.T. Farrell, A. Quilty, B. and Diamond. D., 2007. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chemistry*, 102(3), pp. 466–470.
- 26- Realini C.E. and Marcos, B., 2014. Active and intelligent packaging systems for a modern society, *Meat Science*, 98(3), pp. 404–419.
- 27- Rehbein. H., 1993. Assessment of fish spoilage by enzymatic determination of ethanol. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 44(3), pp. 1–24, 1993.
- 28- Restuccia, D., Spizzirri, U.G., Parisi, O.I., Cirillo, G., Curcio, M., Iemma, F., Puoci, F., Vinci, G. and Picci, N., 2010. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*. 21(11): 1425-1435.
- 29- Rodríguez, C.J. Besteiro, I. and Pascual C., 1999. Biochemical changes in freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(2), pp. 1473–1480.
- 30- Rokka, M. Eerola, S. Smolander, M. Alakomi, H.L. and Ahvenainen. R., 2004. Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts stored in different temperature conditions: B. Biogenicamines as quality-indicating metabolites. *Food Control*, 15(3), pp. 601–607.
- 31- Santos. M.H.S., 1996. Biogenic amines: Their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 29(2), pp. 213-231
- 32- Shalaby, A.R., 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, 29: 675–690.
- 33- Shu, H.C. and Mattiasson, B., 1993. D-lactic acid in pork as a freshness indicator monitored by immobilized D-lactate dehydrogenase using sequential injection analysis. *Analytica Chimica Acta*, 283(2), pp.727-737.
- 34- Smolander. M., 2003. The use of freshness indicators in packaging. In R. Ahvenainen, ed. *Novel Food Packaging Techniques*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 127–143.
- 35- Smolander, M., Hurme, E., Latva-Kala, K., Luoma, T., Alakomi, H.L. and Ahvenainen, R., 2002. Myoglobin-based indicators for the evaluation of freshness of unmarinated broiler cuts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(3), pp.279-288.
- 36- Summers L., 1992. *Intelligent Packaging*. London: Centre for Exploitation of Science and Technology.
- 37- Taoukis, P.S. and Labuza, T.P., 1989. Applicability of time-temperature indicators as shelf life monitors of food products. *Journal of Food Science*, 54(4), pp.783-788.
- 38- Taoukis, P.S., Koutsoumanis, K. and Nychas, G.J.E., 1999. Use of time–temperature integrators and predictive modelling for shelf life control of chilled fish under dynamic storage conditions. *International journal of food microbiology*, 53(1), pp.21-31.
- 39- Brink, B., Damink, C., Joosten, H.M.L.J. and In't Veld, J.H., 1990. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. *International journal of food microbiology*, 11(1), pp.73-84.

-
- 40- Vaikousi, H., Biliaderis, C.G. and Koutsoumanis, K.P., 2009. Applicability of a microbial Time Temperature Indicator (TTI) for monitoring spoilage of modified atmosphere packed minced meat. *International Journal of Food Microbiology*, 133(3), pp.272-278.
 - 41- Veciana-Nogués, M.T., Mariné-Font, A. and Vidal-Carou, M.C., 1997. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationships with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines, and organoleptic changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), pp.2036-2041.
 - 42- Visek, W.J., 1974. Some biochemical considerations in utilization of non-specific nitrogen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22(4), pp. 174–184.
 - 43- Vorst, K.L., R.H. Clarke, C.P. Allison and A.M. Booren., 2004. A research note on radio frequency transponder effects on bloom of beef muscle. *Meat Science* 67: 179–182.
 - 44- Zaragoza, P., Ribes, S., Fuentes, A., and Martínez-Máñez, R., 2012. Fish freshness decay measurement with colorimetric array. *Procedia Engineering*, 47(3), pp. 1362-1365.
 - 45- Zaritzky, N., 2006. Physical–Chemical Principles in Freezing, *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, Ed: DW Sun, CRC.