جنبه‌های قانونی و ایمنی کاربرد بسته‌بندی فعال و هوشمند در صنعت غذا

آرزو عباسی [1*]، حامد مهدویان مهر [2]، ناصر صداقت [3]

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹٤

تاریخ پذیرش مقاله: تیر ماه ۱۳۹۵

چکیده

بکارگیری فنّاوری بسته‌بندی فعال و هوشمند علاوه بر به تأخیر انداختن اثرات نامطلوب محیطی بر مواد غذایی، مکانیسمی پویا را در نگهداری محصول به کار می‌گیرد. این فنّاوری بر اثرات متقابل بین پوشش با ماده غذایی و یا محیط پیرامون آن، به منظور بهبود کیفیت و ایمنی ماده غذایی پایه‌ریزی شده است که در برگیرنده مواردی مانند تاخیر اکسیداسیون، کنترل شدّت نفس، سرعت رشد میکروبی و مهاجرت رطوبت می‌باشد. جاذب‌های اکسیژن، آزاد کننده‌های دی اکسید کربن، جاذب‌های بو، حذف‌کننده‌های اتیلن و آزاد کننده عطر، مثال‌هایی از بسته‌بندی‌های فعال بوده، در حالی که شاخص‌های زمان- دما، شاخص رسیدگی، حسگرهای زیستی و شناساگرهای امواج رادیویی، مثال‌هایی از بسته‌بندهای هوشمند می‌باشند. با توجّه به برقراری اثرات متقابل بین بسته‌بندی و مواد غذایی و/ یا محیط پیرامون آن، مهاجرت مواد فعال می‌تواند بیانگر یک نگرانی در خصوص ایمنی مواد غذایی بسته‌بندی شده با این فن‌آوری‌ها باشد. از این رو، تاکنون مقرّرات و قوانین مختلفی نظیر: مقرّرات ۱۹۳۵/۲۰۰٤/EC با مفاد و اصلاحیه آن در خصوص مواد در تماس با ماده غذایی و به طور کامل‌تر مقرّرات ٤۵۰/۲۰۰۹/EC برای استفاده صحیح، ایمنی و هم چنین بازاریابی بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند تنظیم شده‌اند.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی فعال و هوشمند، مقرّرات، کیفیت مواد غذایی

۱- مقدمه

بسته‌بندی سنتی مواد غذایی بر مبنای محافظت ماده غذایی در برابر تنش‌های مکانیکی و هم چنین عوامل بیرونی بنا شده است.

عملکردهای اصلی این نوع بسته‌بندی‌ها شامل: به تأخیر انداختن فساد ماده غذایی، افزایش ماندگاری، حفظ کیفیت و ایمنی محتوای بسته‌بندی می‌باشد. افزایش ماندگاری مواد غذایی در این نوع بسته‌بندی‌ها، همراه با استفاده از روش‌هایی مانند کنترل دما و رطوبت، افزودن ترکیباتی مانند: نمک، قند، دی اکسید کربن، اسیدهای طبیعی، حذف اکسیژن و یا ترکیبی از این روش‌ها می‌باشد[۱] . دیگر عملکردهای اصلی بسته‌بندی سنتی را می‌توان قابلیت مهار(در برگرفتن ماده غذایی)، سهولت جابه‌جایی محصول، بازاریابی، و برقراری ارتباط با مشتری دانست. منظور از مهار، جلوگیری از عدم ریختن و یا پراکنده شدن محصول می‌باشد[۲] . عملکردهای ثانویه که اهمیت نقش بسته‌بندی در بازاریابی محصول را نشان می‌دهند عبارتند از: قابلیت رهگیری تاریخچه محصول، دستکاری محصول و سهمیه‌بندی محصول می‌باشد[۳] .

۱- دانشجوی دکترا مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(* نویسنده مسئول:(arezoo_abasi_.85@yahoo.com

۲- دانشجوی دکترا مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (hamed.m.mehr@gmail.com).

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد(sedagat@ferdowsi.um.ac.ir).

دستیابی به ایمنی مطلوب در بسته‌بندی سنتی مواد غذایی هنگامی میسّر می‌گردد که پوشش‌های بکار رفته در بسته‌بندی فاقد اثرات متقابل با ماده غذایی باشند. از سوی دیگر، فنّاوری‌های نوین بسته‌بندی با هدف پاسخ‌گویی به خواسته‌های مصرف‌کنندگان مانند دسترسی به فرآورده‌هایی با حداقل فرآوری، تازه، ماندگاری مناسب و کیفیت کنترل شده، گسترش یافته‌اند. علاوه بر این، تغییر در شیوه‌های خرده فروشی(نظیر: جهانی شدن بازار فروش و در نتیجه گسترش شبکه پخش مواد غذایی) و یا تغییر در نحوه زندگی مصرف‌کنندگان(و در نتیجه صرف زمان کمتر برای خرید مواد غذایی تازه و پخت و پز)، از چالش‌های عمده صنعت بسته‌بندی مواد غذایی بوده که به عنوان نیروی محرکه در جهت توسعه بسته‌بندی‌های نوین و بهبود یافته با تعامل عمدی مناسب هر چند این یک مفهوم اساسی در توسعه بسته‌بندی فعال و هوشمند [1] (A&I) به شمار می‌رود؛ اما، با توجّه به اثرات متقابل بسته‌بندی با مواد غذایی و با محیط پیرامون، این فنّاوری‌ها با چالش‌های جدیدی در زمینه ارزیابی ایمنی در مقایسه با بسته‌بندی سنتی(شامل مهاجرت ترکیبات بکار رفته در بسته‌بندی به ماده غذایی، استفاده نادرست از بسته‌بندی با توجّه به امکان جداسازی برچسب‌زنی، یا عملیات غیر معمول و غیر مؤثر در بسته‌بندی فعال و هوشمند) مواجه می‌باشند[٤] .

۲- تعاریف و ویژگی‌های اصلی بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند

بر اساس تعاریف آورده شده در مقرّرات ۱۹۳۵/۲۰۰٤/EC و ٤٥٠/۲۰۰۹/EC:

مواد و کالاهای فعال، به مواد یا کالاهایی اطلاق می‌شوند که برای گسترش زمان ماندگاری و یا حفظ و بهبود ویژگی‌های مواد غذایی بسته‌بندی شده به کار گرفته می‌شوند. این مواد به منظور انتشار یا جذب در داخل بسته‌بندی ماده غذایی و یا محیط اطراف ماده غذایی طراحی شده‌اند. لازم به توضیح است که هدف از بسته-بندی فعال، گسترش زمان ماندگاری مواد غذایی و نگهداری و یا حتّی بهبود کیفیت آن است، در حالی که هدف از بسته‌بندی هوشمند، به دست آوردن نشانه‌ای از کیفیت، نظارت و در نهایت طراوت ماده غذایی بدون باز کردن بسته‌بندی ماده غذایی می‌باشد. این دو فنّاوری دارای انواع بسیار مختلفی از مواد و کالاهای فعال و هوشمند می‌باشند[٥ و ٦].عوامل فعال را می‌توان در داخل مواد بسته‌بندی یا بر روی سطح آن، در ساختار چند لایه یا در ترکیبات خاص مرتبط با بسته‌بندی از قبیل: بسته‌های کوچک، برچسب و یا درب بطری استفاده نمود. بنابراین ماهیت موادی که در برگیرنده ترکیبات فعال می‌باشند مانند: پلاستیک، فلزات و یا ترکیبی از آنان، بسیار متنوع است. امروزه، بسته‌بندی فعال در برگیرنده تنوع گسترده‌ای از افزودنی‌ها با قابلیت مهار یا جذب اکسیژن، دی اکسید کربن، اتیلن، رطوبت و/ یا بو و طعم نا مطبوع، رهاکننده اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت، اتانول[2]، سوربات[3]، آنتی‌اکسیدان‌ها و یا مواد نگهدارنده و آنتی‌بیوتیک‌ها و یا کنترل دما می‌باشند(جدول۱). همچنین کابردهای بسته‌بندی فعال در صنعت غذا در(جدول۲) و فنّاوری استفاده از آن در (جدول ۳) آورده شده است.

جدول ۱- نمونه‌هایی از کاربردهای بسته‌بندی فعال در صنعت غذا

جاذب / رباینده	اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت، اتانول، عطر و بو، اشعه ماورا بنفش
آزادکننده/ ساطع‌کننده	اتانول، دی اکسید کربن، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد نگهدارنده، دی اکسید گوگرد، طعم‌دهنده، آفت کش‌ها
	کاتالیست‌های حذف کننده برخی ترکیبات مانند: لاکتوز، کلسترول
حذف کننده	مواد عایق، بسته‌بندی خود گرم شونده و خود سرد شونده، بسته‌بندی‌های جاذب انرژی مایکروویو،
کنترل دما	بسته‌بندی حساس به دما
کنترل کیفی و میکروبی	بسته‌بندی با سطح تیمار شده با مواد و اشعه ماوراء بنفش

1- Active and Intelligent

2- Ethanol

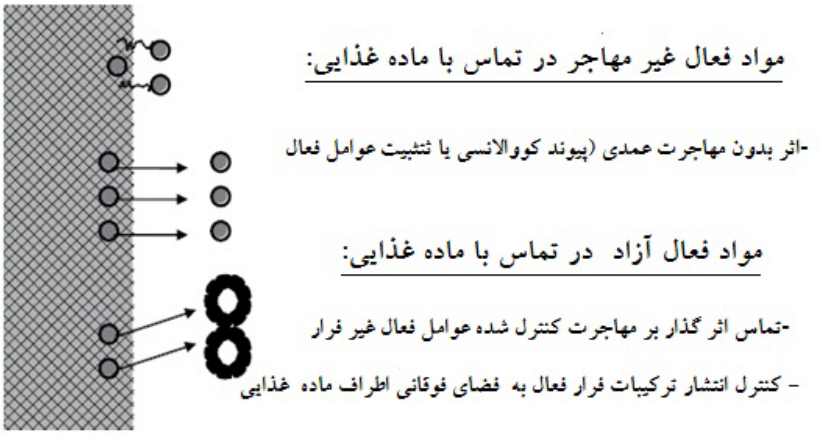
3- Sorbate

جدول ۲- کاربردهای فنّاوری بسته‌بندی فعال.

کاربرد	ماده غذایی
رباینده‌های اکسیژن	چیپس، شکلات، پودر شیر چرب، پودر نوشیدنی، نان، تورتیلا، پیتزا، ماکارونی تازه منجمد، میوه‌های خشک، کیک، سرخ کردنی‌ها، آبجو، غذاهای آماده، گوشت تازه، گوشت دودی شده، ماهی، پنیر قهوه
جاذب دی اکسید کربن	ماهی و گوشت تازه
انتشاردهنده دی اکسید کربن	محصولات خشک و کم آبی، گوشت، مرغ، ماهی
جاذب‌های رطوبت	کیوی، موز، آووکادو، خرمالو
رباینده‌های اتیلن	نان، کیک، ماهی
انشتار دهنده‌های اتانول	زردآلو خشک
فیلم‌های آزاد کننده ضدمیکروبی	غلّات و حبوبات
فیلم‌های آزاد کننده آنتی‌اکسیدان	آب پرتقال
فیلم‌های جاذب طعم	قهوه
فیلم‌های آزاد کننده طعم	ماهی فرآوری شده (Surimi)
فیلم‌های حاوی رنگ	برخی از بسته‌های میوه و سبزیجات تازه
فیلم ضد بخارگرفتگی	آب نبات، برش‌های پنیر
فیلم ضد چسبیدگی	پیتزا، شیر
جاذب نور	سوپ‌های آماده جهت مایکروویو، ماکارونی منجمد، محصولات آماده مصرف
شاخص‌های دما- زمان	سالادهای آماده مصرف
فیلم تنفسی/ نفوذپذیر به گاز	وعده‌های غذایی آماده به مصرف
جاذب‌های انرژی منایکروویو	

جدول ۳- نمونه‌هایی از سامانه‌های بسته‌بندی فعال[٦]

نوع سیستم بسته‌بندی فعال	مواد مورد استفاده و نحوه عمل
رباینده اکسیژن	سیستم‌های آنزیمی (گلوکز، گلوکز اکسیداز، الکل اکسیداز- بخار اتانول)، سیستم‌های شیمیایی (پودر اکسید آهن، کاتکول، کربنات آهن، سولفات آهن، نمک سولفید، سولفات مس، اکسیداسیون رنگ حساس به نور، اکسیداسیون اسید اسکوربیک، تبدیل کاتالیزوری اکسیژن توسط کاتالیزور پلاتین
جذب/ آزاد کننده دی اکسید کربن	پودر آهن و کلسیم هیدروکسید، کربنات آهن - فلز هالید (ترکیباتی بین هالوژن‌ها و فلز)
جاذب زطوبت	سیلیکاژل، پروپیلن گلیکول، پلی وینیل الکل
جاذب اتیلن	کربن فعال، سیلیکاژل-پتاسیم پرمنگنات، بنتونیت، پودر دی اکسید سیلیکون، پودر، زئولیت، ازن
آزاد کننده اتانول	اتانول کپسوله
آزاد کننده ضدمیکروبی	پروپینات‌ها، بنزوات‌ها، سوربات‌ها، اتانول، ازن، پراکسید، دی اکسید گوگرد، آنتی‌بیوتیک‌ها، زئولیت نقره ، نمک‌های آمونیوم چهار ظرفیتی
آزاد کننده آنتی‌اکسیدان	BHA، BHT، TBHQ، اسید اسکوربیک، توکوفرول
جاذب عطر و طعم	جوش شیرین، زغال فعال
آزادکننده عطر و طعم	بسیاری از طعم دهنده‌ها
رنگ دهنده‌ها	بسیاری از رنگ‌های غذایی
ضد بخار گرفتگی و ضد چسبیدگی	صفحات فشرده پلی‌اتیلن با دانسیته بالا
جاذب/ تنظیم‌کننده نور	عوامل مسدودکننده UV ، هیدروکسی بنزو فنون
نظارتی	نشانگرهای دما و زمان
نفوذپذیر به گاز/ تنفس پذیر	تیمار سطحی، فیلم‌های با سوراخ‌های در حد میکرو
جذب‌کننده‌های انرژی مایکروویو	ترموپلاستیک‌ها فلز اندود شده
دفع‌کننده حشرات	فومیگاسیون ماده ضد عفونی‌کننده با سمیت کم (پری ترین، پرمترین)



شکل ۱- نمایی از دو نوع مختلف از مواد فعال در تماس با غذا (FCM) به عنوان تابعی از مهاجرت عمدی یا غیرعمدی طبقه‌بندی شده

بسته‌بندی‌های فعال را می‌توان به دو گروه اصلی طبقه‌بندی کرد: بسته‌بندی فعال غیر مهاجر که بدون مهاجرت عمدی مواد فعال بوده و بسته‌بندی آزادکننده فعال که اجازه مهاجرت کنترل شده عوامل غیرفرّار و یا انتشار ترکیبات فرار را در فضای پیرامون مواد غذایی می‌دهد(شکل ۱). شناخته شده‌ترین نمونه‌های بسته‌بندی فعال غیرمهاجر، جاذب‌های رطوبت بوده، که عمدتاً بر اساس جذب آب توسط ترکیباتی مانند زئولیت[1]، سلولز[2] و مشتقات آن‌ها عمل می‌کنند.

مفهوم دوم که بعدها توسعه یافته است، طراحی مواد فعال برای قرارگیری در خود مواد بسته‌بندی می‌باشند که شامل، استفاده از مواد بسته‌بندی تک لایه یا چند لایه، با آسترگذاری بر بطری‌های شیشه استوار است[۵] .

در زمینه بسته‌بندی فعال آزادکننده، یکی از بهترین و شناخته شده‌ترین مواد فعال آزادکننده اتانول[3] می‌باشند که قادر به کاهش سرعت رشد قارچ‌ها و در نتیجه افزایش ماندگاری فرآورده‌های نانوایی می‌باشد.

۳- ویژگی‌های اصلی بسته‌بندی هوشمند

سامانه‌های بسته‌بندی هوشمند به صورت برچسب‌های چاپ شده بر روی بسته‌بندی مواد غذایی، به منظور افزایش بهبود پایش کیفیت محصول، ردیابی نقاط بحرانی، و کسب اطّلاعات بیشتر از سراسر زنجیره عرضه کالا حاصل شده‌اند(جدول ٤). در واقع، دو نوع بسته‌بندی هوشمند وجود دارد: یکی بر اساس سنجش شرایط خارجی بسته‌بندی(شاخص‌های غیرمستقیم) عمل می‌کند و دیگری بر اساس سنجش مستقیم کیفیت محصول غذایی در داخل بسته‌بندی (شاخص‌های مستقیم)را انجام می‌دهد.

جدول ٤ - نمونه‌هایی از کاربرد بسته‌بندی هوشمند در صنعت غذا[۳]

شواهد یکپارچگی بسته	نقض در حفظ محتویات بسته
شاخص‌های ایمنی / کیفیت محصول	نشانگرهای زمان-دما (TTI)، دستگاه‌های سنجش از گاز، رشد میکروبی، شناسایی پاتوژن
ابزار ردیابی / ضد سرقت	شناساگرهای رادیو فرکانس (RFID) برچسب‌ها، تراشه‌ها
اصالت محصولات	تصاویر هولوگرافی، آرم، عناصر طراحی چاپ پنهان، RFID

برچسب‌های هوشمند که در گروه نشانگرهای غیرمستقیم قرار می‌گیرند و به منظور افزایش بهره‌وری جریان اطّلاعات و ارتباطی، توسعه یافته‌اند در خارج از بسته‌بندی اولیه قرار داده می‌شوند مانند برچسب‌های الکترونیکی، با فنّاوری جوهر در یک مدار چاپی طراحی و در باتری فرکانس رادیو ساخته شده‌اند، همه آن‌ها در

1- Zeolite
2- Cellulose
3- Etanol

خارج از بسته‌بندی اولیه قرار داده شده‌اند که به منظور افزایش بهره‌وری از جریان اطّلاعات و ارائه عملکردهای نوآورانه ارتباطی توسعه یافته‌اند. از ویژگی‌هایی مانند سرعت پلیمریزاسیون[1]، انتشار، واکنش‌های شیمیایی یا آنزیمی، برای ساخت رایج‌ترین نشانگرهای دما، زمان/ شاخص دمای بحرانی و شاخص نشت استفاده می‌شود. عوامل گفته شده اولین نسل از شاخص به عنوان " شاخص غیرمستقیم " بوده که توانستند به عنوان شاخص طراوت مواد غذایی در نظر گرفته شوند. روند توسعه شاخص‌های مستقیم کیفیت مواد غذایی به دلیل توانایی در ارائه اطّلاعات دقیق‌تر و هدفمندتر، از ویژگی‌های کیفی ماده غذایی مطلوب بوده است.

نمونه‌های شاخص‌های مستقیم تجاری در دسترس، تعیین رسیدگی میوه گلابی بر اساس ترکیبات معطّر فرّار و یا برای تازگی ماهی بر اساس تعیین ترکیبات آمین فرّار می‌باشد. سامانه‌های پیچیده‌تر، مواردی مانند بارکدهای متشکل از لایه پلاستیکی حاوی آنتی بادی‌های خاصی از میکروارگانیسم‌های بیماری زا مانند سالمونلا[2] و یا لیستریا[3] که قادر به تشخیص حضور آنان را دارد(جدول ۵)[۷ و ۸].

با توجّه به گسترش بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند در بازار اتحادیه اروپا، میزان پذیرش صنایع کاربر و همچنین رفتار محافظه کارانه‌تر مصرف‌کنندگان اروپا در ارتباط با نوآوری در مواد غذایی، نکات کلیدی هستند که هنوز هم نیاز به رسیدگی دارند. کاربرد کم بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، دو دلیل اصلی دارد. اول هزینه و دوم پذیرش با توجّه به هزینه‌های بالاتر باید بررسی شود که آیا مصرف‌کنندگان آماده به پرداخت هزینه اضافی برای ایمنی/ ابزار با کیفیت فوق‌العاده خواهند بود. از سوی دیگر، درخصوص پذیرش، اغلب مصرف‌کنندگان درک درستی از منافع بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند ندارند. مصرف‌کنندگان خواستار مواد غذایی با بسته‌بندی طبیعی‌تر، یکبار مصرف، به طور بالقوه زیست تخریب‌پذیر، و همچنین قابل بازیافت می‌باشند. به همین دلیل، روند رو به رشد در بررسی و توسعه زیست بسپارها مبتنی بر منبع تجدید پذیر برای کاربردهای ضد میکروبی بسته‌بندی فعال وجود دارد[۹و۱۰].

٤- مسائل ایمنی بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند

به طور کلی، ایمنی در ارتباط با بسته‌بندی فعال و هوشمند بر پایه پاسخ به سه نقطه‌نظر اصلی استوار است:

جدول ۵- کاربرد فرآیندهای بسته‌بندی هوشمند در صنعت غذا

نشانگر	اساس عملکرد / معرّف	اطّلاعات مورد آزمایش	کاربرد
زمان – دما (خارجی)	مکانیکی، شیمیایی،آنزیمی	شرایط نگهداری	مواد غذایی ذخیره شده در شرایط سرد و انجماد
اکسیژن (داخلی)	رنگ اکسیداسیون و احیاء، رنگدانه تحت تأثیر PH، آنزیم	شرایط نگهداری، نشت بسته‌بندی	مواد غذایی ذخیره شده در بسته‌های اتمسفر فعال
دی اکسید کربن (داخلی)	شیمیایی	شرایط نگهداری، نشت بسته‌بندی	مواد غذایی ذخیره شده در بسته‌های اتمسفر فعال و کنترل شده
رشد میکروبی (داخلی)	رنگ دانه تحت تأثیر PH، همه رنگ واکنش با متابولیت‌های خاص(مواد فرار و یا غیر فعال)	کیفیت میکروبی مواد غذایی	غذاهای فاسد شدنی

۱) برچسب زدن، با هدف جلوگیری از سوء استفاده و سوء تفاهم در مصرف‌کنندگان، به عنوان مثال جلوگیری از مصرف ساشه‌ها (پاکت‌های کوچک حاوی مواد فعال)

1- Polymerization
2- Samonella
3- Listeria

۲) مهـاجرت مـواد فعـال و هوشـمند و همچنـین تمـام ترکیبات حاصل از تجزیه آن‌ها، به عنوان تابعی از سمیّت این مواد که بایستی با دقّت بررسی شود، به طـوری کـه پـذیرش آزادسازی مواد در بسته‌بندی فعال با قـانون مـواد غـذایی بـه شدّت به پدیده مهـاجرت مربـوط اسـت. ارزیـابی مهـاجرت دلالت بر توسعه آزمون‌های مهاجرت اختصاص داده شـده و همچنین ابزار شبیه‌سازی انتقال جرم موجـود مـی‌باشـد کـه برای پلاستیک‌های معمولی توصیه نمی شود زیرا که آن‌ها بـا سامانه فعال و هوشمند سازگار نمی‌باشند.

۳) کارایی بسته‌بندی: بسته‌بندی‌های نوین قادر به افزایش ایمنی مواد غذایی می‌باشند به عنوان مثال، از طریق ارائه یـک ماده نگهدارنده یا جاذب اکسیژن راه مناسبی برای جلـوگیری از رشد میکروبی بدون القاء مقاومت ضدمیکروبی و یا رشـد بیش از حد پاتوژن‌هـا مـی‌باشـد. و یـا دادن اطّلاعـات قابـل اعتماد درخصوص عدم حضور باکتری‌های بیمـاری‌زا، بـرای شاخص‌های مستقیم هوشمند می‌باشد.

۵- مسائل قانونی: چشم‌انداز آمریکـا و اروپـا در بحث بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند

مفاهیم نظارتی اروپا و ایالات متحده آمریکـا نـه تنهـا در جزئیات تماس ماده غذایی بـا ترکیبـات گونـاگون، بلکـه در رویکردهای اساسی در این زمینه، نیز متفاوت مـی‌باشـند. بـر اساس رویکرد اروپا، از نظر عملـی تمـامی ترکیبـاتی کـه بـه نحوی با ماده غذایی در تماس می‌باشند، بایستی به صـراحت پاک بوده و این امر بر اساس مقرّرات به اطّلاع عموم رسـیده باشد و این مواد باید همه گواهی‌های عدم سمیّت در ارزیابی سم شناسی را دریافت و در فهرست مواد بی‌خطر قرار گرفته باشند. در مقابل، در ایالات متحده آمریکا ترکیباتی که انتظـار نمی‌رود وارد واکنش بـا مـاده غـذایی شـده و یـا بـر اسـاس یافته‌های سم‌شناسـی در هنگـام مـصرف، اثـرات سـویی بـر سلامتی مصرف‌کننده ایجاد نمی‌کنند، در گروه ترکیبات پـاک قرار می‌گیرند. به طور خلاصه، رویکرد ایالات متحده به طور قابل توجّهی تحت تأثیر ایـده "مقـدار مـصرف مـاده باعـث سمّی بودن آن می‌شود" قرار داشـته، بـه طـوری کـه توجیـه سم‌شناسی مورد نیاز نیست و یا تا حد زیادی احتمال قـرار گرفتن در معرض آن به حداقل برسد. در حالی که رویکرد اروپا با این اصل شروع می‌شود که خصوصیت سم‌شناسـی مـواد بایـد وجـود داشـته باشـد و اطّلاعـات حاصـله در خصوص تمامی مواد، بـدون در نظـر گـرفتن سـطح قـرار گـرفتن در معـرض آن‌هـا پـیش‌بینـی شـوند. بنـد ۲۰۱،" افزودنی‌های غذایی" را به عنوان ترکیباتی تعریف مـی‌کنـد که استفاده از آنان برای تبدیل شدن به یـک جـزء از مـاده غـذایی در شـرایط در نظـر گرفتـه شـده منطقـی بـه نظـر مـی‌رسـد. در واقـع، تـا زمـانی کـه در ایـن سـامانه‌هـای بسته‌بندی، مواد فعال و هوشمند به عنوان ماده افزودنی بـه مواد غذایی، و نه به عنوان یک عامـل عملکـردی در مـواد غذایی (به اصطلاح "مواد افزودنی غیـرمـستقیم") در نظـر گرفته نشوند به هیچ وجه نظارت ویژه‌ای برای آن‌ها وجود ندارد، و نگرانی در خصوص مواد مورده استفاده در چنـین سامانه‌ای وجود ندارد. در نتیجه، آن‌ها به سادگی مانند تمام مواد در تماس با غذاهای دیگر قانون‌گذاری مـی‌شـوند. از سوی دیگر، اگر ترکیبات بسته‌بندی فعال به طور مستقیم به مواد غذایی اضافه شوند، و در گروه مواد افزودنی مـستقیم قـرار گیرنـد، ممکـن اسـت در معـرض الزمـات قـانونی سختگیرانه‌تـر (FDA)[1] قـرار گیرنـد. در ابتـدا، قـوانین در خصوص ترکیبات در تماس با غذا و نحوه برخورد با آنان، در هر کشور اروپایی متفاوت بود. با این حال، بـا تـشکیل اتحادیه اروپا، کشورهای عـضو، رأی بـه هماهنـگ کـردن قوانین به منظور ایجاد یک بازار و غلبه بـر موانـع تجـارتی آن دادنـد. تـا کنـون، قـوانین اتحادیـه اروپـا در خـصوص ترکیبـات در تمـاس بـا مـواد غـذایی بـر اسـاس سـلامت مصرف‌کنندگان قرار داشت که بر پایه آن باید این تـضمین وجود داشته باشد که هیچ ماده‌ای در تماس با مواد غـذایی وجود ندارد کـه بتوانـد بـا مـاده غـذایی در یـک واکـنش شیمیایی شرکت کند و باعث تغییر در خواص حسی مـاده غذایی (طعم، ظاهر، بافت و یا حتّی بوی) شود مورد اجـرا بوده است.

1- Food and Drugs Administration

٦- تنظیم پیش‌نویس برای مواد بسته‌بندی فعال و هوشمند

یکی از مسائل مهمی که در پیش نویس مقرّرات به آن تاکید شده، این است که مواد فعال و هوشمند برای ورود به بازار نیاز به مجوز دارند. برای اخذ مجوز به یک درخواست از ترکیبات فعال(هوشمند)، مشابه با درخواست برای مواد پلاستیکی نیاز است. بر اساس نتایج حاصل از این ارزیابی، کمیسیون [1](DG SANCO)، مجوز درخواست برای مواد تشکیل‌دهنده/ سامانه‌های فعال و هوشمند را دریافت می‌کند که در مقرّرات اعطایی وارد خواهد شد(شکل۲). این مجوز فقط برای درخواست ورود به بازار می‌باشد. مجوز اجزای تشکیل‌دهنده فعال و هوشمند بعد از انطباق با مفاد ۹-۷ مقرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰۴ ، بر ارائه بسته‌بندی(نرم افزار) اعطا می‌شود.

شکل ۲- روش اخذ مجوز بر اساس تعریف قانون EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤

۱۹۳۵/۲۰۰٤/EC چارچوب مقرّرات لازم برای استفاده از بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند را که قادر به افزایش ایمنی، کیفیت و ماندگاری مواد غذایی بسته‌بندی شده می‌باشند، ارائه می‌دهد. ماده یک اشاره می‌کند که هدف از این قانون، ارائه سطح بالایی از امنیت و حفاظت از سلامت انسان و حفاظت از منافع مصرف‌کنندگان است. به گونه‌ای که مقرّرات آن در تمام مواد و کالاها (از جمله بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند)، که در حالت نهایی در تماس با مواد غذایی، یا موادی که احتمال تماس آن‌ها با مواد غذایی وجود دارد و یا انتقال ترکیبات آن‌ها به مواد غذایی در شرایط عادی و یا در شرایط قابل پیش‌بینی در نظر گرفته شده است، اعمال می‌شود.

ماده سه تحت عنوان " الزامات عمومی"بسیار مهم می‌باشد. به طور کلی ماده سه چارچوب مقرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤ در خصوص ترکیباتی که در تماس با غذا می‌باشند، بیان می‌دارد که این ترکیبات نباید تغییرات خود را در مقادیری به ماده غذایی انتقال دهند که نسبت به خطر انداختن سلامت انسان و ایجاد تغییر غیر قابل قبول در ترکیب ماده و یا تخریب ویژگی‌های حسی آن شوند. علاوه بر این، برچسب، تبلیغات و ارائه مواد یا کالا در تماس با ماده غذایی نباید مصرف‌کننده را گمراه کنند.

طبق مقرّرات ماده ٤ هیچ یک از ترکیبات مورد استفاده در بسته‌بندی فعال و هوشمند اثر منفی بر ویژگی‌های حسی یا پنهان نمودن فساد غذاها ندارد. این ماده توصیف‌کننده الزامات خاص برای مواد فعال و هوشمند است که مسائل اصلی ذیل می‌باشد:

- مواد فعال ممکن است منجر به تغییر در ترکیب و یا ویژگی‌های حسی مواد غذایی در شرایطی شود که این تغییرات مطابق با مقرّرات ملّی قابل اعمال به مواد غذایی و مفاد دستورالعمل ۸۹/۱۰۷ /EEC در مورد افزودنی‌ها و معیارهای اجرایی آن‌ها باشد. وضع این ماده، منجر به حذف موانع موجود بر سر ساختار قدیمی۸۹/۱۰۹/EEC شده است.

1- Security Market Line

- ترکیباتی که از بسته‌بندی فعال منتشر می‌شوند بایستی مجاز و مطابق با مقرّرات مربوط به اتحادیه قابل اجرا در خصوص ماده غذایی مورد استفاده قرار گیرد.
- مواد فعال نباید در مورد تغییر ترکیب و یا تغییر ویژگی‌های حسی مواد غذایی به عنوان مثال، توسط پوشاندن فساد مواد غذایی، مصرف‌کننده را گمراه نماید.
- مواد هوشمند نباید اطّلاعاتی در مورد وضعیت مواد غذایی بدهند که می‌تواند مصرف‌کننده را گمراه کند.
- برچسب‌زدن کافی جهت شناسایی بخش‌های غیر-خوراکی لازم می‌باشد
- برچسب زدن مناسب که استفاده از مواد فعال و/ یا هوشمند را نشان دهند.

ماده ۱۵ مقرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤: ارائه دهنده خط مشی مشخص برای برچسب‌زنی مناسب جهت پیشبرد قابلیت ردیابی و ایمنی می‌باشد: این بند از مقرّرات EC/۲۰۰٤/۱۹۳۵ حاوی جزئیات برچسب زنی چند زبانه و مکان برچسب زنی برای به انجام رساندن اهداف برچسب می‌باشد در نهایت، ماده ۱۵ چارچوب این مقررات هم چنین بیان می‌کند که مصرف‌کننده و تولیدکننده مواد غذایی بسته‌بندی شده باید در نحوه استفاده از مواد فعال و هوشمند آگاه باشند.

۷- مقرّرات EC/ ٤٥٠/۲۰۰۹

الزامات عمومی مندرج در مقرّرات EC/۲۰۰٤/۱۹۳۵ که اخیراً توسط مقرّرات EC/٤٥٠/۲۰۰۹ یکپارچه شده است، در برگیرنده نکات قابل توجّه برای استفاده ایمن از بسته‌بندی فعال و هوشمند می‌باشد. در قوانین و مقرّرات جدید شرایط خاصی برقرار شده و مقرّراتی برای بازاریابی مواد و کالاهای فعال و هوشمند در تماس با ماده غذایی در نظر گرفته شده است. سامانه‌های بسته‌بندی هوشمند برخلاف سامانه‌های بسته‌بندی فعال، نباید به هیچ وجه ترکیبات شیمیایی را در مواد غذایی بسته‌بندی شده رها کنند. سامانه‌های هوشمند ممکن است بر روی سطح بیرونی بسته قرار داده شوند و یا توسط مانعی از مواد غذایی (مانع عملکردی) جدا شوند. بنابراین فقط " اجزای فعال و هوشمند" باید موضوع مجوز باشند. "جزء فعال" به معنای یک سامانه بر اساس یک ماده به تنهایی یا ترکیبی از مواد که باعث عملکرد فعال در یک ماده یا کالا می‌شوند. ممکن است که ترکیبات فعال به درون مواد غذایی بسته‌بندی شده و یا محیط پیرامون آن آزاد و یا جذب شوند. بنابراین فهرستی از ترکیبات مجاز که می‌تواند برای تولید یک جزء فعال و یا هوشمند و / یا مواد و کالاهای هوشمند فعال مورد استفاده قرار گیرد، باید مطابق با مقرّرات ایمنی مواد غذایی اروپا (EFSA)[1] تهیه شود تا روی آن ارزیابی ریسک انجام شده و نظریه‌ای در هر ماده صادر شود. ارزیابی ایمنی (EFSA) تمرکز خود را بر سه دسته از خطرات مربوط به قرار گرفتن در معرض مستقیم مواد شیمیایی معطوف نموده است که عبارتند از: ۱- مهاجرت ترکیبات فعال و یا هوشمند،۲- مهاجرت ترکیبات حاصل از تخریب و/ یا واکنش آن‌ها ۳- خواص سم‌شناسی آن‌ها.

علاوه بر این، برای هر کاربرد آن‌ها باید مدارکی برای اثبات عمل آن‌ها وجود داشته باشد که نشان دهد آیا اطّلاعات روی بسته‌بندی هوشمند درست است و یا اینکه اثر در نظر گرفته شده برای بسته‌بندی فعال در مواد غذایی چیست؟

EFSA، پس از بررسی سند مقرّرات می‌گوید که نظر، توصیه، مشخصات و یا محدودیت در ماده یا مواد تحت بررسی صدور مجوز به مدّت ۱۰ سال (تجدید لازم) معتبر است. مقرّرات برای یک دوره ۱۸ ماهه اولیه اجازه می‌دهد تا که در طی آن زمان، اطّلاعات بر روی مواد و کالای فعال و هوشمند توسط درخواست‌کننده بررسی شود. در طی این مدّت (EFSA) کاربرد محصولات فعال و هوشمند را در شرایط کنونی بازار مورد بررسی قرار می‌دهد.

1- European Food Safety Authority

بخش‌های غیرفعال بسته‌بندی‌های هوشمند و فعال باید توسط جامعه خاص و یا قوانین ملّی قابل اعمال به این مواد تحت پوشش قرار گیرد. دو استثناء در این مورد در نظر گرفته می‌شود: همانطور که عملکرد جز فعال از ویژگی ذاتی ماده غیرفعال نیست، میزان ماده فعال منتشر شده نباید در ارزش مهاجرت کلی محاسبه شود زیرا بندهای یک تا ۱۵ روش‌های EN 1186 CEN را نامناسب می‌سازد. علاوه بر این، مهاجرت ماده فعال خاص می‌تواند بیش از حد ارائه شده برای (SML)[1] منتشر شود که غلظت آن در مواد غذایی مطابق با قانون مواد غذایی قابل اجرا است.

چارچوب بخشنامه دیگر (EEC/۱۰۷/۸۹) به الزامات (مستقیم) مکمّل‌های غذایی اشاره دارد. این قوانین در مورد بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند اعمال می‌شود که موادی عمدا از سامانه بسته‌بندی آزاد و یا یک اثر فنی در مواد غذایی را در بر می‌گیرند. سامانه‌های بسته‌بندی فعال که به عمد موادی را در درون بسته آزاد می‌کنند باید با قوانین مکمّل‌های غذایی(مستقیم) (مقرّرات EC/۲۰۰۸/۱۳۳۳)، به عنوان مثال، ماده منتشر شده باید در فهرست مثبت از مواد افزودنی قرار داشته باشد و استفاده از این ماده باید منطبق بر نیاز فنّاورانه انجام شود. راهنمای EEC[2]/ ۱۰۷/۸۹ در خصوص این سامانه بسته‌بندی‌های هوشمند صدق نمی‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت موادی که عمداً گنجانیده شده‌اند در مواد فعال و کالاها برای نشر در غذا یا محیط اطراف مواد غذایی، لازم نیست که در فهرست ذکر شده شوند.

دستورالعمل‌های EFSA درخصوص مواد مورد استفاده در پشت یک مانع عملگرا که در ماده سه مقرّرات EC/٤٥٠/٢٠٠٩ تعریف شده کاربردی نمی‌باشد (به عنوان مثال، " مانع عملگرا"به معنای مانع متشکل از یک یا چند لایه از ترکیبات در تماس با غذا می باشد که تضمین می‌کند مواد و یا کالاهای آماده مطابق با ماده سه مقرّرات EC/١٩٣٥/٢٠٠٤ و با مقرّرات EC/٤٥٠/٢٠٠٩) هستند. در خصوص این مواد فعال و هوشمند انجام ارزیابی ایمنی لازم نیست و خارج از محدوده مقرّرات EC/٤٥٠/٢٠٠٩ می‌باشد. در نتیجه در پشت مانع عملگرا، ممکن است مواد غیر مجاز استفاده شود، بنابر این معیارهای خاص برای مهاجرت آن‌ها در زیر حد مشخص شده باقی می‌ماند. در خصوص به کارگیری فنّاوری نانو، اظهار شده است که آن‌ها بدون ارزیابی بیشتر نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، حتّی زمانی که تماس مستقیم با مواد غذایی بسته‌بندی شده از طریق مانع عملکردی غیر ممکن شده باشد (ماده ۵ (۲) (ج) دوم از مقرّرات EC/٤٥٠/٢٠٠٩). نانوذرات باید به صورت جزئی مورد بررسی قرارگیرند تا اطّلاعات بیشتری در مورد این فناوری نوین به دست آید (حداکثر مهاجرت ۰/۰۱ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم).

در نهایت، برچسب‌زنی باید بر اساس الزامات مقرّرات ١٩٣٥/٢٠٠٤، راهنمای EEC/۱۱۲/۷۹ (چارچوب رهنمود برای خرید و فروش مواد غذایی) و EEC/۱۰۹/ ۸۹ (برچسب‌زنی مواد افزودنی غذایی) صورت پذیرد. این مقررات از ۱۹ دسامبر ۲۰۰۹: اجازه شناسایی قطعات غیر خوراکی توسط مصرف‌کننده را داده است ، به طوری که مواد فعال و هوشمند و کالاها و یا قطعات مرتبط آن باید تا زمانی که آن‌ها به عنوان خوراکی پذیرفته اند برچسب زنی شوند.: (الف): با کلمات "خوردنی نیست" و (ب) همیشه از لحاظ فنی امکان‌پذیر است، با نماد ضمیمه مقرّرات EC/٤٥٠/٢٠٠٩ (شکل ۳). این اطّلاعات باید آشکار، واضح و خوانا و پاک نشدنی باشند. باید آن را در یک اندازه فونت حداقل ۳ میلی‌متر چاپ نمود وباید مطابق با الزامات ماده ۱۵ مقرّرات EC/١٩٣٥/٢٠٠٤ تنظیم شوند. اگر موادی آزاد می‌شوند توسط مواد فعال یا مواد کالای مرتبط آن‌ها را باید به عنوان مواد تشکیل‌دهنده مواد غذایی ذکر کرد.

1- Security Market Line
2- European Economic Community

شکل ۳- نمادی برای قطعات غیر خوراکی در برچسب زدن مواد فعال در تماس با غذا(FCM)

۸- تست پذیرش

دستورات (EEC/۷۱۱/۸۲ و یا EEC/۵۷۲/۸۵) مجموعه الزامات مورد نیاز برای آزمایش مهاجرت ترکیباتی که در تماس با غذا هستند می‌باشد. همه سیستم‌های بسته‌بندی فعال و هوشمند را نمی‌توان با توجّه به این بخشنامه مورد آزمایش قرارداد. باید تمایزی بین سیستم‌های داخل یا خارج از بسته‌بندی اولیه ایجاد شود. سیستم‌های خارج از بسته‌بندی به طور کلی نیازی به آزمون مهاجرت نخواهند داشت، زیرا" مانع عملگرا " به طور قابل توجّهی مهاجرت بالقوه را کاهش می‌دهد. سیستم های فعال و برخی از سیستم‌های هوشمند همیشه در " تماس مستقیم با مواد غذایی هستند. اگر ماده فعال و یا هوشمند در فیلم پلاستیکی گنجانیده شود، باید با قواعد متعارف در دستورالعمل اتحادیه اروپا منطبق باشند. در مورد غذاهای خشک، مهاجرت خاص از مواد باید به طور مستقیم در ماده غذایی اندازه‌گیری شود. همانطور که هیچ آزمون یا مدل‌سازی در مورد مواد در تماس با مواد غذایی مایع وجود ندارد، باید با توجّه به بخشنامه EEC/۷۱۱/۸۲ و EEC/۵۷۲/۸۵ مورد آزمایش قرارگیرند[۱۱].

۹- ارزیابی ریسک و پذیرش

روش برنامه‌ریزی شده مورد استفاده در اتحادیه اروپا و ایالات متحده آمریکا برای ارزیابی ریسک ترکیبات در تماس با مواد غذایی بر اساس این اصل استوار است که مقدار ترکیب مورد نیاز از یک ماده برای ایجاد ایمنی، به میزان قرار گرفتن در معرض مواد غذایی بستگی دارد. آنالیزهای مرحله‌ای به عنوان روشی مناسب به طور فزآینده‌ای برای ارزیابی ریسک مواد شیمیایی به رسمیت شناخته شده، که نه تنها به مصرف‌کنندگان در خصوص ایمن بودن ماده اطمینان می‌دهد، بلکه از آزمون غیرضروری سم‌شناسی نیز جلوگیری می‌کند[۱۲].

در نگاهی به چالش‌های آینده در ارزیابی ریسک مواد مورد استفاده در تماس با غذا، تعدادی از چالش‌های آشکار و فوری وجود دارد، به خصوص، ارزیابی بسته‌بندی فعال و هوشمند به دلیل پیچیدگی این سامانه‌ها پر هزینه است و می‌تواند بسیاری از متغیرها را با ارزیابی ریسک معرفی کند. علاوه بر این، بسته‌بندی فعال و برخی از فنّاوری‌های بسته‌بندی هوشمند در حال حاضر براساس فنّاوری استفاده از بسته‌بندی شاسه به طور عمده در حال استفاده هستند. استفاده از این بسته‌بندی شاسه‌ها مورد پذیرش تعداد زیادی از مصرف‌کنندگان نمی‌باشد از طرفی این نوع بسته‌بندی‌ها برای مواد غذایی مایع مناسب نیستند. به طوری که تماس مستقیم مایع با شاسه معمولاً باعث نشت محتویات آن بالشتک شده و علاوه بر این، بسته‌بندی شاسه ممکن است به طور تصادفی با غذا مصرف شده و یا توسط بچّه‌ها بلعیده شود. موضوع دیگر در مورد ارزیابی ریسک با عوامل ضدمیکروبی مورد استفاده در بسته‌بندی فعال توسعه مقاومت ضد میکروبی است. به منظور تضمین انطباق مواد مورد استفاده با چارچوب مقرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤ ، نیاز به انطباق با ماده ١٦ آماده‌سازی می‌باشد.

دستورالعمل‌های EFSA توصیه می‌کند که از رویکرد منظم مورد نیاز برای آزمون سمیّت مواد در تماس با غذا باید از قوانین مرسوم پیروی کند. در این بیانیه، انطباق باید شامل اطّلاعات ذیل باشد: هویت مواد و یا کالا، دامنه کاربرد برنامه و تأییدیه انطباق مواد یا کالا با الزامات قوانین اروپا و در صورت لزوم، با قانون ملّی[۱۳].

در هر مرحله از تولید، پردازش باید اسناد فنی مناسب قادر به نشان دادن رعایت میزان ترکیبات موجود در کالا

یا مواد و مطابقت آن‌ها با مقرّرات مربوط در دسترس باشد. این اسناد و مدارک، باید حاوی شرحی از نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل انجام شده برای نشان دادن انطباق مواد و کالا، و به ویژه انطباق با محدودیت‌های کمی در استفاده از موادی مانند OML[1]، SML[2] و غیره باشد[۱٤، ۱۵ و ۱٦].

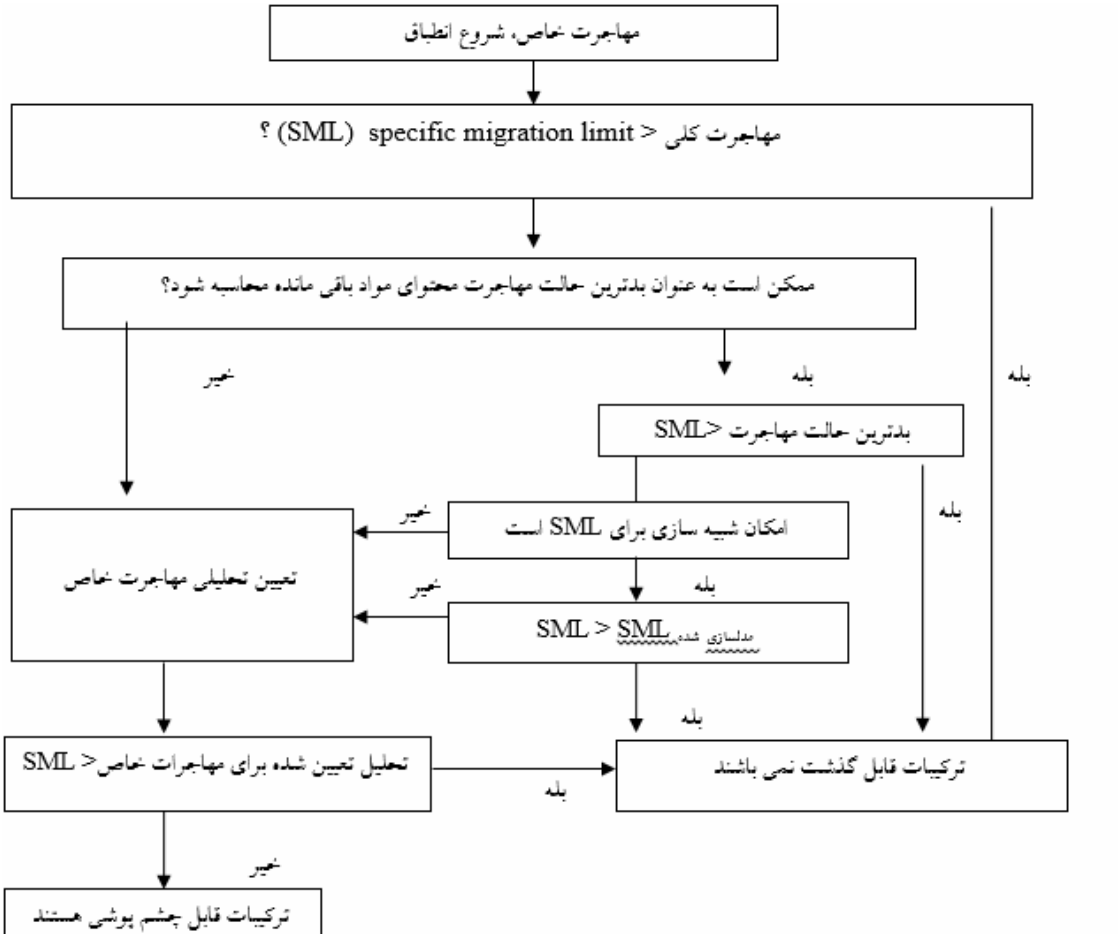
آزمایش نمونه در قانون اتحادیه اروپا از تعدادی مراحل گسسته تشکیل شده است که شامل:

(الف) بررسی ترکیبات در قوانین مربوطه می‌باشد. تمام ترکیبات باید در فهرست مثبت قرار گرفته و برخی از آزمایشات به عنوان نتیجه‌گیری انجام شوند.

آزمایشات برای آن دسته از ترکیباتی است که تحت پوشش بخشنامه اتحادیه اروپا قرار نمی‌گیرند(مانند رنگ و کاتالیزورها) باید ایمن بودن این ترکیبات را ثابت کند. در این خصوص رعایت ماده سه مقرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤ مورد نیاز است.

(ب) شبیه‌سازی و انتخاب شرایط آزمون

(ج) **انجام آزمون مربوطه** مانند آزمون مهاجرت کلی و آزمایش‌های ترکیبی برای چک کردن نتایج مربوطه(مهاجرت خاص، محتویات باقی مانده و آزمون‌های دیگر). روش کلی در (شکل٤) نشان داده شده است)[۱۷].



شکل٤- نمای عمومی از طرح به تصویب رسیده برای ارزیابی ایمنی با مهاجرت خاص در مواد در تماس با غذا که در خصوص هر جزء اعمال می‌شود.

1- Overall Migration Limit
2- Specific Migration Limits

۱۰- نتیجه گیری

آینـده‌ای روشـن بـرای بـسته‌بنـدی فعـال و هوشـمند پیش‌بینی می‌شود. در این زمینـه مقـرّرات EC/۱۹۳۵/۲۰۰٤ و مقـرّرات جدیـد EC/ ٤٥٠/۲۰۰۹ پایـه جدیـدی از الزامـات عمـومی، ایمنـی و بازاریـابی مـسائل خـاص مربـوط بـه بسته‌بندی فعال و هوشمند را مطرح می‌کنند. با وجود

مدّت زمان طولانی از استفاده تجاری ایـن روش ، بـدون نگرانی‌های خاص از ایمنی و، مقرّرات اتحادیه اروپا بـه نظـر می‌رسد چون هر دو قانون کاملاً مناسب با راهکارهای ایمنـی مـواد غـذایی(شـامل بهبـود سـطح از ایمنـی مـواد غـذایی و شفافیت به مصرف‌کننـدگان) اسـت، اسـتفاده از آن‌هـا لازم و مفید می‌باشد. در واقع، باید در نظر گرفت که پیچیـدگی ایـن سامانه‌ها متغیرهای بسیاری را جهت ارزیابی ریسک در مـواد بسته‌بندی شده معرفی می‌کنند. توسعه آزمون مهاجرت معتبـر با قابلیت شناسایی و اندازه‌گیری محصولات جدید مهـاجرت و همچنین ریسک نانو مواد، می‌توانند چالشی بعـدی باشـند. به هر حال، با وجـود مـوانعی کـه بایـد در آینـده‌ای نزدیـک برطرف شود، یک نمایش قوی از بسته‌بندی فعال و هوشـمند به عنوان یک ابزار فنی در بازار با پتانسیل بالا بـرای پوشـش دادن هر دو ارتباطات شفاف‌تر به مصرف‌کنندگان و نیـاز بـه کنترل بهتر زنجیـره تولیـد مـواد غـذایی در خـرده‌فروشـی و صنایع غذایی وجود دارد.

۱۱- منابع

1. Robertson, G. (2006). **"Food packaging principles and practices."** Boca Raton, Fla: Taylor & Francis.
2. Kotler, P., & Keller, K. (2006). **"Marketing management (12th ed.)."** Upper Saddle River, NJ: Pearson.
3. Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). **"Food packaging: Roles, materials, and environmental issues."** Journal of Food Science, 72, 39–55.
4. Rosca, I. D., & Vergnaud, J. M. (2007). **"Problems of food protection by polymer packages."** Journal of Chemical Health and Safety, 14, 14–20.
5. Rooney, M. (2005). **"Introduction to active food packaging technologies."** In J. H. Han (Ed.), Innovations in food packaging. Elsevier Academic Press.
6. Ozdemir, M., & Floros, J. D. (2004). **"Active food packaging technologies."** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44, 185–193.
7. Stauffer, J. E. (2005). **"Radio frequency identification."** Cereal Food World, 50, 86–87.
8. Weiss, J., Takhistov, P., & McClements, J. (2006). **"Functional materials in food nanotechnology."** Journal of Food Science, 71, 107–116.
9. Chiellini, E. (2008). **"Environmentally compatible food packaging."** Cambridge: Woodhead Publishing.
10. Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Iemma, F., Cirillo, G., Puoci, F., Curcio, M., et al. (2010). **"Antioxidant-polysaccharide conjugates for food application by eco-friendly grafting procedure."** Carbohydrate Polymers, 79, 333–340.
11. Actipak (2001). **"Evaluating safety, effectiveness, economic-environmental impact and consumer acceptance of active and intelligent packaging."** FAIR project CT-98-4170.
12. Han, J. H., Ho, C. H. L., & Rodrigues, E. T. (2005). **"Intelligent packaging. In J. H. Han (Ed.), Innovations in food packaging."** Elsevier Academic Press.
13. Wilson, C. (2007). **"In: C. Wilson (Ed.), Intelligent & active packaging for fruits & vegetables."** Paris, France.
14. Curcio, M., Puoci, F., Iemma, F., Parisi, O. I., Cirillo, G., Spizzirri, U. G., et al. (2009**). "Covalent**

insertion of antioxidant molecules on chitosan by a free radical grafting procedure." Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57, 5933–5938.

15. Han, J. H., Ho, C. H. L., & Rodrigues, E. T. (2005). **"Intelligent packaging. In J. H. Han (Ed.), Innovations in food packaging."** Oxford: Elsevier Academic Press.
16. Kerry, J. P., O'Grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). **"Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and musclebased products: A review."** Meat Science, 74, 113–130.
17. Spizzirri, U. G., Parisi, O. I., Iemma, F., Cirillo, G., Puoci, F., Curcio, M., et al. (2010). **"Antioxidant-polysaccharide conjugates for food application by eco-friendly grafting procedure."** Carbohydrate Polymers, 79, 333–340.

آدرس نویسنده

تهران- خیابان تهرانپارس- بین فلکه اول و دوم- کوچه ۱۶۲ شرقی(قره زادنیا)- پلاک ۹۰-۹۲ - واحد ۲.