

بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی: معرفی، مطالعه امکان‌سنجی طراحی و تولید در کشور

مریم حاجی غفارلو^۱، محمد جوکی^{۲*}

تاریخ دریافت مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۹

چکیده

افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان، تغییر در اولویت‌های غذایی آن‌ها و گرایش به سمت اقلام غذایی ایمن، منجر به بروز ابداعات و ابتکاراتی نوین در فناوری‌های بسته‌بندی مواد غذایی شده است. این مقاله به مرور سیستم‌های متنوع بسته‌بندی هوشمند و کاربردهای آن‌ها در بسته‌بندی غذایی با جدیدترین فناوری‌ها می‌پردازد. سیستم‌های بسته‌بندی فعال و هوشمند آن دسته از فناوری‌های بسته‌بندی را دربرمی‌گیرد که منجر به تحویل ایمن تر و با کیفیت‌تر محصولات به مصرف‌کننده می‌شود. بسته‌بندی فعال اشاره به تلفیق افزودنی‌های مختلف در بسته‌بندی با هدف حفظ و یا افزایش زمان ماندگاری محصول و کیفیت آن دارد. بسته‌بندی هوشمند نیز آن دسته از بسته‌بندی می‌باشد که بر شرایط مواد غذایی نظارت داشته و اطلاعات سودمندی را در رابطه با کیفیت مواد غذایی بسته‌بندی شده در طول حمل‌ونقل و نگهداری ارائه می‌دهد. این فناوری‌ها برحسب افزایش تقاضای مواد غذایی ایمن‌تر و با ماندگاری بهتر طراحی شده‌اند. هر چند در سال‌های گذشته این نوع بسته‌بندی در کشور تولید نشده است، اما مزیت‌های بازار این محصولات، قابلیت تقاضا برای مصرف آن‌ها در بازارهای داخلی و جهانی وجود داشته و آینده روشنی را پیش روی این صنعت نشان می‌دهد.

۱- مقدمه

بسته‌بندی مواد غذایی به روش سنتی ابزاری برای پشتیبانی، ایجاد ارتباط و سهولت می‌باشد [۱]. بسته‌بندی ماده غذایی برای حمایت و پشتیبانی از محصول در برابر تأثیرات مخرب شرایط محیطی مانند: گرما، نور، رطوبت، فشار، میکروارگانیسم‌ها، گازها و مواردی از این دست مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فناوری سهولت استفاده از محصولات غذایی را برای مصرف‌کننده فراهم ساخته و باعث مصرف راحت و مقرون به صرفه محصولات غذایی با اندازه و شکل‌های مختلف می‌شود [۲]. هدف اصلی از ایمنی مواد به کار رفته در بسته‌بندی‌های سنتی که در تماس مستقیم با مواد غذایی می‌باشد، خنثی بودن آن‌ها می‌باشد. حال آنکه سیستم‌های بسته‌بندی هوشمند بر مبنای تعامل مؤثر بین محیط بسته‌بندی و مواد غذایی استوار است، تا از این طریق حمایت فعال از ماده غذایی

واژه‌های کلیدی

کیفیت ماده غذایی، بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی هوشمند، حسگر، شناساگر

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (maryam62ghafarloo@yahoo.com).

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(× نویسنده مسئول: m.jouki@iau.com, m.jouki@yahoo.com)

(tnb.ac.ir)

را فراهم سازد. اغلب سیستم‌های بسته‌بندی ابتکاری مهم که در حال حاضر در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به تفصیل در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲- بسته‌بندی فعال

بسته‌بندی زمانی فعال نامیده می‌شود که نقش‌های دیگری غیر از تأمین مرزی خنثی بین ماده غذایی و محیط بیرونی ایفا کند [۳]. بسته‌بندی فعال به عنوان سیستمی تعریف می‌شود که در آن محصول غذایی، بسته و محیط به شیوه‌ای مثبت در تعامل با هم می‌باشند تا ماندگاری محصول و مشخصه‌های آن حفظ شود [۴]. این نوع بسته‌بندی همچنین تحت عنوان نوعی بسته‌بندی تعریف شده است که منجر به تغییر شرایط بسته‌بندی جهت افزایش ماندگاری محصول و یا ارتقای ایمنی و خواص ذائقه‌ای شده و در عین حال کیفیت ماده غذایی بسته‌بندی شده را نیز حفظ می‌کند [۵]. طبق مقررات EC/۲۰۰۴/۱۹۳۵ و EC۲۰۰۹/۴۵۰ مواد و مصنوعات فعال در اصل با هدف افزایش ماندگاری محصول و حفظ و ارتقای شرایط بسته‌بندی غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. طبق تعاریف ارائه شده، این مواد طراحی شده‌اند تا به شیوه‌ای سالم و در تعامل با یکدیگر قرار گیرند که منجر به رهایش مواد موجود در ماده غذایی بسته‌بندی شده به محیط اطراف ماده غذایی و یا جذب آن از محیط بسته‌بندی گردد [۶]. هدف از بسته‌بندی فعال افزایش و ارتقا امر محافظت از ماده غذایی بسته‌بندی شده و افزایش ماندگاری محصول در راهبردهای مختلف کاربردی همچون کنترل دما، حذف اکسیژن، کنترل رطوبت، افزودن مواد شیمیایی همچون نمک، قند، دی اکسید کربن، و یا اسیدهای طبیعی و یا ترکیبی از این مواد با بسته‌بندی مؤثر می‌باشد [۱]. پیشرفت‌های پیشین در بسته‌بندی فعال منجر به بروز پیشرفت در اغلب حوزه‌ها از جمله ایجاد تغییر در اکسیداسیون مواد غذایی گوشتی، نرخ تنفس کنترل شده در محصولات گلخانه‌ای، رشد میکروبی و انتقال رطوبت در محصولات خشک گردیده است. علاوه بر آن، بسته‌بندی فعال منجر به انتخاب گزینشی گازها در داخل بسته از طریق

پوشش، ایجاد منافذ بسیار ریز در مقیاس میکرون^۱، ورقه ورقه‌سازی^۲ و قالب‌گذاری^۳ یا اختلاط پلیمری می‌شود [۷].

۲-۱- جاذب‌های اکسیژن

یکی از پرکاربردترین فناوری‌های به کار رفته در بسته‌بندی مواد غذایی، جاذب‌های اکسیژن می‌باشند. وجود اکسیژن در یک بسته، موجب تسریع تخریب اکسایشی ماده غذایی می‌گردد. اکسیژن رشد میکروب‌های هوازی را تسهیل کرده و منجر به ایجاد بو و طعم بد در محصول، تغییر رنگ آن و از دست رفتن خواص تغذیه‌ای آن می‌شود و ماندگاری و ثبات مواد غذایی گوشتی را نیز کاهش می‌دهد [۸]. از این رو، کنترل سطوح اکسیژن در بسته‌بندی‌های غذایی برای محدود کردن میزان واکنش‌های فساد در ماده غذایی بسیار مهم می‌باشد. حتی اگر مواد غذایی حساس به اکسیژن قابل بسته‌بندی در سیستم‌های بسته‌بندی اصلاح شده (MAP) و وکیوم باشند، امکان حذف کامل اکسیژن در این روش‌ها وجود ندارد. اکسیژنی که از طریق فیلم بسته‌بندی به داخل محصول نفوذ می‌کند از طریق چنین سیستمی قابل رفع نمی‌باشد. با استفاده از جذب‌کننده‌های اکسیژن که باقیمانده اکسیژن پس از بسته‌بندی را جذب می‌کنند، تغییر کیفی مواد غذایی حساس به اکسیژن را می‌توان کاهش داد [۹]. جاذب‌های اکسیژن برای کاهش سطوح اکسیژن موجود به کمتر از 100 ppm در بسته‌بندی طراحی شده‌اند. جذب‌کننده‌های اکسیژن تجاری از یک یا چند فناوری زیر استفاده می‌کنند: اکسیداسیون پودر آهن، اکسیداسیون اسید اسکوربیک، اکسیداسیون رنگدانه حساس به نور، اکسیداسیون آنزیم و اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع و تلقیح مخمر روی مواد غذایی جهت مصرف اکسیژن محیط و کاهش اکسیژن داخل بسته‌بندی مواد غذایی و غیره [۱۰]. اکثر

- 1- Microperforation
- 2- lamination
- 3- Co-Extrusion
- 4- Modified Atmosphere Packaging

جذب‌کننده‌های اکسیژن تجاری در دسترس مبتنی بر اکسیداسیون پودر آهن و در قالب کیسه‌های کوچک حاوی پودرهای آهن می‌باشند که دارای بخشی از کاتالیزورها نیز هستند. مواد شیمیایی که با آب واکنش نشان می‌دهند توسط غذا تأمین شده و یک کاهنده فلزی هیدراته فعال را به همراه جذب‌های موجود در بسته‌بندی ماده غذایی تشکیل می‌دهند [۱۱]. جذب‌کننده‌های اکسیژن می‌توانند در ایجاد شرایط عاری از اکسیژن در فضای بالای بسته‌بندی، مؤثر باشند [۶]. جذب‌کننده‌های اکسیژن همچنین به صورت تنها و یا در ترکیب با MAP مورد استفاده قرار می‌گیرند. جذب‌کننده‌های اکسیژن نسبتاً گرانقیمت و همچنین برای حذف اکسیژن باقی‌مانده در MAP استفاده می‌شوند [۱، ۱۱]. یک جایگزین برای کیسه‌ها الحاق آن به بسته‌ها در قالب کارت، ورقه و یا لایه‌ای روکش دار در دیواره‌های داخلی بسته می‌باشد [۳]. اتصال جذب‌کننده‌های اکسیژن به داخل بسته‌بندی خطر شکست تصادفی کیسه‌ها و مصرف غیرعمدی محتویات آن را کاهش می‌دهد. ترکیبات جذب اکسیژن می‌توانند به صورت مجزا و یا در ترکیب با فیلم‌های دارای نفوذپذیری بالا مانند پلی‌اتیلن مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۲- جذب‌ها و دفع‌کننده‌های دی‌اکسید کربن

دی‌اکسید کربن می‌تواند به منظور مهار رشد میکروبی در برخی محصولات همچون گوشت تازه، مرغ، ماهی، پنیر و انواع نان مورد استفاده قرار گیرد [۱۲] و از این طریق نرخ تنفس در محصولات تازه را کاهش دهد [۱۳]. از این رو، سطوح بالای دی‌اکسید کربن (۱۰ تا ۸۰ درصد) برای این قبیل مواد غذایی بسیار مطلوب می‌باشد چون ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهد [۱۳]. در مورد بسته‌های جذب اکسیژن، حذف اکسیژن منجر به ایجاد یک شرایط خلأ نسبی می‌گردد که باعث جمع شدن بسته در بسته‌های قابل انعطاف می‌باشد. همچنین زمانی که بسته با ترکیبی از گازها همچون دی‌اکسید کربن و اکسیژن پر باشد، دی‌اکسید کربن در محصول

حل شده و یک خلأ نسبی را باعث می‌شود [۹] که این امر بر اثر حل‌پذیری CO₂ در دماهای پایین روی می‌دهد [۱۴]. روشی که در آن از حل کردن مقادیر کافی دی‌اکسید کربن در محصول به مدت یک یا دو ساعت قبل از نگهداری و انبار استفاده می‌شود، تثبیت گازی محلول (SGS) نامیده می‌شود [۱۴]. سازندگان تجاری رهاکننده‌های دی‌اکسید کربن از جمله شرکت‌های ژاپنی و آمریکایی سوکت کوچک رهاکننده را وارد بخش زیرین بسته‌بندی‌های محصولات گوشتی می‌کنند. مواد مترشحه غذایی در تعامل با این قبیل کیسه‌ها اقدام به رهایش دی‌اکسید کربن در بسته کرده و از فساد و خرابی محتویات بسته جلوگیری می‌کنند [۹]. جذب‌های دی‌اکسید کربن نیز برای حذف CO₂ اضافی در بسته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷].

۲-۳- بسته‌بندی ضد باکتریایی

این سیستم‌های بسته‌بندی مواد ضد باکتریایی فرار از جمله کلرین دی‌اکسید، سولفور دی‌اکسید، کربن دی‌اکسید و اتانول از خود خارج می‌کنند. در این سیستم پلیمر نباید در تماس مستقیم با غذا باشد. در اینجا عوامل ضد میکروبی مستقیماً داخل پلیمر و یا ناقل‌هایی قرار می‌گیرند که در مواد بسته‌بندی اکستروود شده و یا به صورت روکش به آن افزوده شده‌اند. مواد بسته‌بندی به کار رفته برای سیستم‌های ضد میکروبی فرار دارای خواص سطحی فوق‌العاده باید باشند تا از این طریق از تخریب مواد غذایی در اثر تراوش جلوگیری کنند [۱۵]. اسپری اتانول به داخل مواد غذایی و یا کیسه‌های تولیدکننده اتانول نیز در این موارد قابل استفاده می‌باشند اتیکپ^۲ و آنتی مولد^۳ کیسه‌های رهاساز اتانول می‌باشند که از طریق جذب رطوبت و رهایش بخار اتانول عمل می‌کنند [۱۶]. تولیدکننده‌های بخار الکل غالباً در محصولات نانوایی دارای رطوبت بالا، پنیر و ماهی مورد استفاده قرار

1- Soluble Gas Stabilization

2- Ethicap

3- Antimold

رشد باکتری لیستریا مونوسیٹوژنر⁶ بر روی گوشت و بیفتک محصول ترکیه، همبرگر استفاده کردند [۱۹]. نیسین و لیزوزیم^۷ موجود در پروتئین سویا و فیلم‌های ذرت نیز برای مهار لاکتوباسیلوس پلانٹاروم^۸ و اشرشیاکلی^۹ موجود در محیط‌های آزمایشگاهی استفاده شدند [۲۰].

۴-۴- کنترل رطوبت

دلیل اصلی فساد ماده غذایی وجود رطوبت در آن بوده و هدف تنظیم‌کننده رطوبت کاهش فعالیت آبی محصول به منظور مهار رشد میکروبی می‌باشد [۲۱]. در رابطه با میوه و سبزیجات تازه، تعریق و به دنبال آن تغلیظ زمانی روی می‌دهد که بخشی از بسته‌بندی خشک‌تر از بخش دیگر باشد. مواد مغذی محلول به درون آب نفوذ کرده و منجر به کاهش فساد میکروبی می‌شوند. محتوای رطوبت موجود در بسته‌بندی باعث نرم تر شدن محصولات خشک و هیگروسکوپی^{۱۰} مانند: پودر شیر، پودر قهوه فوری، شیرینی جات و ... می‌شود [۲۱].

پدهای جاذب رطوبت، ورقه‌ها و یا روکش‌های به کار رفته برای کنترل مایعات موجود در مواد غذایی همچون ماهی، گوشت، مرغ، میوه‌ها و سبزیجات مناسب می‌باشند. ورقه‌ها و روکش‌های بزرگ‌تر برای جذب یخ ذوب شده در طول حمل و نقل هوایی ماهی یخ زده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲]. ورقه‌های جاذب چکه‌ای نیز اساساً متشکل از دو لایه پلیمر با منافذ بسیار ریز مانند پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن پیچیده شده با یک پلیمر فوق جاذب در قالب گرانول‌های آزاد می‌باشند [۳]. ترکماریت^{۱۱} (استرالیا)، توپان^{۱۲} (ژاپن) پیکسورب^{۱۳} (استرالیا) لوکاسورب^{۱۴} (آلمان)

می‌گیرند. حرارت‌دهی محصول قبل از مصرف نیز می‌تواند در تبخیر الکل از محصول تأثیر بگذارد. کلرین دی اکسید عامل ضد میکروبی دیگری است که در فعالیت ضدباکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها بسیار مؤثر می‌باشد. کلرین دی اکسید می‌تواند با استفاده از سدیم کلریت و پیش ساخت‌های اسیدی آن که در فاز آب دوست و آب‌گریز یک پلیمر تجمع می‌یابند تولید شود. رطوبت موجود در ماده غذایی زمانی که در تماس با فاز آب گریز قرار می‌گیرد، اسید رها شده و با سدیم کلریت واکنش نشان می‌دهد و در نهایت، کلرین دی اکسید تولید می‌شود [۱۶]. برخی کاربری‌های بسته‌بندی ضد میکروبی با ایجاد پیوند کووالانسی^۱ منجر به تثبیت آنتی‌بیوتیک‌ها و یا قارچ‌کش‌ها جهت مهار رشد میکروب‌ها می‌شوند [۱۷].

نمونه‌هایی از مواد ضد میکروبی با گروه‌های عملگرا عبارتند از: پپتیدها^۲، آنزیم‌ها پلی‌آمین‌ها و اسیدهای ارگانیک برخی پلیمرها مانند: کیتوزان به طور ذاتی دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و در فیلم‌ها و روکش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. کیتوزان به عنوان روکش و جهت محافظت از سبزیجات و میوه‌های تازه از حملات قارچی استفاده می‌شود. همچنین به عنوان مانعی بین مواد مغذی بسته‌بندی شده و میکرو ارگانیزم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۸]. روکش‌های خوراکی ضد میکروبی و فیلم‌های تهیه شده از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها دارای مزایای مختلفی مانند: تجزیه پذیری زیستی، خوراکی بودن، سازگارپذیری زیستی و ظاهر تزئینی و خواص سطحی (مانعت‌کنندگی) و ... می‌باشند. روکش‌های پروتئین آب پنیر و فیلم‌های آن نیز می‌توانند در ترکیب با مقادیر کافی عوامل ضد میکروبی خوراکی مانند لیزوزیم، نیسین، پتاسیم سوربات و ... مورد استفاده قرار گیرند [۱۲]. مینگ^۳ و همکاران (۱۹۹۷) از پدیوسین^۴ و یا نیسین^۵ تثبیت شده روی سلولز برای مهار

6- *Listeria Monocytogenes*

7- Lysozyme

8- *Lactobacillus Plantarum*

9- *Escherichia Coli*

10- Hygroscopicity

11- Thermarit

12- Toppan

13- Peaksorb

14- Luquasorb

1- Covalent Bond

2- Peptides

3- Ming

4- Pediococcus

5- Nisin

فرش-آر-پاکس^۱ (آتلانتا) نمونه‌هایی از جاذب‌های رطوبت صنعتی، ورقه‌ها و یا روکش‌های جاذب می‌باشند که در محصولاتمانند: چیپس، پنیر و آجیل و آب نبات‌ها، ادویه جات و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. رطوبت‌گیرهایی مانند سیلیکا ژل، غشاءهای مولکولی، کلسیم اکسید نیز در مواد غذایی خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند، حال آنکه کیسه‌ها و یا پدهای منفذدار نمک‌های غیرآلی و لایه محافظت شده رطوبت‌گیرهای پلیمری نیز برای خنثی‌سازی رطوبت موجود در داخل کارتن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. نمونه‌های صنعتی کیسه‌های نم‌گیر نیز شامل مینیپکس^۲ (آمریکا)، استیریپکس^۳ (آمریکا)، دسیپک^۴ (آمریکا)، تری سرب^۵ (آمریکا) دو در ۱ (آمریکا) و برچسب‌های جاذب رطوبت شامل دسیمکس^۶ (آمریکا) [۲۱] می‌شوند.

۲-۵- رهایش آنتی‌اکسیدان

آنتی‌اکسیدان‌ها به طور گسترده در مواد غذایی و به منظور افزایش ثبات اکسایشی آن‌ها و افزایش ماندگاری‌شان مورد استفاده قرار می‌گیرند. آنتی‌اکسیدان‌ها در فیلم‌های بسته‌بندی و به صورت منبع آنتی‌اکسیدان در برخی مواد غذایی افزوده می‌شوند که این امر به دلیل افزایش تقاضای مصرف‌کننده برای کاهش آنتی‌اکسیدان‌ها و افزودنی‌های غذایی صورت می‌پذیرد. افزودن آنتی‌اکسیدان می‌تواند منجر به تثبیت پلیمر جهت محافظت فیلم‌ها از فساد و تخریب گردد. تأثیر هیدروکسی تولوئن بوتیل‌ه شده (BHT) ترکیب شده با HDPE در بسته‌های جو دو سر توسط هان^۷ و همکاران وی (۱۹۸۷) مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر BHT بر سلامت انسان با توجه به تأثیر تراکم BHT در بافت چربی بدن انسان

مورد بررسی است [۲۲، ۲۳]. تلفیق آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند ویتامین C و E بر فیلم‌های بسته‌بندی می‌تواند باعث کاهش واکنش‌های اکسایشی مانند ایجاد بوی تند و یا تغییر رنگ در ماهی‌های چرب گردد. ویتامین E نیز افزودنی ایمن و مؤثری برای کاهش فعالیت آبی محیط در غلات صحنه و اسنک‌ها بوده [۱۱] و در طول مدت فرآوری، با توجه به حلالیت بالایی ذرات پلی‌اول^۸ ثبات قابل توجهی را نیز دارا می‌باشد [۲، ۲۱].

۲-۶- جاذب‌های اتیلن

اتیلن یک هورمون رشد گیاهی طبیعی می‌باشد که تنفس میوه‌ها و سبزیجات را افزایش داده و همزمان با رسیدن و نرم شدن میوه و حتی پیری آن را در غلظت‌های پایین باعث می‌شود [۲۴]. این ماده همچنین باعث زرد شدن سبزیجات، ایجاد لکه بر روی خیار، کاهو و... شده و تأثیرات مخربی را بر ماندگاری اغلب میوه‌ها و سبزیجات اعمال می‌کند [۲]. پتاسیم پر منگنات تثبیت شده در مواد معدنی خنثی که در کیسه‌های به کار رفته برای بسته‌بندی و یا پوشش‌هایی از این دست یافت می‌شوند، گزینه مناسبی هستند که در محصولات نگهداری شده در دمای اتاق می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند [۱۱]. کربن فعال شده با کاتالیزورهای فلزی مختلف نیز قادر به حذف مؤثر اتیلن می‌باشند. زغال چوب آغشته به پرمنگنات فعال شده نیز به همراه کاتالیزورهای پالادیوم^۹ برای پاکسازی اتیلن از محصولات تازه مورد استفاده قرار می‌گیرند سیدومت^{۱۰} (ژاپن)، نئوپالون^{۱۱} (ژاپن) هاتوگریش^{۱۲} (ژاپن) نیز نمونه‌هایی از کیسه‌های بسته‌بندی صنعتی می‌باشند که بر اساس کربن فعال شده با قابلیت پاکسازی اتیلن ساخته شده‌اند [۳]. استفاده از خاک رس فعال شده (زئولیت) که در کیسه‌های پلی‌اتیلنی جاسازی می‌شود در شرکت‌های

- 1- Fresh-R-Pax
- 2- Minipax
- 3- Strippax
- 4- Desipak
- 5- Tri-Sorb
- 6- DesiMax
- 7- Han

- 8- Polyol
- 9- Palladium catalysts
- 10- SedoMate
- 11- Neupalon
- 12- Hatogresh

کره‌ای و ژاپنی موجود در ایالات متحده و استرالیا بسیار مورد توجه بوده است. فیلم‌های به کار رفته پلی‌کربنات‌های سلیکونی، پلی‌استیرن‌ها پلی‌اتیلن‌ها و پلی‌پروپیلن‌ها می‌باشند [۷]. استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپان^۱ (MPC-1) جایگزین دیگری برای به حداقل رسانی تأثیر اتیلن می‌باشد [۱].

۷-۲- جاذب عطر و بو و یا پخش کننده بو

ترکیبات فرار موجود در بسته‌بندی مواد غذایی که در نتیجه تخریب غذایی ایجاد می‌شوند، همچون آلدهیدها، آمین‌ها و سولفیدها می‌توانند به صورت انتخابی از داخل بسته‌های غذایی پاکسازی شوند [۱۱]. جاذب‌های بوی مواد غذایی از آلودگی بیشتر مواد غذایی در نتیجه پخش بوی ناشی از تجزیه ماده غذایی در داخل بسته‌بندی پیشگیری می‌کند. بسته‌های بی بو و یا ضد بو به همین منظور تولید شده‌اند تا در حین انتقال محصولات میوه دارای بو از آن‌ها استفاده گردد [۲۵]. این بسته‌ها متشکل از یک پلاستیک مقاوم در برابر بو مانند: پلی‌اتیلن ترفتالات^۲ (PET) و یا پلی‌اتیلن با ضخامت مناسب که امکان عبور گازهای تبخیری را فراهم می‌سازد، می‌باشند. اغلب این بسته‌بندی‌ها کیسه‌هایی ساخته شده از زغال چوب و نیکل می‌باشند که به منظور جذب بو مورد استفاده قرار می‌گیرند. اسیدهای آمینه گوگردی نیز که در نتیجه تجزیه پروتئین‌ها در گوشت ماهی و ... تولید می‌شوند قابل حذف از طریق افزودن ترکیبات اسیدی مانند اسید سیتریک در پلیمرها می‌باشند [۲۶]. کیسه‌های ANICO (ژاپن) ساخته شده از فیلم حاوی نمک آهن و یک اسید آلی مانند اسید سیتریک و یا اسید اسکوربیک می‌باشند که قابلیت اکسید کردن اسید آمینه‌ها را دارا می‌باشد [۳]. ساجیلاتا^۳ و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی پلیمرهای پلی‌اتیلن جاذب بو پرداخته‌اند. استفاده از مواد

بسته‌بندی با خواص سدکنندگی عالی می‌تواند از جذب سایر بوهای غیرغذایی مانند بوهای آلاینده جلوگیری کند [۷].

۳- بسته‌بندی هوشمند

مفهوم انتقال نگهدارنده‌ها به مواد غذایی و نقش ارتباطی بسته‌بندی برای تسهیل انتقال، با بسته‌بندی هوشمند در ارتباط می‌باشند [۲۷]. طبق EC/450/2009، مواد هوشمند و مصنوعی مواد و مصنوعات می‌باشند که بر شرایط مواد بسته‌بندی شده و یا محیط اطراف ماده غذایی نظارت دارند. سیستم‌های بسته‌بندی هوشمند اطلاعات مفیدی را در رابطه با شرایط ماده غذایی و محیط اطراف آن در اختیار کاربر قرار می‌دهد (دما، PH) نقش ارتباطی بسته‌بندی‌های سنتی بسیار گسترده بوده و بر اساس قابلیت تشخیصی و ثبت و ارائه تغییرات روی داده در محیط اطراف محصولات با کاربر ارتباط برقرار می‌سازد [۲۷]. در مقابل مؤلفه‌های فعال، مؤلفه‌های هوشمند قرار دارند که قصد آن‌ها ره‌ایش اجزا در ماده غذایی و محیط اطراف آن نمی‌باشد. بسته‌بندی هوشمند در ارتقای تحلیل خطر و ریسک و همچنین نقاط کنترل بحرانی^۴ (HACCP) و سیستم‌های تحلیل کیفی محصول و نقاط کنترل بحرانی^۵ (QACCP) مداخله دارد [۲۸] که برای تشخیص به هنگام غذاهای غیر ایمن، تشخیص خطرات سلامتی بالقوه و استقرار راهکارهایی برای کاهش و یا حذف وقوع آن‌ها تعبیه شده‌اند. این امر همچنین در تشخیص فرایند‌هایی که شدیداً بر خصوصیات کیفی و ارتقای کارآمد کیفیت نهایی محصول تأثیر می‌گذارد، بسیار مؤثر می‌باشد [۲۹]. اساساً سه سیستم هوشمند وجود دارد: سنسورها، شاخص‌ها و سیستم‌های تشخیص رادیو فرکانسی (RFID) [۹].

- 1- Methyl Cyclopropane
- 2- Polyethylene Terephthalate
- 3- Sajilata

- 4- Hazard Analyses Critical Control Point
- 5- Quality Analysis Critical Control Point

۳-۱- سنسورها (حسگرها)

حسگر به عنوان وسیله‌ای تعریف می‌شود که برای تشخیص، جاگذاری و یا کمیت‌سنجی انرژی یا ماده فرستنده سیگنال جهت تشخیص و یا ارزیابی خواص فیزیکی شیمیایی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹]. حسگرها خروجی سیگنال را به طور پیوسته فراهم می‌سازند. اغلب سنسورها حاوی دو بخش عملکردی مهم می‌باشند: گیرنده و مبدل.

۳-۲- بیوسنسور (حسگرهای زیستی)

بیوسنسورها برای تشخیص، ثبت و انتقال اطلاعات مربوط به واکنش‌های بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲]. بیوسنسورها حاوی زیست گیرنده ها و مبدل‌ها می‌باشند [۳۰]. گیرنده زیستی آنالیت^۱ هدف را تشخیص داده و مبدل سیگنال‌های بیوشیمیایی را به پاسخ الکترونیکی قابل کمیت‌سنجی تبدیل می‌کند [۲]. گیرنده‌های زیستی یا از مواد ارگانیک و یا از مواد بیولوژیکی مانند آنزیم، هورمون، اسید نوکلئیک، آنتی‌ژن میکروب‌ها و ... تشکیل می‌شوند. مبدل‌ها نیز نوری، صوتی و یا الکتروشیمیایی می‌باشند. سیستم سستینل^۲ غذایی (فناوری SIRA) یک بیوسنسور صنعتی می‌باشد که برای تشخیص پاتوژن‌های غذایی تهیه شده است. آنتی‌بادی‌های اختصاصی به غشای اجزای تشکیل دهنده سنسور و یا بارکد آن متصل می‌شوند. پاتوژن‌ها باعث تیرگی موضعی و تشکیل نوار تیره شده و باعث عدم خوانش بارکد می‌شوند [۲]. توکسین گارد^۳ یک سیستم تشخیص بصری می‌باشد که بر مبنای آنتی‌بادی‌های چاپ شده روی پلی‌اتیلن عمل می‌کند. عمل آن تشخیص پاتوژن‌های هدف همچون سالمونلا، کامپیلو باکتر^۴، ایکلای^۵ و لیستریا مونوسیژنوز^۶

می‌باشد [۱۷]. پاپسیکوا^۷ و همکاران (۲۰۱۳) بیوسنسوری را برای تشخیص اسیدهای آمینه بیوژنی تولید کردند که در اثر دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه و یا از طریق آمینه‌سازی و یا انتقال آمینه از آلدئیدها و کتون‌ها در اثر عملکرد میکروبی فعالیت می‌کنند. بیوسنسورهای تشخیص زانتین (محصول تجزیه آدنین نوکلئوتید در بافت حیوانی) توسط آرونیتوانیس^۸، استراتاکوس^۹ (۲۰۱۲) از طریق تثبیت‌سازی زانتین اکسید بر روی الکترودهای ساخته شده از موادی همچون پلانتیوم، نقره و گرافیت مداد ساخته شدند [۳۱، ۳۲، ۳۳].

۳-۳- سنسور (حسگر) گازی

حسگرهای گازی برای تشخیص وجود آنالیت گازی در بسته محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سنسورها دربرگیرنده حسگرهای اکسیژن، حسگرهای دی اکسید کربن، حسگرهای بخار آب، اتانول ترانزیستورهای افکت فیلند نیمه رسانای اکسید فلز^{۱۰}، پلیمرهای رسانای آلی و سنسورهای کریستالی پیزوالکتریک و ... می‌باشند [۹]. حسگرهای اکسیژن نوری توسط پاپکوا و اسکسکی^{۱۱} همکاران (۲۰۰۲) توصیف شده‌اند [۳۳]. چنین سیستم‌هایی بر اساس اصل اطفاء روشنایی و یا تغییرات جذبی ایجاد شده در اثر تماس مستقیم با آنالیت عمل می‌کنند. حسگرهای نوری شیمیایی برای تشخیص کیفیت محصولات و از طریق جذب آنالیت گازی همچون سولفید هیدروژن، دی اکسید کربن و آمینه‌های فرار عمل می‌کنند [۳۴]. روش‌های درک سیگنال‌های نوری شیمیایی سه نوع بوده و شامل فلورسنس^{۱۲} مبتنی بر سیستم با استفاده از شاخص حساس به PH، جذب مبتنی بر درک

7- Popsikova

8- Arvanitoyannis

9- Stratakos

10- Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors

11- Papkovsky

12- Fluorescence

1- Analyte Bioreceptor

2- Sektinel

3- Toxin Guard

4- Campylobacter

5- Esherishia Coli

6- Listeria Monocytogenes

فراهم می‌سازند. واکنش بین متابولیت‌های حاصل از رشد میکروبی و شاخص‌های جمع شده در بسته، اطلاعات بصری در رابطه با کیفیت میکروبی محصول را فراهم می‌سازد [۹]. در سال ۱۹۹۹ فناوری‌های COX، آمریکا، اقدام به راه‌اندازی برچسب‌های شاخص رنگ فریش تگ^۱ کرد که با آمین‌های فرژار در طول نگهداری ماهی و محصولات غذایی دریایی واکنش نشان می‌دهد [۲۲]. با این حال، تولید این محصول در سال ۲۰۰۴ متوقف گردید [۳۷]. یک کیتوزان زیست فعال مبتنی بر شاخص PH نیز توسط یوشیدا^۲ و همکاران (۲۰۱۴) تولید گردید که دارای یک قابلیت کاربردی به عنوان شاخص متابولیت‌های مشتق شده از رشد میکروبی همچون n -بوتیرات، L-لاکتیک اسید، D-لاکتات و استیک اسید می‌باشد [۴۸]. دی اکسید کربن تولید شده در فرآورده‌های گوشتی در طول نگهداری شاخصی برای فساد مواد غذایی به شمار می‌رود. شاخص‌های دی اکسید کربن توسط محققین دانشگاه سيجاتگ^۳ تولید شده‌اند که متشکل از محلول‌های آبی کیتوسان و یا ایزوله پروتئین آب پنیر می‌باشد. وجود دی اکسید کربن از طریق تغییرات روی داده در شفافیت مواد پروتئین سرمی که به PH وابسته می‌باشد تشخیص داده می‌شود [۳۸].

۳-۶- شاخص دما زمان؛ (TTI)

دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی برای تعیین سینتیک فساد فیزیکی، شیمیایی و میکروبی در محصولات غذایی می‌باشد. طبق EC/450/2009 شاخص‌های دما زمان اطلاعات مفیدی را در این مورد ارائه می‌دهد که آیا دمای فعلی محصول بسته‌بندی شده با گذشت زمان فراتر از آستانه تعیین شده خواهد بود و یا به برآورد حداقل زمان لازم برای رسیدن محصول به حد بالاتر از دمای آستانه

رنگ‌سنجی و رویکرد انتقال انرژی با استفاده از تشخیص فاز فلوری‌سنجی می‌باشد. رنگ‌های حساس به PH نیز برای ایجاد سنسورهایی جهت تشخیص آمینه‌های اساسی فرژار در گوشت مرغ و ماهی و ... استفاده می‌شوند. شناساگرهای بر پایه غشای سلولزی و یا متیل رد، غشای سلولزی باکتریایی از طریق تغییر رنگ‌های مرئی به آمینه‌های فرژار رها شده در هنگام فساد ماهی واکنش نشان می‌دهند [۳۵].

۳-۴- حسگر شیمیایی

حسگر شیمیایی یا گیرنده یک پوشش انتخابی شیمیایی با قابلیت تشخیص وجود، فعالیت، ترکیب و غلظت برخی مواد شیمیایی خاص و یا گاز می‌باشد که این تشخیص از طریق واجد محیط صورت می‌پذیرد. وجود مواد شیمیایی خاص در این حسگرها مشاهده شده و توسط مبدل تبدیل به سیگنال می‌شود. مبدل‌ها بسته به نیاز انرژی خارجی برای ارزیابی، فعال و یا غیرفعال می‌باشند [۳۶]. مواد نانوکربن مانند نانو ذرات، گرافیت، نانو فیبرها و نانو لوله‌ها در حسگرهای شیمیایی از آن حیث مورد استفاده قرار می‌گیرند که خواص فیزیکی و مکانیکی منحصر به فردی را به همراه خصوصیات بالایی سطحی دارا می‌باشند. حسگرهای نانو بنیان نیز در تشخیص پاتوژن‌ها، آلاینده‌های شیمیایی، فساد مواد غذایی، تغییر خواص آن از طریق زنجیره فراوری مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۶].

پیشرفت‌های اخیر روی داده در حسگرها موجب استفاده از آن‌ها به عنوان مبدل نوری می‌شود که دیگر نیاز به نیروی الکتریکی را برطرف کرده و از فاصله دور با استفاده از نور ماورا بنفش و یا نور مادون قرمز و یا نور مرئی قابل خواندن می‌باشند. مبدل‌های نوری سلیکون بنیان نیز متشکل از مدارهای نوری جمع شده در ماده نیمه سیلیکونی می‌باشند [۲].

۳-۵- شاخص‌های تازگی محصول

شاخص‌های تازگی، اطلاعات کیفی ارزشمند بر گرفته از تغییرات شیمیایی و یا رشد میکروبی در محصول غذایی را

- 1- Fresh Tag
- 2- Yoshida
- 3- Sejong
- 4- Time-Temperature Index

می‌پردازد (تاریخچه ی دما- زمانی). این برجسب‌ها شاخص‌های مجازی تاریخچه دما را در هنگام توزیع، و نگهداری ارائه می‌دهند و لذا می‌توانند اطلاعات سودمندی را نیز در رابطه با دمای مواد غذایی منجمد و یخ زده ارائه دهند [۱۶]. اساساً TTI‌ها تگ‌ها و یا برجسب‌های کوچکی می‌باشند که دما- زمان یک کالا را از نقطه تولید تا زمان رسیدن به دست مصرف‌کننده نهایی کنترل می‌کند [۱۳]. در حال حاضر، سیستم‌های مختلف بر پایه پلیمر و آنزیمی از TTI‌ها در بازار وجود دارند. مانیتور M^۳ ۱ و بررسی تازگی M^۳ ۲، آمریکا، شرکت‌هایی می‌باشند که به توزیع TTI آنزیمی صنعتی در بازار می‌پردازند. در این سیستم‌ها هر گونه تغییر رنگ ناشی از کاهش PH که در اثر هیدرولیز آنزیمی کنترل شده روی می‌دهد. در بستر لیپیدی محصول تشخیص داده می‌شود. سیستم‌های خطوط حیات تازگی^۳، بررسی تازگی و سیستم رصد^۴ سیستم تازگی دما-زمان، TTI‌های واکنش پلیمرسازی وابسته به دما می‌باشند. در سیستم Vu حاوی بنزوپیریدین‌ها که یک رنگدانه آلی است، هر نوع تغییر رنگ با گذشت زمان به صورت نرخ تعیین شده دمایی مشخص می‌شود [۸]. این شاخص از طریق مواجهه با نور ماوراء بنفش فعال شده و به تدریج با گذشت زمان به رنگ آبی تیره تبدیل می‌شود [۹]. سیستم تمپیکس^۵ و سیستم تازگی بر اساس بارکدهای چاپ شده با جوهر عمل می‌کنند که با گذشت زمان تعیین شده جوهر محو می‌شود [۳۶].

۳-۷- شاخص‌های انسجام^۶

شاخص تراوش در بسته‌بندی، انسجام بسته‌بندی را در سراسر زنجیره تولید و تضمین فراهم می‌کند. شاخص‌های بصری اکسیژن در مواد غذایی MAP با میزان اکسیژن اولیه کم توسط دیوارس^۷ و گاردنز^۸ (۱۹۹۶) مورد بررسی قرار

گرفتند. شاخص‌های بصری اکسیژن دارای رنگ‌های اکسیداسیون و احیاء می‌باشند که به دنبال هر گونه تغییر در غلظت اکسیژن تغییر در آن‌ها صورت می‌پذیرد. از معایب این قبیل سیستم‌ها می‌توان به این موضوع اشاره کرد که این دستگاه باید دارای حساسیت بالا نسبت به پسماند اکسیژن بوده و اکسیژن باقیمانده نیز دارای حساسیت کافی به این شاخص‌ها باشد. اکسیژن از طریق نفوذ به داخل بسته‌بندی توسط میکروب‌های طبیعی موجود در ماده غذایی مصرف می‌شود [۳۹].

آگلیس ای^۹ (شرکت گاز شیمیایی میتسوبیشی^{۱۰}) یک جدول شاخص اکسیژن می‌باشد که وجود و یا فقدان اکسیژن را از طریق تغییر رنگ اعلان می‌کند. همچنین این سیستم فقدان اکسیژن (> ۰.۰۱٪) را از طریق تنظیم رنگ صورتی اعلان می‌کند. وجود اکسیژن در عرض پنج دقیقه و یا کمتر از آن تعیین خواهد شد.

۳-۸- تشخیص فرکانس رادیویی (RFID)^{۱۱}

تشخیص فرکانس رادیویی (RFID) یک نوع فناوری تشخیص و شناسایی است که از سنسورهای بی‌سیم برای تشخیص موارد استفاده کرده و داده‌ها را بدون دخالت انسان گردآوری می‌کند. یک RFID براساس تگ‌ها و شناساگرها استوار می‌باشد [۲۶]. اغلب تگ‌های RFID برخی از انواع شماره‌های شناسایی را بر اساس اطلاعات بازیابی شده توسط خوانشگر ذخیره کرده و تطبیق‌پذیری آن را بررسی می‌کنند [۴۰]. تگ‌های RFID دو دسته می‌باشند: فعال و غیرفعال. تگ‌های غیرفعال تکیه بر نیروی تأمین شده توسط خوانشگر دارد. زمانی که امواج رادیویی از خوانشگر خارج می‌شوند توسط تگ RFID غیر فعال، با آنتن نصب شده بر روی یک فیلد مغناطیسی دریافت می‌شود. تگ‌ها انرژی آن را دریافت کرده و اطلاعات کدگذاری شده در حافظه تگ‌ها را ارسال می‌کنند. تگ‌های

- 1- Monitor M3
- 2- Freshness Check M3
- 3- Lifelines Freshness
- 4- Monitor
- 5- Tempix(Tempix AB)
- 6- Integrity
- 7- Davies
- 8- Gardner

- 9- Ageless Eye
- 10- Mitsubishi Chemical Gas Company
- 11- Radio Frequency Detection

شماره ۲۰۰۹/۴۵۰ مقرر می‌دارد که مواد هوشمند و فعال باید دارای برچسب غیرخوراکی باشند تا از هر گونه مصرف احتمالی آن‌ها اجتناب شود. برچسب‌گذاری مواد از هر گونه سوء مصرف توسط مصرف‌کننده ممانعت خواهد کرد. ماده قانونی ۱۲ و ۱۳ نیز مقرر می‌دارد که اطلاعات مربوطه باید در سراسر زنجیره بسته‌بندی از جمله توزیع به مصرف‌کننده در بردارنده نحوه استفاده صحیح از مواد و مصنوعات باشد.

۵- شرایط طراحی و تولید بسته‌بندی‌های هوشمند در کشور

طراحی بسته‌بندی هوشمند در کشور به ویژه در بخش مواد غذایی با موانعی همراه است: اول آنکه فاصله نیاز جامعه در شرایط کنونی و شرایط روز دنیا بسیار زیاد است و دوم اینکه در بهترین شرایط تقاضا همچنان نقاط ضعف و عدم دانش تخصصی کافی در بخش طراحی، تولید و کاربرد وجود دارد. عوامل متعددی را می‌توان به عنوان علل کلیدی در این موضوع مطرح کرد: عدم مهارت کافی طراح، نبود شرایط و زیرساخت لازم، عدم شناسایی صحیح بازار هدف و اختلاف قیمت انواع بسته‌بندی هوشمند با بسته‌بندی‌های مصنوعی موجود در بازار. از سوی دیگر به دلایل متعدد نگرانی‌های زیست محیطی و سلامت مصرف‌کننده و ایمنی محصول کشور باید به سمت تولید و طراحی و استفاده از این نوع بسته‌بندی‌های نوین حرکت و سرمایه‌گذاری کند.

شاید به نظر برخی کارشناسان این حوزه، کمبود امکانات مدرن در بخش مواد اولیه، تولید و طراحی را نیز بتوان جزو کاستی‌ها به حساب آورد، اما در کل فرآیند تولید بسته‌بندی هوشمند در کشور، این موضوع چندان موضوع تأثیرگذاری نیست و همین امکانات موجود نیز کفاف پروژه‌های به مراتب پیچیده‌تر را خواهد داد. با توجه به جدید بودن موضوع بسته‌بندی هوشمند، واحد تولیدکننده صنعتی این محصولات در کشور وجود نداشته و آمار وارداتی هم به ثبت نرسیده است، اما تولید این

RFID نیمه غیرفعال نیز از باتری برای حفظ حافظه خود در تگ استفاده کرده و یا از نیروی برق استفاده می‌کنند که در این صورت امکان تنظیم مغناطیس الکتریکی انتشار یافته توسط آنتن خوانشگر فراهم می‌شود. تگ‌های RFID فعال توسط یک باتری داخلی تأمین نیرو شده و از آن برای اجرای میکرو تراشه‌های مداری و انتشار سیگنال برای خوانشگر استفاده می‌کنند [۲۹].

RFID به طرز موقّعیّت‌آمیزی قابل کاربرد در فرایندهای کنترلی و مدیریت زنجیره تأمین می‌باشد زیرا این سیستم قابلیت تشخیص، دسته‌بندی و مدیریت جریان کالاها را دارا می‌باشد [۵]. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که RFID بسیار پیشرفته‌تر از بارکدهای سیاه و سفید برای پیگیری مواد غذایی می‌باشد [۴۱]. این سیستم امکان رهگیری زنجیره تأمین را فراهم می‌سازد که فرایندهای سریع و خودکار در زنجیره تأمین را رصد کرده و همچنین فرایندهای سریع و خودکار موجود در زنجیره تأمین همچون به اشتراک‌گذاری اطلاعات و مدیریت آن‌ها را فراهم می‌سازد [۴۲]. حسگر غیرانعطاف‌پذیر و غیریکپارچه بر پایه GRID به همراه تگ‌های آن و جهت نظارت بر دما، رطوبت نسبی، مواجهه نور فشار و PH محصولات در بازار و در دسترس قرار دارد. تگ‌ها هر نوع وقفه احتمالی در زنجیره سرد را که می‌تواند برای کیفیت و ایمنی مواد غذایی مضر باشد تعیین می‌کند [۲۹].

۴- وجوه قانونی بسته‌بندی هوشمند

ماده ۳ EC/1935/2004 دلالت بر این واقعیت دارد که مواد بسته‌بندی غذایی نباید اجزای موجود در خود را در هر مقدار و یا کیفیت به ماده غذایی انتقال دهد. مواد می‌توانند تغییر غیر قابل قبول در ترکیب ماده غذایی ایجاد کرده و یا این که منجر به تخریب مشخصه‌های ارگانولپتیک ماده غذایی شوند. طبق مقررات کمیسیون، به شماره ۲۰۰۹/۴۵۰، هر نوع ماده واحد و یا گروهی از مواد و یا ترکیبی از آن‌ها که منجر به افزایش جزء هوشمند فعال شوند باید ایمن بوده و با الزامات این چارچوب مقرراتی به شماره ۲۰۰۹/۱۳۵ و آیین نامه ۲۰۰۹/۴۵۰ همخوانی داشته باشند. ماده ۴ (d) و ۱۱ EC

محصول با هدف جایگزینی با بسته بندی سنتزی مواد غذایی در داخل کشور همراه بازار صادرات مناسب در کشورهای پیشرفته اروپایی و آمریکای و آسیایی، چشم انداز خوبی را برای این صنعت نمایان می سازد.

۶- نقاط قوت و ضعف صنعت بسته بندی کشور

بسته بندی هوشمند همانند پلی ارتباطی میان خریدار و کالا قرار دارد و که به محصول غذایی امنیت می بخشد. همچنین باعث آسودگی خیال مشتری از بابت ایمنی و سلامت محصول می گردد. امروزه بسته بندی محصولات غذایی صادراتی، جدی و مسئله ساز شده که دولت باید به عنوان گامی مثبت در راه گسترش صادرات، تمهیدات و تسهیلاتی را برای انتقال فناوری و ورود تجهیزات لازم بسته بندی های نوین فراهم آورد و حمایت های لازم را از شرکت های دانش بنیان در این زمینه انجام دهد. صنعت بسته بندی در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر، از موقعیت چندان مطلوبی برخوردار نیست. پایین بودن جایگاه ایران در صنعت بسته بندی و نبود چشم انداز روشنی از رشد این صنعت می تواند تبعات منفی برای اقتصاد کشور به دنبال داشته باشد [۴۳]. صنعت بسته بندی به عنوان توانمندساز بخش های اقتصادی عمل می کند. ضعف در این صنعت می تواند آسیب های جدی به سایر بخش های اقتصادی وارد سازد.

مطالعه همه جانبه وضعیت بسته بندی های نوین در کشور و تحلیل نقاط قوت و ضعف آن و ترسیم نقشه راهی بلند مدت برای حمایت از صنعت بسته بندی در کشور با توجه به اینکه در آینده بسیاری از مصرف کنندگان به تبعات زیست محیطی صنعت بسته بندی حساسیت بیشتری از خود نشان خواهند داد. از این رو، جهت پاسخ به این نیازها و ایجاد توازن بین الزامات توسعه ای این صنعت و تبعات زیست محیطی آن، تمرکز بر روی به بسته بندی سازگار با محیط زیست و ایمن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. راهکارهای لازم جهت معرفی و توسعه بسته بندی هوشمند در کشور:

- افزایش آگاهی های عمومی در خصوص بسته بندی هوشمند مواد غذایی از طریق برگزاری نمایشگاه ها و دوره های آموزشی؛

- مبادله تجارب فنی با دیگر کشورها و سازمان های

بین المللی؛

- انتقال فناوری و دانش فنی از کشورهای پیشرو؛

- حمایت از ایده ها و طرح ها و تبدیل ایده به محصول؛

۷- مزیت نسبی کاربرد بسته بندی هوشمند مواد غذایی در کشور

بسته بندی های هوشمند مواد غذایی علاوه بر تأمین ایمنی و سلامت محصول غذایی جهت استفاده مصرف کننده، روشی مناسب جهت حفظ کیفیت محصول غذایی می باشد. از این رو باید گفت که ضرورت استفاده از بسته بندی هوشمند، حفظ کیفیت محصول، کاهش ضایعات، کاهش مصرف انرژی در فرآیند نگهداری، توزیع و پخش محصول غذایی است. بررسی بازار محصولات طرح نشان می دهد که هر چند در سال های گذشته این محصولات فاقد تولید داخل بوده اند، اما مزیت های بازار این محصولات، پتانسیل تقاضا برای مصرف آن ها در بازارهای داخلی و جهانی وجود داشته و نیازهای آینده این صنعت جهت تولید بسته بندی های هوشمند از سطح بسیار بالایی برخوردار می باشد.

۸- نتیجه گیری

بسته بندی هوشمند و فعال در سال های اخیر بسیار توسعه یافته است که این فناوری ها به صورت تجمعی در سیستم های بسته بندی قرار گرفته تا الزامات زنجیره تأمین را فراهم سازند. اتخاذ رویه های مناسب بسته بندی توسط صنایع غذایی می تواند در افزایش ماندگاری محصول، ارتقای کیفی آن، ایمنی نقش داشته و اطلاعات مفیدی را در رابطه با محصول ارائه دهد. تحقیقات انجام شده در رابطه با فناوری های بسته بندی هوشمند می تواند منجر به ارتقای بیشتر سیستم های موجود شود. در آینده فرصت-

- poultry products. In: Kerry J, Butler P (eds) **Smart packaging technologies for fast moving consumer goods,** John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England, pp. 33-59.
9. Kerry JP, O'Grady MN, Hogan SA (2006). "Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review," *Meat Sci* 74:113-130.
 10. Floros JD, Dock LL, Han JH (1997). "Active packaging technologies and applications," *Food Chem Drug Packag* 20:10-17.
 11. Day BPF (2008). "Active packaging of food. In: Kerry J, Butler PJ (eds) **Smart packaging technologies for fast moving consumer goods,**" Wiley and sons Ltd, West Sussex, England.
 12. Lopez-Rubio A, Almenar E, Hernandez-Munoz P, Lagaron JM, Catala R, Gavara R (2004). "Overview of active polymer based packaging technologies for food applications," *Food Rev Int* 20(4):357-387.
 13. Labuza TP (1996). "An introduction to active packaging for foods," *Food Technol* 50:68-71.
 14. Sivertsvik M, Jeksrud WK, Vagane A, Rosnes JT (2004). "Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non respiring foods," Development and validation of experimental apparatus using a monometric method *J Food Eng* 61:449-458.
 15. Hotchkiss J (1997). "Food packaging interactions influencing quality and safety," *Food Addt Contam* 14(6):601-607.
 16. Smith JP, Hoshino J, Abe Y (1995). "Interactive packaging involving sachet technology. In: Rooney ML (ed) **Active food packaging,**" Blackie

های سودمندی برای بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی فراهم خواهد شد که مزایای بسیاری را نسبت به روش‌های مرسوم برای مصرف‌کنندگان به دنبال خواهد داشت.

۹- منابع

1. Robertson G (2006). "Food packaging principles and practices," Taylor & Francis, Boca Raton, Fla.
2. Yam KL, Takhistov PT, Miltz J (2005). "Intelligent packaging: concepts and applications," *J Food Sci* 70:1-10.
3. Rooney ML (1995). "Overview of active food packaging. In: Rooney ML(ed) **Active food packaging,**" Blackie Academic & Professional, Glasgow, pp 1-37.
4. Miltz J, Passy N, Mannheim CH (1995). "Trends and applications of active packaging systems. In: Jagerstad M, Ohlsson M (eds) **AckermanP. Food and packaging materials-Chemical interaction,**" The Royal Society of Chemistry, London, England, pp. 201-210.
5. Jouki, M., Yazdi, FT., Mortazavi, SA., Koocheki, A. (2014). "Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets," *International journal of food microbiology*, 174, 88-97.
6. Sivertsvik M (2007). "Lessons from other commodities: Fish and meat. In: Wilson CL (ed) **Intelligent and active packaging for fruits and vegetables,**" CRC press, Boca Raton, London, pp. 151-161.
7. Brody AL, Strupinsky ER, Kline LR (2001). "Odor removers. In: Brody AL, Strupinsky ER, Kline, LR, (ed) **Active Packaging for Food Applications,**" Technomic Publishing Company Inc, Lancaster, PA, p 107-117.
8. Hogan SA, Kerry JP (2008). "Smart packaging of meat and

26. Hoshino A, Osanai T, inventors (1986). **“Packaging films for deodorization,”** Japanese patent 86209612.
27. D, Spizzirri UG, Parisi O, Cirillo G, Curcio M, Iemma F, Puoci F, Vinci G, Picci N (2010). **“New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications,”** Food Control 21:1425–1435.
28. Heising JK, Dekker M, Bartels PV, Van Boekel MA (2014). **“Monitoring the quality of perishable foods: opportunities for intelligent packaging,”** Crit Rev Food Sci Nutr 54(5):645–654.
29. Vanderroost M, Ragaert P, Devlieghere F, Meulenaer BD (2014). **“Intelligent foodpackaging: The next generation,”** Trends Food Sci Technol 39:47–62.
30. Alocilja EC, Radke SM (2003). **“Market analysis of biosensors for food safety,”** Biosens Bioelectron 18:841–846.
31. Arvanitoyannis IS, Stratakos AC (2012). **“Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: A review,”** Food Bioprocess Tech 5(5):1423–1446.
32. Devi R, Yadav S, Nehra R, Yadav S, Pundir CS (2013). **“Electrochemical biosensor based on gold coated iron nanoparticles/chitosan composite bound xanthine oxidase for detection of xanthine in fish meat,”** J Food Eng 115(2):207–214.
33. Pospiskova K, Safarik I, Sebela M, Kuncova G (2013). **“Magnetic particles-based biosensor for biogenic amines using an optical oxygen sensor Academic and Professional, London, UK, pp. 143–173.”**
17. Brody AL, Bugusu B, Han JH, Sand CK, Mc Hugh T (2008). **“Innovative food packaging solutions,”** J Food Sci 73 (8): R 107–116.
18. Cuq B, Gontard N, Guilbert S (1995). **“Edible films and coatings as active layers. In: Rooney ML (ed) Active food Packaging,”** Blackie Academic and Professional, Glasgow, UK, pp. 111–142.
19. Ming X, Weber GH, Ayres JW, Sandine WE (1997). **“Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit Listeria monocytogenes on meats,”** J Food Science 62(2):413–415.
20. Dawson PL, Han IY, Padgett TR (1997). **“Effect of lauric acid on nisin activity in edible protein packaging film,”** Poultry Sci 76-74.
21. Vermeiren L, Devlieghere F, Van Beest M, de Kruijf N, Debevere J (1999). **“Developments in the active packaging of foods,”** Trends Food Sci Tech 10:77–86.
22. Hong H, Dang J, Tsai Y, Liu C, Lee W, Chen P (2011). **“An RFID application in the food supply chain: A case study of convenience stores in Taiwan,”** J Food Eng 106:119–126.
23. Wessling C, Nielsen T, Leufven A, Jagersstad M (1998). **“Mobility of α -tocopherol and BHT in LDPE in contact with fatty food stimulants,”** Food Addit Contam 15:709–715.
24. Abeles FB, Morgan PW, Saltveit ME (1992). **“Ethylene in plant biology,”** Academic press Inc, San Diego, California.
25. Morris SC (1999). **“Odour proof package,”** Patent No WO1999025625A1 Nachay K (2007). **“Analyzing nanotechnology,”** Food Technol 61(1):34–36.

43. Iran-Germany Chamber of Commerce and Industries, News and Reports, (1399). **“Perspective No. 102 of Printing and Packaging Industry in Iran,”** (<https://iran.ahk.de/>).

آدرس نویسنده

تهران - گروه علوم و صنایع غذایی - دانشکده
علوم زیستی - واحد تهران شمال - دانشگاه آزاد
اسلامی - تهران - ایران

- as a transducer,” *Microchem Acta* 180:311-318.
34. Wolfbeis OS, List H (1995). **“Method for quality control of packaged organic substances and packaging material for use with this method,”** US Patent 5407829.
35. Kuswandi B, Jayus RA, Oktaviana R, Abdullah A, Heng LY (2014). **“A novel on-package sticker sensor based on methyl red for real-time monitoring of broiler chicken cut freshness,”** *Packag Technol Sci* 27(1):69-81.
36. Varcode (2014). **“Fresh Code™ label,”** <http://www.varcode.com/?CategoryID=158&ArticleID=178>. Accessed 14 September 2014.
37. Realini CE, Marcos B (2014). **“Active and intelligent packaging systems for a modern society,”** *Meat Sci* 98:404-419.
38. Jung J, Puligundla P, Ko S (2012). **“Proof-of-concept study of chitosanbased carbon dioxide indicator for food packaging applications,”** *Food Chem* 135(4):2170-2174.
39. Mattila-Sandholm T, Ahvenainen R, Hurme E, Jaarvi-Kaariainen, T, inventors (1998). **“Oxygen sensitive colour indicator for detecting leaks in gas protected food packages,”** European Patent EP0666977.
40. Todorovic V, Neag M, Lazarevic M (2014). **“On the Usage of RFID Tags for tracking and monitoring of shipped perishable goods,”** *Procedia Engineering* 69:1345-1349.
41. Jones P, Clarke-Hill C, Shears P, Comfort D, Hillier D (2004). **“Radio frequency identification in the UK: opportunities and challenges,”** *Int J Retail Distrib Manag* 32(3):164-171.
42. Tajima M (2007). **“Strategic value of RFID in supply chain management,”** *J Purch Supply Manag* 13:261-273.