

کاربرد بسته‌بندی هوشمند و فعال در بسته‌بندی نان و سایر محصولات پخت

سارا آقاچان زاده سورکی^۱، یحیی مقصدلو^۲

تاریخ دریافت مقاله: آبان ماه ۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۲

چکیده

بسته‌بندی‌های دارای برچسب شناسایی امواج رادیویی^۳ و نیز بسته‌بندی‌های مجهز به شناساگر دما - زمان^۴ از دیگر انواع بسته‌بندی‌های هوشمند به شمار می‌روند. در این مقاله به بررسی اجمالی نقش و مکانیسم عمل بسته‌بندی‌های هوشمند نان و سایر محصولات پخت پرداخته می‌شود.

مواد غذایی در صورت وجود فرصت کافی، به‌خصوص زمانی که در شرایط نامطلوب قرار می‌گیرند، دچار فسادهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی می‌شوند. در صورت بروز فساد در نان و سایر محصولات پخت، عمر ماندگاری و کیفیت محصول کاهش می‌یابد. در نتیجه علاوه بر ایجاد خطر برای سلامت مصرف‌کننده، می‌تواند منجر به بروز زیان‌های اقتصادی قابل توجهی نیز شود. از این‌رو، باید گفت توجه به بسته‌بندی به‌عنوان پوشش و محافظ در برابر عوامل خارجی و نیز به‌عنوان ابزاری جهت آگاهی‌رسانی به مصرف‌کننده از لحاظ کیفیت محتوا، یکی از ضروریات صنعت تولید، بسته‌بندی نان و سایر محصولات پخت به شمار می‌رود. با پیشرفت صنایع بسته‌بندی و شناخت جایگاه آن در بازار مصرف، به تدریج استفاده از بسته‌بندی‌های هوشمند، جایگزین بسته‌بندی‌های سنتی شده‌است. بسته‌بندی فعال، دسته‌ای از بسته‌بندی‌های هوشمند به‌شمار می‌روند که انواع پرکاربرد آن در بسته‌بندی محصولات پخت، شامل بسته‌بندی دارای جاذب اکسیژن و رطوبت، بسته‌بندی دارای رهاساز اتانول و بسته‌بندی دارای جاذب طعم و بو می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

نان و محصولات پخت، بسته‌بندی هوشمند^۵ و فعال^۶.

۱- مقدمه

از نظر ارزش غذایی و خواص حسی، نان به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین فرآورده‌ها به‌شمار می‌رود. مدت زمان ماندگاری^۷ نان، توسط عواملی از قبیل رشد قارچ‌ها، افت رطوبت و بیاتی محدود می‌شود که براساس بررسی‌های انجام گرفته توسط محققین در سال (۱۹۹۱) ۶۰٪ آن به دلیل رشد و فعالیت کپک‌های اسپرژیلوس نیگر^۸ و پنسیلیوم^۹ است، در حالی که نقش مخمرها در این بین، تنها ۱۵٪ گزارش شده‌است [۱ و ۲]. در کنار رشد ظاهری، قارچ‌ها عامل ایجاد بوی نامطبوع و تولید

3- Radio-frequency identification

4- Time-temperature indicator

5- Intelligent packaging

6- Active packaging

7- Shelf life

8- Aspergillus nige

9- Penicillium

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

(* نویسنده مسئول: saraaghajanzadeh@yahoo.com)

۲- دانشیار دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

همان‌گونه که بیان شد با استفاده از انواع بسته‌بندی‌های هوشمند، افزایش مدت زمان ماندگاری محصول و اطمینان از سلامت آن، که از دغدغه‌های اصلی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان مواد غذایی مختلف از جمله نان و سایر محصولات پختنی به‌شمار می‌رود، تأمین می‌شود.

۲- جاذب اکسیژن

حضور اکسیژن در بسته‌بندی، موجب بروز اثرات نامطلوب از جمله تشدید و تسریع وقوع واکنش‌های اکسیداسیون^۵ و رنسدیتی^۶ و آنزیمی، رشد میکروارگانیزم‌های هوازی^۷ و افزایش افت مواد مغذی می‌شود [۴]. از این‌رو کنترل میزان اکسیژن موجود در بسته‌های مواد غذایی، حائز اهمیت است. در گذشته اثر بسته‌بندی تحت خلأ و یا بسته‌بندی دارای اتمسفر کنترل‌شده^۸ بر کیفیت محصولات مختلف پخت مانند انواع نان از قبیل گندم، جو، هات داگ و سویا مورد بررسی قرار گرفته است [۱، ۷ و ۸]. در بررسی‌های انجام شده مشخص شده است که نان به دلیل داشتن خلل و فرج فراوان، تمایل به حفظ اکسیژن در ساختار خود می‌باشد [۳]. در نتیجه جهت حذف و یا کنترل کامل این گازها، استفاده از جاذب‌های اکسیژن روشی کارآمد است [۳ و ۹].

محققان (۲۰۰۳) بیان کرده‌اند که با استفاده از اتمسفر اصلاح‌شده به همراه جاذب‌های اکسیژن دارای قابلیت مناسب جذب، می‌توان مانع از رشد کپک‌ها و در نتیجه افزایش مدت زمان ماندگاری کیک شد [۱۰]. در واقع این نوع جاذب‌ها با جذب اکسیژن به طریق شیمیایی و ایجاد شرایط بی‌هوازی، باعث به تأخیر انداختن رشد میکروارگانیزم‌های هوازی و همچنین جلوگیری از تغییرات اکسیداتیو^۹ نامطلوب مؤثر بر ویژگی‌های حسی فرآورده در طول مدت زمان نگهداری می‌شوند [۱۱].

مایکوتوکسین‌ها^۱ نیز می‌باشند که در زمان عدم رؤیت آثار رشد آن‌ها هم ممکن است تولید شوند [۱]. گرچه طی فرآیند پخت محصول، قارچ‌ها از بین می‌روند، اما ممکن است این مشکلات در زمان خنک کردن و بسته‌بندی نیز بروز نمایند [۳]. از این‌رو، انتخاب بسته‌بندی مناسب برای این دسته از محصولات، امری حائز اهمیت است.

بسته‌بندی هوشمند علاوه‌بر حفاظت و نگه‌داری ماده غذایی، باعث کاهش اثر عوامل محیطی بر ماده غذایی و در نتیجه افزایش عمر ماندگاری محصول می‌شود. بسته‌بندی فعال، زیر مجموعه‌ای از بسته‌بندی هوشمند است که با وارد ساختن ترکیبات فرعی به ترکیبات سازنده بسته‌بندی و یا فضای خالی^۲ آن باعث حفاظت و افزایش مدت زمان ماندگاری محصول می‌شود [۴]. برای مثال با توجه به این که میزان رطوبت و اکسیژن دو عامل بسیار مهم در رشد کپک‌ها به شمار می‌روند، می‌توان با استفاده از بسته‌بندی‌های فعال دارای جاذب اکسیژن و رطوبت، سرعت بروز این نوع فسادها را کاهش داد [۵]. بسته‌بندی‌های دارای رهاساز اتانول^۳، نوع دیگری از بسته‌بندی‌های فعال می‌باشند که علاوه‌بر کاهش سرعت فساد، روند بیاتی نان را نیز به تعویق می‌اندازند. همچنین می‌توان با استفاده از بسته‌بندی‌های فعال دارای جاذب بو، باعث حفظ و یا بهبود ویژگی‌های حسی^۴ محصول شد. از انواع دیگر بسته‌بندی‌های هوشمند، می‌توان به بسته‌بندی‌های دارای برچسب شناسایی امواج رادیویی و بسته‌بندی‌های مجهز به شناساگر دما- زمان اشاره نمود. برچسب شناسایی امواج رادیویی، ابزاری پیشرفته در زمینه انتقال اطلاعات جهت شناسایی و ردیابی محصول است. شناساگرهای دما- زمان، نقشی اساسی در نشان دادن سلامت و تازگی محصول دارند. همچنین این ابزار جهت برآورد عمر مفید باقی‌مانده محصولات فاسدشدنی و شناسایی محصولات سالم و مناسب مصرف، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴].

5- Oxidation

6- Rancidity

7- Aerobic microorganism

8- Modified atmosphere packaging (MAP)

9- Oxidative

1- Mycotoxin

2- Head space

3- Ethanol emitter

4- Sensory properties

در حال حاضر، انواع مختلفی از جاذب‌های اکسیژن به فرم بالشتک^۱ و یا در ترکیب با ماده بسته‌بندی در دسترس می‌باشند، اما استفاده از جاذب اکسیژن به صورت بالشتک مرسوم‌تر است. این بالشتک‌ها در اندازه‌های مختلف به منظور جذب اکسیژن در بسته‌بندی محصولات غذایی قرار داده می‌شوند (شکل ۱).



شکل ۱- بالشتک‌های جاذب اکسیژن (۸)

بالشتک‌های جاذب اکسیژن در اندازه‌های مختلف به منظور جذب اکسیژن در بسته‌بندی محصولات غذایی قرار داده می‌شوند. اندازه مناسب این بالشتک‌ها را می‌توان با تخمین میزان اکسیژن موجود در زمان بسته‌بندی (A) با استفاده از رابطه (۱) تعیین نمود:

رابطه (۱):

$$A = \frac{(V - P) \times [O_2]}{100}$$

در رابطه فوق:

V: حجم نهایی بسته حاوی محصول برحسب میلی‌متر،

P: وزن نهایی بسته حاوی محصول برحسب گرم،

[O₂]: میزان اولیه اکسیژن در بسته حاوی محصول است

که اغلب برابر میزان اکسیژن هوا یعنی حدود ۲۱ درصد در نظر گرفته می‌شود.

از طرفی نیاز به تخمین حجم احتمالی اکسیژن عبوری از جداره بسته‌بندی طی زمان نگهداری (B) می‌باشد که میزان این انتقال از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

رابطه (۲):

$$B = S \times P \times D$$

در رابطه فوق:

S: مساحت بسته‌بندی برحسب متر مربع،

P: میزان نفوذپذیری بسته‌بندی طی ۲۴ ساعت

برحسب میلی‌متر بر متر مربع،

D: مدت زمان ماندگاری محصول برحسب روز است.

میزان اکسیژنی که باید توسط جاذب اکسیژن موجود در بسته جذب شود با افزودن حجم احتمالی اکسیژن عبوری از جداره بسته‌بندی طی زمان نگهداری (B) به میزان اکسیژن موجود در زمان بسته‌بندی (A) تخمین زده می‌شود. در نهایت برحسب اندازه بالشتک‌های در دسترس می‌توان تعداد مورد نیاز از آن‌ها را نیز تخمین زد [۱۳ و ۱۴].

ترکیبات جاذب اکسیژن می‌توانند به طور مستقیم در ترکیب بسته‌بندی مانند فیلم‌های قابل انعطاف، پلاستیک‌های سخت و درب‌پوش‌ها شرکت کنند. روش‌های جذب اکسیژن در این نوع جاذب‌ها بسیار شبیه به انواع بالشتکی است.

جاذب‌های اکسیژن با پایه فلز از مرسوم‌ترین نوع این جاذب‌ها به شمار می‌روند [۱۵]. در این نوع جاذب‌ها، پودر آهن با پلی‌مر جاذب اکسیژن مانند پلی‌اتیلن دانسیته پایین^۲ ترکیب می‌شود. همچنین جهت فعال‌سازی فیلم‌های حاوی آهن به مقداری رطوبت نیاز است که از محصول غذایی و یا فرایند سالم‌سازی آن مانند اتوکلاو کردن^۳ تأمین می‌گردد [۵].

تخمین زده می‌شود که هر گرم آهن، توانایی واکنش با ۳۰۰ میلی‌لیتر اکسیژن را داراست، از این‌رو، در صورت مشخص بودن میزان اکسیژن موجود در بسته‌بندی و اکسیژن ورودی می‌توان جاذب مناسب جهت حذف کامل اکسیژن موجود در بسته‌بندی را طی مدت زمان نگهداری انتخاب نمود [۱۵].

2- Low density polyethylene

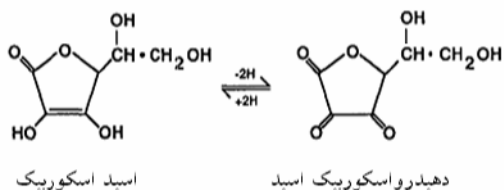
3- Autoclave

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

1- Sachet

جامد به فرم پودری و بسته‌بندی کردن آن، جاذب اکسیژن تولید می‌شود [۱۶].

جاذب دیگر اسید اسکوربیک^۵ است که با اکسیژن در حضور کاتالیزور فلزی، اکسید شده و به ترکیبی بی‌خطر یعنی دهیدرواسکوربیک^۶ تبدیل می‌شود (شکل ۲)، اما به دلیل کندی وقوع این واکنش، اغلب از نور و یا یک فلز واسطه مانند مس به عنوان کاتالیزر استفاده می‌شود [۱۷].



شکل ۲- واکنش تبدیل اسید اسکوربیک به دهیدرو اسکوربیک اسید (۱۸)

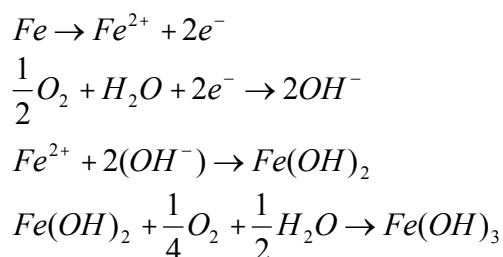
جاذب‌های اکسیژن بر پایه‌ی اسید اسکوربیک و نمک‌های اسکوربات به صورت بالشتک و فیلم در دسترس می‌باشند. فیلم حاوی این نوع جاذب اکسیژن می‌تواند حاوی فلز واسطه‌ای باشد که پس از جذب رطوبت ماده غذایی موجود در بسته، فعال شود.

نتایج مطالعات مختلف بیان‌کننده عدم محدودیت در کاربرد این نوع جاذب‌ها به منظور افزایش مدت زمان ماندگاری محصولات پخت می‌باشد چرا که در شرایط بررسی شده، هیچ نوع واکنش مضر برای مصرف‌کنندگان، میان محصولات پخت و سامانه بسته‌بندی گزارش نشده است. همچنین در ارزیابی‌های حسی انجام شده، مشخص گردید که استفاده از این نوع جاذب‌ها موجب جلوگیری از تشکیل طعم‌های نامطلوب ناشی از رنسدیتی در طی مدت زمان نگه‌داری محصول می‌شود [۱۹].

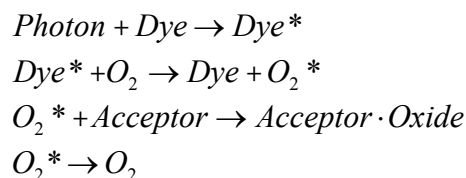
اما این نوع جاذب‌ها دارای محدودیت‌هایی مانند نشت محتویات بالشتک‌ها و آلوده ساختن محصول می‌باشند. استفاده از نانوفناوری جهت تثبیت و به تأخیر انداختن

- 5- Ascorbic acid
- 6- Dehydrascorbic acid

مکانیسم جذب اکسیژن در این نوع جاذب‌ها به صورت زیر می‌باشد:



اما این جاذب‌ها در محصولات با میزان رطوبت پایین مانند نان و سایر فراورده‌های پخت دارای مکانیسم فعال‌سازی متفاوتی می‌باشند. برای مثال، واکنش می‌تواند توسط فوتون‌های^۱ رنگی در فیلم آغاز شود، اما به دلیل کندی واکنش آهن با اکسیژن در حالت پایه نیاز است که ابتدا اکسیژن برانگیخته شود. از این‌رو همانند واکنش نشان داده شده در زیر فوتون‌های رنگی که با قرارگیری فیلم در معرض اشعه ماوراء بنفش تحریک شده‌اند با دادن انرژی اضافی خود به اکسیژن، آن را به فرم یگانه تبدیل می‌سازند و از این طریق واکنش میان اکسیژن و پذیرنده‌های آن را ممکن می‌سازند.



اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید اولئیک^۲ و اسید لینولئیک^۳ به دلیل عدم نیاز به رطوبت برای فعال‌سازی، روشی کارآمد جهت حذف اکسیژن داخل بسته‌بندی می‌باشد. این اسیدهای چرب ابتدا به روغن‌هایی مانند روغن سویا، کنجد و غیره افزوده شده و پس از ترکیب با حامل مناسب مانند کربنات کلسیم و کاتالیزور^۴ فلزی به صورت ماده‌ای جامد تبدیل می‌شود. پس از تبدیل این ماده

- 1- Photon
- 2- Oleic acid
- 3- Linoleic acid
- 4- Catalyst

مهاجرت^۱ و نفوذ ترکیبات جاذب و جلوگیری از ایجاد بدطعمی محصول، روش مؤثری به‌شمار می‌رود [۵]. همچنین در صورت حضور این نوع جاذب‌ها، پاتوژن‌های بی‌هوازی^۲ قادر به رشد می‌باشند، اما خطر اصلی، مربوط به از بین رفتن میکروارگانیسم شاخص هوازی است. در نتیجه اطمینان از سلامت محصول و استفاده از فناوری هردل^۳ توسط تولیدکنندگان، برای برخی از این محصولات امری اجتناب‌ناپذیر است.

تثبیت میکروارگانیسم‌های هوازی روی یک بستر پلی‌مری روشی مؤثر در جذب اکسیژن می‌باشد. فرایند تولید این نوع از جاذب‌های اکسیژن شامل تثبیت میکروارگانیسم هوازی روی یک بستر پلی‌مری مناسب مانند آلژینات، آگار و ژلاتین و حفظ فیلم تهیه‌شده به صورت کاملاً خشک تا زمان مصرف است. فیلم پس از قرارگرفتن در بسته‌بندی و جذب رطوبت ماده غذایی فعال می‌شود. استفاده از این روش علاوه بر اقتصادی بودن برای سلامت مصرف‌کننده خطری نداشته و سازگار با محیط زیست نیز می‌باشد [۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴].

۳- جاذب رطوبت و ماده افزودنی ضدمه

وجود رطوبت در بسته‌بندی نان و سایر محصولات پخت، موجب نرمی بافت و همچنین ایجاد شرایط مناسب جهت رشد کپک‌ها می‌شود. از طرفی حذف بیش از حد رطوبت، باعث خشک شدن نامطلوب محصول و همچنین مساعد شدن شرایط جهت اکسیداسیون می‌شود [۲۵]. جهت کنترل میزان رطوبت موجود در بسته‌بندی این گروه از محصولات، می‌توان از ترکیباتی از قبیل دسیکانت‌ها^۴ مانند ژل‌های سیلیکا^۵، خاک رس‌های طبیعی، اکسید کلسیم، کلراید کلسیم و نشاسته تعدیل‌شده به عنوان جاذب رطوبت در

ترکیب با فیلم‌های بسته‌بندی و یا به صورت بالشتک استفاده نمود [۱۵].

۴- رهاساز اتانول^۶

به دلیل اثر ممانعت‌کنندگی اتانول بر رشد کپک‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها و همچنین به تأخیر انداختن روند بیاتی نان و محصولات مشابه، استفاده از بسته‌بندی‌های دارای رهاساز اتانول به عنوان روشی مؤثر، رایج شده است [۲۶ و ۲۷]. مزیت استفاده از بسته‌بندی‌های دارای رهاساز اتانول نسبت به اسپری کردن^۷ مستقیم اتانول روی سطح محصول در این است که رهاسازی تدریجی اتانول در طی مدت زمان نگهداری، به صورت مؤثرتری از رشد کپک‌ها در سطح محصول جلوگیری می‌نماید و از طرفی منجر به بدطعمی و مهاجرت اتانول از سطح محصول به داخل آن نیز نمی‌گردد [۵].

با توجه به فرارپذیری اتانول، ترکیب آن با فیلم بسته‌بندی مشکل است. برای حل این مشکل، از روش انکپسوله کردن^۸ اتانول در سیکلودکسترین‌ها^۹ استفاده می‌شود. سیکلودکسترین‌ها توانایی به دام انداختن مولکول‌های فرار و در نتیجه کاهش فرارپذیری آن‌ها را دارا می‌باشند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که افزودن میزان کمی سدیم لوریل سولفات^{۱۰} موجب افزایش راندمان کپسوله کردن اتانول و نیز کاهش میزان دکسترین^{۱۱} مورد نیاز برای تولید آن می‌شود. روش جدید، دیگر استفاده از بالشتک‌های رهاساز اتانول است که اتانول متصل به این جاذب‌ها با جذب رطوبت غذا توسط پودرهای جاذب رطوبت به صورت تدریجی به فضای خالی بسته آزاد می‌شود.

در بررسی انجام شده توسط محققین (۲۰۰۲) مشخص شد که استفاده از رهاساز اتانول در بسته‌بندی کلوچه،

- 6- Etanol
- 7- Spray
- 8- Encapsulation
- 9- Cyclodextrin
- 10- Sodium lauryl sulfate
- 11- Dextrin

- 1- Migratory
- 2- Anaerobic pathogen
- 3- Hurdle
- 4- Dsykant
- 5- Silica gel

در این جاذب‌ها، به اندازه، قطبیت جاذب و مولکول‌های گازی مولد طعم و بو، میزان تخلخل مواد جاذب، دما و رطوبت نسبی محل نگهداری بستگی دارد.

۶- برچسب شناسایی امواج رادیویی

برچسب شناسایی امواج رادیویی در واقع، سامانه شناسایی بی‌سیم است که قادر به انتقال اطلاعات ذخیره شده در بخش تگ^۶ به یک بازخوان^۷ با استفاده از سیگنال‌های الکترونیکی^۸ و الکترومغناطیسی^۹ است (شکل ۳).



شکل ۳- چگونگی عملکرد برچسب‌های شناسایی امواج رادیویی [۵].

به طور کلی، سه نوع تگ غیرفعال^{۱۰}، نیمه فعال^{۱۱} و فعال^{۱۲} وجود دارد. تگ‌های غیرفعال، هیچ نوع منبع تولید انرژی درونی نداشته و انرژی خود را توسط آنتن^{۱۳} و از طریق سیگنال‌های دریافتی از بازخوان کسب می‌کنند. در تگ‌های نوع نیمه‌فعال، باتری کوچکی جهت تأمین انرژی مورد نیاز تعبیه شده‌است. تگ‌های نوع فعال دارای منبع انرژی داخلی و همچنین توانایی انتقال اطلاعات به فواصل دورتر می‌باشند.

اطلاعات ذخیره شده توسط این نوع برچسب‌ها، شامل کد کالا، محل ذخیره، نگهداری، تولید، تاریخ مصرف،

موجب به تأخیر انداختن رشد قارچ‌ها و در نتیجه افزایش مدت زمان ماندگاری محصول می‌شود [۲۸]. اثر رهاساز اتانول به همراه جاذب اکسیژن در محصولات پخت مانند نان جو و گندم دوروم^۱ با هدف افزایش مدت زمان ماندگاری مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۲۶ و ۲۷]. برای مثال در مطالعه انجام‌شده توسط محققین (۲۰۱۰)، روی بسته‌بندی نان گندم استفاده از رهاساز، موجب افزایش ۲۴ روز و استفاده از رهاساز اتیلن به همراه جاذب اکسیژن، موجب افزایش حداقل ۳۰ روز در مدت زمان ماندگاری محصول شده‌است [۲۹].

۵- جاذب طعم و بو

هدف استفاده از جاذب طعم و بو، جذب مولکول‌های گازی ناخواسته مانند مولکول‌های فرار ناشی از واکنش‌های شیمیایی و میکروبی نامطلوب است. اگر حذف طعم و بو به صورت انتخابی انجام گیرد نه تنها اثر مخربی بر کیفیت ماده غذایی ندارد بلکه موجب بهبود ویژگی‌های حسی آن نیز می‌شود [۵ و ۱۲]. حذف بوهای نامطبوع ناشی از آلدئیدهای^۲ حاصل از اتواکسیداسیون^۳ چربی‌ها و روغن‌های موجود در ترکیب نان و سایر محصولات پخت با استفاده از فناوری کنترل بو و مزه بر پایه غربال مولکولی انجام می‌گیرد. روش دیگر، استفاده از پودرهای ژئولیت^۴ آلومینوسیلیکات سنتتیک^۵ با قابلیت جذب بو در ساختار بسیار متخلخل خود است [۳۰]. این جاذب‌ها به صورت فیلم، بالشتک و برچسب در دسترس می‌باشند.

جاذب‌های طعم و بو، تخلخل و سطح زیادی دارند بنابراین اگر سرعت جذب در آن‌ها پایین باشد، باز هم قادر به حذف میزان زیادی از مولکول‌های گازی نامطلوب می‌باشند. نرخ و حداکثر قابلیت جذب این نوع جاذب‌ها با تغییر ضخامت فیلم، قابل کنترل است. سرعت و میزان جذب

- 6- Tag
- 7- Reader
- 8- Electronic signal
- 9- Electromagnetic signal
- 10- Passive
- 11- Semi-passive
- 12- Active
- 13- Antenna

- 1- Durum wheat
- 2- Aldehyde
- 3- Autoxidation
- 4- Zeolite
- 5- Synthetic aluminosilicate



شکل ۴- برچسب شناساگر دما- زمان جهت تشخیص سریع تازگی محصول [۵].

عکس‌العمل این شناساگرها (که معمولاً به صورت برچسب روی بسته‌بندی تعبیه می‌شوند) به تغییرات دما می‌تواند بر اساس تغییرات مکانیکی، شیمیایی و آنزیمی با سوبسترای اختصاصی آن و یا میکروبی باشد که به صورت ظهور و یا افزایش شدت رنگ (شکل‌های ۵ و ۶) در برچسب قابل مشاهده است [۴]. همچنین میزان تغییر رنگ به میزان افزایش و یا کاهش دما بستگی دارد.



شکل ۵- تغییر شدت و اشاعه رنگ در امتداد خط راست نشانگر تغییرات دمایی در شناساگر دما-زمان [۵].



شکل ۶- افزایش شدت رنگ در مرکز دایره نشانگر تغییرات دمایی در شناساگر دما-زمان [۵].

قطعات، مواد تشکیل دهنده و حمل و نقل‌های صورت گرفته کالا است [۴]. از این رو، برچسب شناسایی امواج رادیویی دارای کاربردهای مختلفی در زمینه شناسایی، ردیابی و تسریع در جابه‌جایی محصول است.

این برچسب‌ها دارای مزایای بسیاری مانند امکان خوانده شدن چندین تگ به طور هم‌زمان توسط یک بازخوان، داشتن اندازه‌ای کوچک، داشتن ظرفیت بالا جهت ردیابی و ذخیره‌سازی اطلاعات، توانایی خوانده و نوشته شدن مجدد می‌باشند. تگ‌ها موجود در این سامانه ممکن است در هر اندازه و شکلی طراحی شود که انتخاب آن بر اساس نوع محصول، هزینه و میزان مقاومت مورد نیاز در برابر عواملی مانند حرارت و رطوبت انجام می‌گیرد، اما این برچسب‌ها، معایبی از قبیل قیمت بالا، امکان بروز تداخل به دو صورت تداخل در تگ‌ها (زمانی که چندین تگ در محفظه‌ای کوچک قرار گیرند) و تداخل در بازخوان‌ها (تداخل در سیگنال‌های ارسالی از چندین دستگاه بازخوان) و افزایش امکان سرقت کالا در صورت فعال بودن برچسب‌ها پس از خرید را دارند.

۷- شناساگر دما - زمان

مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر وقوع واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی دما است، از این رو، جهت کنترل تغییرات دمایی، استفاده از بسته‌بندی‌های مجهز به شناساگر دما-زمان توصیه می‌شود (شکل ۴).

این شناساگرها دارای کاربردهای زیادی از جمله نظارت بر شرایط نگهداری، تأیید سلامت، تازگی و برآورد عمر مفید باقی مانده محصول می‌باشند. برای مثال با استفاده از این برچسب‌ها در بسته‌بندی محصولات می‌توان مشخص نمود که آیا محصول در دمای مناسب نگهداری شده است یا خیر؟ و همچنین می‌توان مدت زمان نگهداری محصول در شرایط نامناسب دمایی را تعیین نمود.

واکنش‌های احتمالی میان محصول و سامانه بسته‌بندی بر سلامت مصرف‌کنندگان را به اثبات می‌رساند. همچنین همان‌گونه که ذکر شد می‌توان با استفاده از اصل هردل و کاربرد هم‌زمان این نوع ترکیبات و تجهیزات در بسته‌بندی تعبیه‌شده، کارایی آن‌ها را افزایش داد. به‌طور کلی بسته‌بندی هوشمند به دلیل داشتن توانایی در کنترل عوامل محیطی بر محتوای بسته‌بندی و نیز وقوع واکنش‌ها و تغییرات در محصول، انتقال اطلاعات و ایجاد ارتباط با تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان مواد غذایی، به عنوان ابزاری کارآمد جهت محافظت، افزایش ایمنی این دسته از محصولات معرفی می‌شود. (نظر داور اینست که به صورت کاربردی تر برای بسته بندی های نامبرده در محصولات مورد نظر نوشته شود).

۹- منابع

1. Nielsen, P.V. Rios, R., "Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil", International journal of food microbiology, Vol. 60, Pp. 219-229. 2000.
2. Legan, J.D., Voysey, P.A., "Yeast spoilage of bakery products and ingredients", Journal of applied bacteriology, Vol. 70, Pp. 361-371. 1991.
3. Galic, K., Curic, D. and Gabric, D., "Shelf life of packaged bakery goods", Food science and nutrition, Vol. 49, issue. 5, Pp. 405-426. 2009.
4. Otles, Semih., Yalcin, Buket., "Smart food packaging", Journal of LogForum. Vol. 4, issue. 3, NO. 4, 2008.
5. Lopez-Rubio, Amparo., Lagaron, Jose Maria and Jose Ocio, Maria., Active polymer packaging of Non-Meat food products. In: Smart packaging technologies for fast moving consumer goods. Kerry, Joseph and butler, Paul (eds)., John Wiley & Sons Ltd. 2008.

همچنین این شناساگرها، ممکن است به صورت ریزتراشه برای ثبت تغییرات دمایی محصول در طی مدت زمان نگه‌داری مورد استفاده قرار گیرند. اطلاعات ذخیره شده در این ریز تراشه‌ها با استفاده از یک اسکنر^۱ قابل خواندن و انتقال به رایانه است.

۸- نتیجه گیری

بیاتی نان یک فرایند فیزیکی - شیمیایی شامل توزیع مجدد رطوبت، خشک شدن، رتروگراداسیون نشاسته^۲، افزایش سختی و از دست رفتن طعم و آرومای^۳ محصول است [۱۶]. از این‌رو، در صورت بیات شدن نان و محصولات مشابه و یا فساد آن‌ها بر اثر رشد کپک‌ها، بازارپسندی آن‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب بروز ضررهای بزرگ و گاه غیرقابل جبران اقتصادی می‌گردد. از این‌رو همان‌گونه که ذکر شد با استفاده از جاذب‌های اکسیژن، رطوبت، طعم و بوهای نامطلوب و رهاساز اتانول در بسته‌بندی این گروه از محصولات می‌توان مانع از بروز این مشکلات شد. در این بین بسته‌بندی‌های دارای جاذب اکسیژن و رطوبت از نظر تجاری دارای اهمیت ویژه می‌باشند به‌طوری که طی سالیان اخیر، کاربرد آن‌ها در صنعت، روند افزایشی داشته است. استفاده از برچسب شناسایی امواج رادیویی و شناساگر دما- زمان نیز ضمن اطلاع دادن از وضعیت محصول در کنترل بهتر شرایط به منظور جلوگیری از فساد و افت ارزش غذایی در نتیجه افزایش مدت زمان ماندگاری نان و دیگر محصولات پخت کمک می‌کند.

به کار بردن فناوری‌های جدید از جمله استفاده از بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی جهت رفع نیازهای مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و محصول، در حال گسترش می‌باشد [۳۱]. مطالعات انجام‌گرفته در زمینه استفاده از بسته‌بندی هوشمند به منظور محافظت و افزایش مدت زمان ماندگاری نان و دیگر محصولات پخت، خطرناک نبودن

- 1- Scanner
- 2- Starch retrogradation
- 3- Aroma

18. Bade, Ann M., Vanderpool, Staria S., Carlsons, Edward C., Meyer, David A. and Roset Richard C., Ascorbic acid uptake and metabolism by corneal endothelium, *investigative ophthalmology & visual science*. Vol. 32, No. 8, Pp. 2266-2271. 1991.
19. Alarcon, B., Andhotchkiss, J. H., The effect of freshpax oxygen absorbing packets on the shelf-life of foods. Technical report, Dep. Food science, cornell university., NY, Pp 1-7. 1993.
20. Altieri, C., Sinigaglia, M., Corbo, M.R., Buonocore, G.G., Falcone, P. and Del Nobile, M. A., Use of entrapped microorganisms as biological oxygen scavengers in food packaging applications, *Lebensm Wiss. u.technol* ,Pp. 9-15. 2004.
21. Tramper, J., Luyben, K. CH. A. M., & van der tweel, W. J. J. Kinetic aspects of glucose oxydation by *Gluconobacter oxydans* cells immobilized in Ca-alginate. *European Journal of Applied Microbiology*, Pp. 13-18, 1983.
22. Doran, P. M., & Bailey, J. E. Effects of immobilization on growth, fermentation properties, and macromolecular composition of *Saccharomyces cerevisiae* attached to gelatin. *Biotechnology and Bioengineering*, Pp. 73-87, 1986.
23. Gosmann, B., & Rehem, H. J., Oxygen uptake of microrganisms entrapped in Ca-alginate. *Applied microbiology and biotechnology*, Pp. 163-167, 1986.
24. Gosmann, B., & Rehem, H. J. Influence of growth behavior and physiology of alginate-entrapped microorganisms on the oxygen consumption. *Applied microbiology and biotechnology*, Pp. 554-559, 1988.
25. Brody, Aaron L., Bugusu, Betty., Han, Jung H., Koelsch Sand, Claire and McHugh, Tara H., "Innovative food packaging
6. Ahvenainen, Raija., Novel food packaging techniques. Woodhead publishing limited. 2003.
7. Rodríguez, M.V., Medina, L.M. and Jordano, R., Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread. *Nahrung*, Vol. 44, Pp. 247-252. 2000.
8. Fernandez, U., Vodovotz, Y., Courtney, P. and Pascall, M., "Extended shelf life of soy bread using modified atmosphere packaging", *Journal of food protection*, Vol. 69, Pp. 693-698. 2006.
9. Brody, Aaron L., Strupinsky, Eugene R. and Kline, Lauri R., Active packaging for food application. Technomic publishing Co. Inc., Lancaster, Pa. 2001.
10. Guynot, M. E., Sanchis, V., Ramos, A. J. and Marin, S., Mold-free shelf life extension of bakery products by active packaging. *Food science*. Vol. 68, Pp. 2547-2552. 2003.
11. Goyal, G.K., Shrivastava, Swati and Alam Tanweer., "Packaging of bakery products", *Processed food industry*. 2006.
12. Han, Jung H., *Innovations in food packaging*. Academic press. 2005.
13. Roussel, Les emballages absorbeurs d'oxygène. In: Gontard N (Ed) *Les emballages actifs*. Paris, Tec and Doc, Pp. 31-37, 1999.
14. ATCO® Technical information ATCO® oxygen absorbers, Standa industrie, france, 2002.
15. Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., and Debevere, J., "Developments in the active packaging of foods", *Trends in food science and technology*, Vol.10, Pp. 77-86. 1999.
16. Nielsen, Tim., *Active packaging: A Literature review*, The swedish institute for food and biotechnology, No. 631. 1997.
17. Cruz RS, Soares NFF, Andrade NJ, Absorvedores de oxigênio na conservação de alimentos: Uma revisão. *Rev Ceres*. Pp. 191-206, 2005.

- solutions”, Journal of food science, Vol. 73, issue. 8, Pp. 107-116. 2008.
26. Del Nobile, M.A., Martoriello, T., Cavella, S., Giudici, P. and Masi, P., “Shelf life extension of durum wheat bread”, Journal of food science, Vol. 15, issue.3, Pp. 383-393.2003.
27. Salminen, A ., Latva-Kala, K., Randell, K., Hurme, E., Linko, P. and Ahvenainen, R., “The effect of ethanol and oxygen absorption on the shelf life of packed sliced rye bread”, Packaging technology and science, Vol. 9, Pp. 29-42. 1996.
28. Frank, I., Wijma, E. and Bouma, K., Shelf life extension of pre-baked buns by an active packaging ethanol emitter. Vol. 19, Pp. 314-322. 2002.
29. Latou, E., Mexis, S.F., Badeka, A.V. and Kontominas, M.G., “Shelf life of sliced wheat bread using either an ethanol emitter or an ethanol emitter combined with an oxygen absorber as alternatives to chemical preservatives”, Journal of cereal science. Vol. 52, Pp.457-465. 2010.
30. Day. B.P.F., Active packaging. In: food packaging technologies, Coles, R., McDowell, D. and Kirwan, M. (eds), CRC Press, Boca Raton, FL, USA, Pp. 282-302. 2003.
31. Dainellia, Dario., Gontardb, Nathalie., Spyropoulosc, Dimitrios., Zondervan-van, Esther., Beukend, den and Tobback, Paul. “Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns”, Food science & technology, Vol. 19, Pp. 103-112. 2008.

آدرس نویسنده

گرگان - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی گرگان - دانشکده علوم و صنایع غذایی.