استفاده از پوشش‌های خوراکی به منظور افزایش کیفیت و پایداری اکسایشی دانه‌های آجیلی

سارا خشنودی‌نیا[1*]، ناصر صداقت[2]، غلامحسین رادمرد قدیری[3]

تاریخ دریافت مقاله: خردادماه۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۲

چکیده

اکسیژن تأثیر نامطلوبی بر کیفیت شمار زیادی از مواد غذایی دارد. دانه‌های آجیلی به دلیل محتوای چربی غیر اشباع بالا مستعد اکسایش و در نتیجه کاهش زمان ماندگاری هستند. به کارگیری فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی راه‌حل جدیدی برای مرتفع ساختن این مشکل است. پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی در دانه‌های آجیلی عمدتاً به منظور کنترل انتقال گاز، رطوبت و کاهش اکسایش به کار گرفته می‌شوند. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی حاوی مواد فعال می‌توانند نقش مهمی در افزایش خواص عملکردی و تغذیه‌ای دانه‌های آجیلی داشته باشند. برای مثال پوشش‌های حاوی مواد آنتی‌اکسیدانی موانع بهتری در برابر اکسیژن بوده و در نتیجه حفاظت بهتری از محصول در برابر اکسایش به عمل می‌آورند. یک پوشش خوراکی موفق باید ممانعت‌کنندگی خوبی در برابر رطوبت و گازها داشته باشد و از خصوصیات سطحی و حسی خوبی نیز برخوردار باشد، نحوه پوشش‌دهی نیز باید متناسب با هدف مورد نظر و به دقّت انتخاب شود. این مقاله مروری بر استفاده و تأثیر پوشش‌های خوراکی بر روی دانه‌های آجیلی دارد که تعریف، طبقه‌بندی، مواد رایج در ساخت پوشش‌ها، شیوه‌های متداول به‌کارگیری پوشش‌ها و پیشرفت‌های اخیر در این زمینه را شامل می‌شود. هم‌چنین ویژگی‌های حسی، نفوذپذیری به رطوبت، گازها و چشم‌انداز آینده‌ی این پوشش‌ها نیز بررسی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

پوشش‌دهی، خواص عملکردی و نفوذپذیری به اکسیژن.

۱- مقدمه

دانه‌های آجیلی نه تنها به خاطر طعم مطلوب‌شان بلکه به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای ارزشمندشان در سراسر جهان مورد توجّه هستند. این دانه‌ها منابع غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع و ضروری (اسید اولئیک[4]، لینولئیک[5] و لینولنیک[6]) می‌باشند، اما از طرفی همین ویژگی آن‌ها را مستعد اکسایش چربی[7] نیز ساخته است. پدیده‌ای که آن را مهم‌ترین دلیل کاهش کیفیت (توسعه طعم، رنگ نامطلوب و از دست رفتن ارزش غذایی)، ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی دانه‌های آجیلی می‌دانند[۴۰]. عواملی چون نور، میزان و ترکیب چربی، دما، رطوبت نسبی و غلظت اکسیژن از عوامل تأثیرگذار بر این پدیده هستند. در این میان غلظت اکسیژن نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند. لذا در کنار توجّه به شرایط مناسب فرآوری و نگهداری هر عملی که منجر به مهار اکسیژن شود، می‌تواند با جلوگیری از فرایند اکسایش، ماندگاری محصول را افزایش دهد. برای این منظور

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

(* نویسنده مسئول: sarakhoshnoudi@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- مربی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Oleic acid
5- Linoleic
6- Linolink
7- Lipid

می‌توان از راهکارهایی چون تزریق گاز نیتروژن در بسته، استفاده از بسته‌بندی خلأ، جاذب‌های اکسیژن و استفاده از پوشش‌های خوراکی ممانعت‌کننده اکسیژن بهره برد.

یکی از جدیدترین روش‌های کنترل اکسایش، استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی با نفوذپذیری کم نسبت به اکسیژن است. تحقیق و تلاش برای تجاری کردن این پوشش‌ها در دهه‌ی اخیر به دلیل افزایش تقاضا برای تولید محصولاتی با ماندگاری و کیفیت بالا در کنار استفاده‌ی حداقلی از مواد شیمیایی و تولید بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر رو به افزایش است[۳۲]. از طرفی این پوشش‌ها به عنوان بخشی از ماده‌ی غذایی بوده و همراه با محصول مصرف می‌شود، به این ترتیب این پوشش‌ها ضمن کاهش مشکلات زیست‌محیطی نقش مهمی در ارزش تغذیه‌ای غذا نیز ایفا می‌کنند [۹]. در عین حال استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی باعث کاهش چشم‌گیر لایه‌های مورد نیاز در بسته‌بندی ماده‌ی غذایی و متعاقباً کاهش هزینه‌های بسته‌بندی می‌شود و پس از باز شدن بسته‌بندی محصول، حفاظت از ماده‌ی غذایی را نیز بر عهده می‌گیرد [٦]، اما شاید مهم‌ترین دلیل استفاده از پوشش‌های خوراکی بر روی دانه‌های آجیلی، بحث ممانعت از تندی باشد، اما این پوشش‌ها استعداد قوی در حمل مواد فعال چون آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد رنگی، طعم‌زاها، ادویه‌ها، مواد مغذّی و موادضد میکروبی[1] دارند که می‌توانند ماندگاری و کیفیت مواد غذایی را افزایش و ریسک رشد پاتوژن‌ها[2] را در مواد غذایی کاهش دهند. به علاوه زمانی که دانه‌های آجیلی به صورت گرانوله و در ترکیب با سایر مواد غذایی(پودر کیک آماده‌ی پخت) به کار می‌روند، استفاده از این پوشش‌ها نقش مهمی در جلوگیری از جذب رطوبت یا واکنش مواد با یکدیگر دارد[٤٠]. در(جدول ۱) می‌توان اختلاف بین نمونه‌های پوشش‌داده شده و بدون پوشش را در پژوهش‌های مختلف بر روی شاخص‌های کیفی برخی دانه‌های آجیلی مشاهده کرد (جدول ۱). هم‌چنین این پوشش‌های خوراکی می‌توانند مانع خروج چربی و مهاجرت آن از دانه شوند. برای مثال وقتی از دانه‌های آجیلی به عنوان مغز شکلات استفاده می‌شود، ممکن است چربی از مغز به سمت خارج مهاجرت و باعث ایجاد سفیدک[3] در شکلات و متعاقباً کاهش بازارپسندی محصول شود [۲۷] که استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌تواند مانع از این واکنش شود. مقاله‌ی حاضر، مروری بر آخرین بررسی‌های صورت گرفته در زمینه‌ی تأثیر فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایداری اکسایشی و افزایش کیفیت دانه‌های آجیلی است که به طور مختصر در مورد انواع پوشش‌های خوراکی، مکانیسم عملکرد آن‌ها، نحوه‌ی کاربرد و آینده‌ی این پوشش‌ها به بحث می‌پردازد.

۲- انواع پوشش‌های خوراکی

به طور کلی، پوشش‌های خوراکی را می‌توان بر اساس طبیعت ترکیب تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها به سه دسته‌ی کلی هیدروکلوئیدها (شامل پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها[4])، چربی‌ها و کامپوزیت‌ها (ترکیبی از هیدروکلوئیدها و چربی‌ها) طبقه‌بندی نمود.

۲-۱- پوشش‌های لیپیدی

پوشش‌های لیپیدی شامل استرهای چرب، روغن‌ها (پارافین مایع، روغن معدنی، روغن کرچک، استیلات منوگلیسریدو روغن‌های گیاهی) و موم‌ها (پارافین مایع، موم کارنوبا، موم زنبور عسل و موم‌های پلی‌اتیلنی) [۱۵] هستند که به دلیل قطبیت کم، موانع خوبی در برابر رطوبت محسوب می‌شوند، اما در برابر اکسیژن (ترکیبی غیر قطبی است) مقاومت چندانی ندارند، این مواد در ترکیب با سایر پلی‌مرهای ساختاری به منظور کاهش شکنندگی و نفوذپذیری به بخار آب به کار می‌روند [۱۵ و ۹]. در پوشش‌های دانه‌های آجیلی از این مواد به منظور کاهش شکنندگی پوشش استفاده شده و به تنهایی برای پوشش دانه‌های آجیلی کاربرد ندارند.

۲-۲- پوشش‌های هیدروکلوئیدی

هیدروکلوئیدها پلی‌مرهای آب‌دوستی با منشأ حیوانی،

1- Antimicrobial substances
2- Pathogen
3- Bloom
4- Polysaccharide

گیاهی، میکروبی و سنتزی[1] هستند که کاربرد زیادی در تهیه‌ی پوشش‌های خوراکی دارند. این ترکیبات آبدوست در برابر بخار آب مقاومت چندانی ندارند اما نسبت به نفوذ گازها مانع خوبی هستند [۴۳]. به همین دلیل نیز در دانه‌های آجیلی و به منظور ممانعت از اکسایش چربی‌ها کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند. بخشی از کاربرد انواع مختلف پوشش‌های هیدروکلوئیدی در(جدول ۱ و ۲) گردآوری شده است [۳].

۲-۲-۱- پوشش‌های کربوهیدراتی

فیلم‌های تشکیل شده از این منبع، دامنه‌ی وسیعی از گرانروی[2] را شامل می‌شوند، در عین حال که نفوذپذیری

جدول ۱- مقایسه شاخص‌های کیفیت در نمونه‌های پوشش داده شده و بدون پوشش

پوشش	کاربرد	آنالیزهای صورت گرفته	منبع
صمغ کردیا + کربوکسی‌متیل سلولز+ آلفاتوکوفرول بر روی چلغوزه	استفاده از پوشش ماندگاری محصول را در شرایط تسریع شده یک ماه نسبت به نمونه‌ی شاهد افزایش داد.		[۱۰]
کربوکسی‌متیل سلولز، و هیدروکسی پروپی متیل سلولز بر ماندگاری فندق در دمای اتاق+ آلفا توکوفرول، عصاره الکلی چای و رزماری	نمونه حاوی پوشش CMC در طی ۹ ماه نگهداری محصول محتوای هگزانالی برابر ۳۰ میکرولیتر بر لیتر داشت در حالی که در نمونه شاهد این میزان بیش از ۱۳۰ میکرولیتر برآورد شد.		[۱۲]
مقایسه سه فیلم خوراکی کازئین، کربوکسی‌متیل سلولز و کیتوزان حاوی آلئورزین بر روی پایداری اکسایشی و میکروبی گردوی سفید	استفاده از پوشش به ویژه پوشش حاوی رزماری به طور معنی‌داری محتوی لیستریا منوسیتوژنس محصول را کاهش داد. از سویی عدد پراکسید در نمونه‌های پوشش داده شده با فیلم کیتوزان حاوی رزماری از نظر عدد پراکسید نیز به طور معنی‌داری کم‌تر از نمونه‌ی شاهد بود.		[۳۹]
هیدروکسی پروپیل متیل‌سلولز + اسید آسکوربیک و اسید سیتریک و اسانس روغنی زنجبیل بر روی بادام درختی	استفاده از پوشش بادام‌ها را تا در دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دو ماه در دامنه‌ی عدد پراکسید استاندارد نگه داشت. اما در نمونه‌ی شاهد این مدت تنها ۳۰ روز بود.		[۱۱]
کیتوزان و کیتوزان + اسید استیک	استفاده از پوشش کیتوزان به طور معنی‌داری از رشد قارچ عامل آفلاتوکسین جلوگیری کرد، ضمن این‌که به دلیل نفوذپذیری پایین نسبت به رطوبت تردی محصول را برای مدّت طولانی‌تری نسبت به نمونه‌ی شاهد حفظ کرد.		[۸]

پایینی به گازها دارند، اما به دلیل ویژگی قطبی بودن مقاومت پایینی به بخار آب دارند[۴۳].

به همین دلیل برای کاهش نفوذپذیری به رطوبت عموماً در ترکیب با پوشش‌های روغنی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۴۳].

۲-۲-۱-۱- مشتقات سلولز: مشتقات سلولزی چون، کربوکسی‌متیل‌سلولز[3] (CMC)، متیل‌سلولز(MC) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز[4] (HPMC) برای تولید فیلم و پوشش خوراکی به ویژه بر روی دانه‌های آجیلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند(جدول ۱ و ۲). به کارگیری فیلم هیدروکسی‌پروپیل سلولز(HPC) و کربوکسی‌متیل‌سلولز(CMC) در گردو نشان داد، نمونه‌های پوشش‌دار میزان تندی و سطح هگزانال[5] کم‌تری نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند[۱۳ و۶].

۲-۲-۱-۲- پکتین[6]: فیلم‌های تولید شده از پکتین بی‌بو، غیر چسبنده، درخشنده، ترد و کمی شور هستند. از آن‌جایی که قابلیت نفوذ بخار آب این پوشش‌ها نسبتاً زیاد

1- Synthetic
2- Viscosity
3- Carboxy methylcellose(CMC)
4- Hydroxypropyl methylcellose(HPMC)
5- Hgzanall
6- Pectin

است،استفاده از پوشش محافظ لیپیدی می‌تواند سبب افزایش کارایی این فیلم‌ها گردد. استفاده از موم‌ها به صورت لایه‌ی نازکی بر روی فیلم‌های خشک شده پکتینات نیز مانع خروج رطوبت خواهد شد[۱۲].

۲-۲-۱-۳- کیتین /کیتوزان: بعد از سلولز، کیتین فراوان‌ترین پلی‌ساکارید طبیعت است. از داستیلاسیون[1] جزئی کیتین، کیتوزان[2] تولید می‌شود، ترکیبی که سامانه دفاعی گیاه را تحریک کرده و خواص ضد قارچی دارد. فیلم کیتوزان یکی از پرطرف‌دارترین پوشش‌های خوراکی است. فعالیت ضدمیکروبی کیتوزان نسبت مستقیم با بار یونی (البته یون‌های فلزی نتیجه‌ی عکس خواهند داشت) و حلالیت آن دارد. از این پوشش در دانه‌های آجیلی به ویژه پسته استفاده شده است[٤ و ٨]. برای مثال استفاده از پوشش‌خوراکی کیتوزان به همراه گلوکنات[3] کلسیم باعث کاهش عدد اسیدی، شاخص پراکسید و آلودگی میکروبی پسته شد [٨]. نتایج آزمون حسی و شیمیایی دانه‌ی بلوط نیز با به کارگیری پوشش کیتوزان و شالاک[4] بهبود یافت، در این آزمون شالاک نتایج بهتری نسبت به کیتوزان داشت.

۲-۲-۱-٤- نشاسته: نشاسته (آمیلوز[5]، آمیلوپکتین[6] و مشتقات آن‌ها)، ماده‌ی ارزانی در تولید پوشش خوراکی است. قدرت تشکیل فیلم در این مواد، مربوط به آمیلوز بوده و آمیلوپکتین بیش‌تر جنبه‌ی تغلیظ‌کنندگی دارد [۷]. این پوشش به تنهایی شکننده و نفوذپذیر به رطوبت است. به همین دلیل به روش شیمیایی(متیله کردن[7] یا برقراری اتصالات عرضی)، ژنتیکی(تولید نشاسته با آمیلوز بیش‌تر: مانند هیبرید ذرّت با ۸۰-۵۰٪ آمیلوز) یا در ترکیب با سایر پوشش‌ها این عیوب تعدیل می‌شود [٢٤]. نشاسته نخودفرنگی [۲۱] و یا نشاسته آمیلوزی برنج به همراه گلیسرول نیز فیلم‌ها و پوشش‌های خوبی در برابر اکسیژن هستند که بر روی دانه‌های آجیلی نیز این پوشش به کار رفته است [۳۰]. برای اطّلاعات بیش‌تر در این زمینه به(جداول ۱ و ۲) مراجعه کنید.

۲-۲-۱-۵- صمغ‌ها

صمغ‌ها کمپلکس‌های هتروپلی‌ساکاریدی هستند که به سه دسته صمغ‌های دریایی(آلژینات، کاراگینان و آگار)، میکروبی(دکستران، اسکلروگلوکان، کاردلان و پلولان) و گیاهی(صمغ عربی، آرابینوزیلان، گالاکتومانان و صمغ لوبیای خرنوب) تقسیم‌بندی می‌شود. آلژینات و پولولان پرکاربردترین صمغ‌ها در ساخت پوشش خوراکی هستند [۴۰ و ۴۲].

۲-۲-۲- پوشش‌های پروتئینی

فیلم‌ها و پوشش‌های پروتئینی نسبت به پوشش‌های پلی‌ساکاریدی از نظر مکانیکی و ممانعت‌کنندگی در برابر نفوذ گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برتری دارند، با این حال مانند فیلم‌های پلی‌ساکاریدی به دلیل ساختار آبدوست‌شان در برابر نفوذ بخار آب ضعف دارند. زئین ذرّت[8] و گلوتن[9] گندم پوشش‌های نامحلول در آب هستند، در حالی که پروتئین‌های محلول در آب نیز بسته به نوع پروتئین و شرایط تشکیل پوشش، قابلیت انحلال متفاوتی دارند.

۲-۲-۲-۱- پروتئین شیر

کازئین[10] و پروتئین آب‌پنیر فیلم‌های مختلف با ویژگی‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند[۱۲].

کازئین در حلال‌های آبی محلول است و فیلمی بی‌رنگ و منعطف را تشکیل می‌دهد [۱۷]. در مورد کاربرد کازئین به عنوان پوشش در دانه‌های آجیلی می‌توان به بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی پوشش‌های کیتوزان، کربوکسی‌متیل‌سلولز و کازئین غنی شده با الئورزین‌های[11] گیاهی بر روی گردوی آمریکایی خرد شده[12] اشاره کرد، نتایج نشان داد هر سه نوع پوشش حاوی الئورزین‌های

1- Deacetylation
2- Chitosan
3- Gluconate
٤- نوعی پوشش رزینی که از حشره‌ای به نام لاسیفر لاکا (Laccifer lacca) به دست می‌آید.
5- Amylose
6- Amylosepectin
7- Mytlh up
8- Corn zein
9- Gluten
10- Casein
11- Oleoresin
12- Butternut squash

گیاهی، اثر مثبتی بر پایداری میکروبی و اکسایشی گردو دارند در این میان به ترتیب کیتوزان، کازئین و متیل سلولز، بهترین عملکرد را داشتند [۳۹].

ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر در رطوبت نسبی پایین ممانعت‌کننده‌ی عالی اکسیژن است که می‌تواند پوشش خوبی برای مواد حساس به اکسایش باشد از جمله‌ی دانه‌های آجیلی باشد. برای مثال بررسی شاخص پراکسید گردوی پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر نشان داد، نمونه‌های پوشش‌دار شاخص، پراکسید کم‌تری دارند. افزایش ضخامت پوشش و کاهش رطوبت نسبی، کارایی این پوشش در مهار اکسیژن را افزایش می‌دهد[۳۱]. بررسی خصوصیات حسی و کروماتوگرافی سر فضای بسته در بادام‌زمینی پوشش‌دار شده با ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر نیز نشان داد که تندی به طور معنی‌داری در این نمونه‌ها کاهش یافته است[۲۷].

۲-۲-۲-۲- کلاژن و ژلاتین:

لفاف‌های کلاژن مایع خوب اکسیژن به ویژه در رطوبت نسبی پایین هستند. باید توجّه داشت که نفوذپذیری لفاف کلاژن به اکسیزن با افزایش رطوبت نسبی به سرعت افزایش می‌یابد، بنابراین شرایط نگهداری محیط از این نقطه نظر در کارایی لفاف یاد شده تعیین‌کننده است[۷ و ۱۲].

فیلم‌های ژلاتینی، ترکیباتی محلول در آب، منعطف، شفاف و با نفوذپذیری پایین نسبت به اکسیژن هستند که مانند سایر هیدروکلوئیدها[1] در برابر نفوذ رطوبت ضعیف می‌باشند که این ضعف را می‌توان با اصلاح شبکه پلی‌مری ژلاتین[2] از طریق ایجاد اتصال عرضی زنجیره‌ی پلی‌مری بهبود بخشید. از این پوشش بیش‌تر به منظور افزایش پایداری اکسایشی محصولات گوشتی استفاده شده است، اما با توجّه به مقاومت کم‌نظیر آن در برابر اکسیژن به نظر می‌رسد قدرت بسیار خوبی برای پوشش دانه‌های آجیلی نیز دارد [۳].

۲-۲-۲-۳- پروتئین گلوتن:

گلوتن پروتئین نامحلول در آب گندم است. به علت زیاد بودن نیروهای بین مولکولی، فیلم حاصل ترد و شکننده است که با کمک نرم‌کننده‌ها این عیب مرتفع می‌گردد. از گلوتن برای پوشش بادام زمینی و کپسوله کردن رنگ‌ها و طعم‌دهنده‌ها استفاده شده است.

۲-۲-۲-٤- زئین:

نسبت به سایر پوشش‌های پروتئینی از مقاومت کششی و قابلیت دوخت حرارتی بالاتری برخوردار است، ضمن این‌که مقاومت آن به بخار آب بیش‌تر از سایر پوشش‌های پروتئینی است [۱۲]. از آن‌جایی که حلال این پروتئین الکل است، استفاده از آن امروزه به واسطه‌ی مشکلات زیست محیطی و سلامت، محدود شده است. مقایسه بین پوشش ایزوله‌ی پروتئین آب پنیر، زئین و کربوکسی‌متیل سلولز به منظور افزایش پایداری اکسایشی بادام‌زمینی برشته نشان داد به ترتیب فیلم‌های کربوکسی‌متیل سلولز، پروتئین آب پنیر و زئین بهترین نتایج را در افزایش پایداری اکسایشی بادام‌زمینی داشته‌اند. آزمون حسی نیز نشان داد استفاده از پوشش باعث سفتی دانه‌ها می‌شود.

۲-۲-۲-٥- پروتئین سویا:

این پوشش از کنسانتره‌ی ۷۰ ٪ یا ایزوله‌ی ۹۰ ٪ پروتئین سویا حاصل می‌شود. برای تشکیل فیلم لازم است pH محیط از نقطه‌ی ایزوالکتریک[3] پروتئین (٦-٤) دور باشد. بیش‌تر پروتئین‌های موجود در ترکیب سویا در آب نامحلول بوده، اما در محلول خنثی و رقیق نمک حل می‌شوند به همین دلیل گاهای اوقات پروتئین سویا را به عنوان یک هیدروکلوئید در نظر نمی‌گیرند، درست به همین دلیل در مورد نفوذپذیری به بخار آب چندان پاسخ هماهنگی با سایر هیدروکلوئیدها نشان نمی‌دهد و پایدارتر از سایر پوشش‌های پروتئینی است. استفاده از پوشش خوراکی مرکب ایزوله پروتئین سویا و کربوکسی متیل سلولز در کنار آنتی‌اکسیدان کاتکین[4] چای باعث کاهش معنی‌دار شاخص‌های پراکسید و تیوباربیتوریک گردو می‌شود[۲۴].

1- Hydrocolloid
2- Gelatin
3- Isoelectric
4- Cutechins

۲-۳- پوشش‌های مرکب

استفاده از پوشش‌های مرکب، کاستی‌های پوشش‌های مختلف را جبران کرده و کارایی پوشش را افزایش می‌دهد. برای مثال افزودن چربی‌ها به فرمولاسیون پوشش خوراکی تأثیر خوبی بر روی ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی در برابر اکسیژن و دی‌اکسیدکربن دارد، که دلیل آن را می‌توان منافذ و ترک‌های موجود در فیلم بدون روان‌کننده[1] دانست(با این‌که روان‌کننده‌ها عموماً ترکیبات غیر قطبی هستند و به دلیل افزایش فضای آزاد بین زنجیره‌های پلی‌مری نفوذپذیری به گازها را افزایش می‌دهند، اما از سویی باعث کاهش ترک‌ها نیز می‌شوند و به این ترتیب در مجموع نفوذپذیری به گازها را کاهش می‌دهند) [۲۵]. گزارش شده است افزودن روغن زیتون به فرمولاسیون پوشش خوراکی ایزوله‌ی آب‌پنیر پروتئین نفوذپذیری به اکسیژن را در پوشش کاهش و پایداری اکسایشی پسته‌ی را افزایش می‌دهد[۲۳]. به کارگیری پوشش خوراکی ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر و نشاسته نخودفرنگی به همراه موم کارنوبا بر روی مغز گردو و دانه صنوبر نتایج خوبی دربرداشته است [۳۱]. پوشش HPMC در کنار پالمتیک[2] و استئاریک[3] و لایه‌ی نازک موم حتّی در رطوبت‌های نسبی بالا نیز خاصیت ممانعت‌کنندگی خوبی در برابر رطوبت دارد [۲۲]. هم‌چنین به کارگیری ایزوله‌ی پروتئین سویا در کنار نسبت‌های مختلف اسید اولئیک و موم زنبور عسل می‌تواند نفوذپذیری به رطوبت فیلم سویا را کاهش دهد(جدول ۱)[۳٤].

۳- افزودنی‌های مرسوم به پلی‌مرهای سازنده‌ی پوشش‌های خوراکی

مهم‌ترین افزودنی به پوشش‌های خوراکی روان‌کننده‌ها هستند، ترکیباتی با وزن ملکولی پایین(اما غیر فرّار) که به میزان ٦۰-۱۰ درصد وزن هیدروکلوئیدها به منظور افزایش انعطاف فیلم و پوشش‌های خوراکی به فرمولاسیون پوشش افزوده می‌شوند[۵۱]. افزودن پلاستی‌سایزرها تأثیر معنی‌داری بر کاهش دمای شیشه‌ای شدن پلی‌مرها و افزایش انعطاف پوشش دارد. به علاوه بر روی مقاومت پوشش در برابر گازها و بخار آب نیز مؤثر است.

روان‌کننده‌هایی با اندازه‌ی کوچک، قطبیت بالا و فاصله‌ی زیاد بین گروه‌های قطبی درون مولکولی، تأثیر بیش‌تری بر سامانه‌های پلی‌مریک دارند. از پرکاربردترین روان‌کننده‌ها، می‌توان به پلی‌ال‌ها(پروپیلن گلیکول[4]، گلیسرول، سوربیتول[5] و پلی‌اتیلن گلیکول[6])، استیلات منوگلیسرید[7] و الیگوساکارید (ساکارز) اشاره کرد. آب نیز می‌تواند به عنوان یک روان‌کننده عمل کند، اما در محیطی با رطوبت نسبی پایین به آسانی تبخیر می‌شود [۱۲]. استفاده از موم زنبور عسل و موم کارنوبا به عنوان روان‌کننده در پروتئین آب‌پنیر نشان داد موم زنبور عسل تأثیر روان‌کننده بر روی فیلم ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر- گلیسرول دارد در حالی که موم کارنوبا خاصیت ضد روان‌کننده دارد. مقایسه دو روان‌کننده رایج سوربیتول و گلیسرول نشان داد، سوربیتول به علت تمایل کمتر به اتصال با آب، نسبت به گلیسرول بازدارنده‌ی بهتری در برابر بخار آب است، اما سوربیتول در اثر مهاجرت بر روی سطح فیلم، کریستالیزه شده و ظاهر نامطلوبی به پوشش می‌دهد، ولی مهاجرت گلیسرول به دلیل مایع بودن آن در دمای اتاق باعث بدشکلی فیلم نمی‌شود [۱۲].

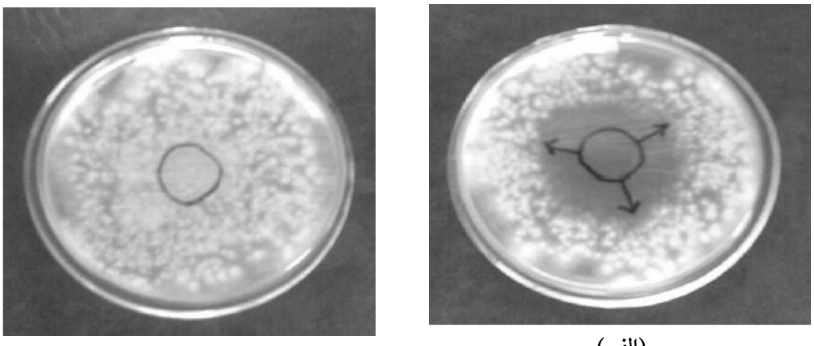
دسته‌ی دیگر از افزودنی‌ها، امولسیفایرها هستند، عوامل فعال سطحی با خصوصیات آمفی‌فیلیک[8] که قادرند کشش سطحی بین آب و چربی یا آب و هوا را کاهش داده و باعث بهبود چسبندگی پوشش شوند. برای مثال افزودن امولسیفای به محلول پوشش پروتئین آب پنیر باعث چسبندگی بهتر پوشش به سطح بادام زمینی شد و به این ترتیب ممانعت در برابر اکسیژن را افزایش داد [۲۸].

1- Plasticizer
2- Palmitic
3- Stearic

4- Propylene glycol
5- Sorbitol
6- Polyethylene glycol
7- Steele menu sorbitol
8- Auditirium phyllic

فیلم خوراکی امولسیفای شده‌ی پروتئین گلوبولین(به همراه روان‌کننده‌های گلیسرول و امولیسفایرهای اسید پالمتیک و استئاریک[1] و توئین[2] ۸۰) نفوذپذیری کم‌تری نسبت به رطوبت و اکسیژن داشت ضمن آنکه از مقاومت کششی بهتری نیز برخوردار بود.

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی حاوی مواد ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها و دیگر مواد بیواکتیو[3] نسل جدید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را شامل می‌شوند [۳۹]. خواص عملکردی این فیلم‌ها با افزودن مواد ضدمیکروبی طبیعی و شیمیایی، آنتی‌اکسیدان‌ها، آنزیم‌ها و مواد بیواکتیوی چون پروبیوتیک‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها رو به بهبود است. افزودن مواد ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی به پوشش‌ها به جای افزودن مستقیم این مواد به محصول باعث رهاسازی کنترل‌شده‌ی این مواد و تقویت اثر آن‌ها خواهد شد. هم‌چنین این پوشش‌ها با حمل مواد مغذّی در شبکه خود به غذا ارزش تغذیه‌ای می‌دهند. کیفیت



(الف) (ب)

شکل ۱- الف. تشکیل ناحیه‌ی بازداری در فیلم حاوی ٤٪ سوربات پتاسیم و ب. عدم تشکیل آن در فیلم شاهد در پلیت حاوی آسپرژیلوس فلاووس [٦]

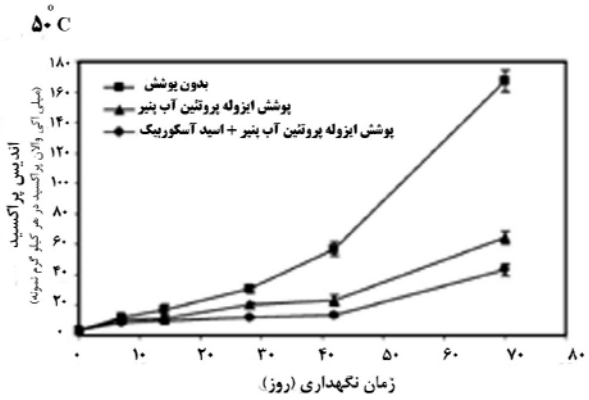
حسی غذای پوشش داده شده نیز می‌تواند با افزودن مواد طعم‌زا و رنگی در شبکه پوشش بهبود داده شود[۵۱]. مثال‌های متعدّدی در مورد افزودن مواد ضد میکروبی وجود دارد، برای مثال افزودن عصاره مریم گلی[۲] و آویشن شیرازی[۱] به پوشش پروتئینی ایزوله‌ی آب‌پنیر توانست رشد قارچ بر روی مغز پسته را کنترل کند. هم‌چنین همان‌طور که در(شکل ۱) مشاهده می‌شود، افزودن سوربات پتاسیم[4] نیز اثرات ضدقارچی خوبی را به پوشش کربوکسی‌متیل‌سلولز بخشیده است[١٦].

افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نیز روش خوبی برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری مواد غذایی است [۱۶]. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند ترکیبات فنلی(کارواکرول، کافور، ایوژنول، لینالول، تیمول و غیره)، اسانس‌ها و عصاره‌ی گیاهان دارویی، ویتامین‌های E و C به جای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی سنتزی رو به افزایش است [۳۳]. پوشش خوراکی ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر همراه با اسانس دارچین پایداری اکسایشی فندق را به طور مؤثری بهبود بخشید [۱۴]. نمودار(۱) نیز اثر افزودن اسیدآسکوربیک به پوشش‌خوراکی پروتئین آب‌پنیر را بر روی اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک نمایش می‌دهد (نمودار ۱).

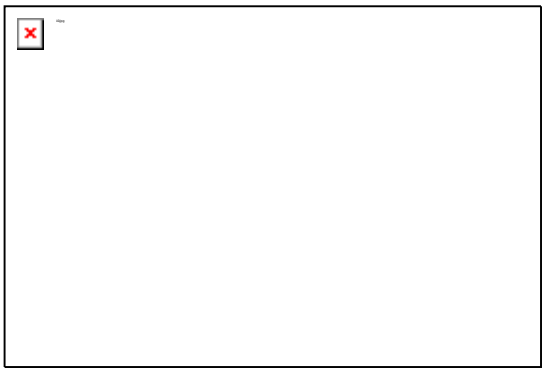
٤- شیوه‌ی پوشش‌دهی

روش‌های متعدّدی برای پوشش‌دهی مواد غذایی مورد استفاده است که در ذیل به مهم‌ترین آن‌ها اشاره شده است. انتخاب شیوه‌ی مناسب کاملاً بسته به ماهیت ماده‌ی غذایی، نوع پوشش، هدف از پوشش‌دهی و توجیه اقتصادی روش دارد [٤٣].

1- Stearic
2- Tween
3- Bioactive
4- Potassium sorbate



(الف)



(ب)

نمودار ۱- اثر پوشش‌دهی با پروتئین آب‌پنیر حاوی اسید آسکوربیک بر الف. عدد پراکسید و ب. اندیس تیوباربیتوریک در بادام‌زمینی برشته شده [۵۱]

٤-١- غوطه‌وری[1]:

یکی از مرسوم‌ترین شیوه‌های پوشش‌دهی است. محصول بین ۵ تا ۳۰ ثانیه در محلول پوشش غوطه‌ور شده و سپس خارج و در معرض جریان هوا یا در خشک‌کن حلال اضافی تبخیر و لایه نازکی اطراف محصول را می‌پوشاند. روش غوطه‌وری روش مناسبی برای تولید محصولاتی یکنواخت و پرکیفیت است با این حال نیاز به کنترل دقیق و محیط پاکیزه دارد[٤٣].

٤-٢- چکانیدن[2]:

در این روش محلول یا مستیقماً بر روی محصول یا بر روی قلم‌مو چکانده و بر روی محصول کشیده می‌شود. به دلیل بزرگی قطرات چکانده شده روی محصول، پوشش‌دهی خوب، زمانی میسّر است که محصول به اندازه‌ی کافی برای پخش، پوشش لغزندگی داشته باشد. این روش بیش‌تر برای رومال کیک و نان مورد استفاده است.

٤-٣-کف‌پوشی[3]:

این روش بیش‌تر برای پوشش‌های امولسیونی استفاده می‌شود. محلول پوشش با افزودن مواد کف‌زا یا هوای فشرده به صورت کف در می‌آید و سپس کف حاصله با غلتک، کاردک، یا قلم‌مو بر روی محصول کشیده می‌شود. این نوع پوشش به دلیل محتوی رطوبتی پایین، سریع خشک می‌شود، با این حال، پوشش‌دهی ناکافی یکی از مشکلات این روش است[١٦].

٤-٤- روش غلتاندن[4]:

از این روش بیش‌تر برای پوشش آجیل‌ها و شکلات بهره می‌گیرند. این فنّاوری شامل یک دیگ استیلی است که به صورت عمودی قرار گرفته که حول محور مرکزی می‌چرخد. پوشش به وسیله‌ی پمپ در لبه‌های دیگ توزیع و محصول در حین چرخیدن دیگ در این پوشش غلتانده می‌شود(شکل ۲). مشکل این روش، زمان‌بر بودن آن است [١٦].

شکل ۲- پوشش‌دهی به روش غلتاندن

1- Dipping
2- Dripping
3- Foaming
4- Panning

٤-٥- اسپری[1]:

در صنعت غذا پوشش‌دهی توسط اسپری مرسوم‌ترین و اقتصادی‌ترین شیوه است. از این روش در مواردی که محلول پوشش گرانروی بالایی ندارد، استفاده می‌شود. کیفیت پوشش‌دهی بسته به اندازه‌ی نازل، دما، سرعت جریان هوا، میزان رطوبت هوای ورودی و محلول پوشش‌دهنده، مدّت زمان اسپری و شیوه‌ی خشک کردن بستگی دارد [١٦].

٤-٦- پوشش‌دهی الکترواستاتیک[2]:

در این فرایند از ذرّات باردار به منظور بهبود کارایی پوشش‌دهی استفاده می‌شود. ذرّات پودر شده یا مایعات ریز شده[3] ابتدا به شیوه‌ی اسپری معمولی به سمت سطح ماده‌ی غذایی پاشیده و سپس با استفاده از بارهای الکترواستاتیک قدرتمند سریعاً به سمت محصول کشیده می‌شوند. سامانه‌های اسپری کلاسیک می‌توانند اندازه قطره‌ای بالغ بر ٢٠ میکرومتر را تشکیل دهند در حالی که اسپری‌های الکتریکی ذرّاتی با اندازه‌ی کم‌تر از ١٠٠ نانومتر از بیوپلی‌مر را تولید می‌کنند(جدول ٢).

٥- خصوصیات پوشش‌های خوراکی موفق

پوشش خوراکی موفق، پوششی است که ویژگی ممانعت‌کنندگی خوبی در برابر گازها به ویژه اکسیژن و بخار آب داشته باشد و به سطح محصول بچسبد و پوشش یکنواختی را ایجاد کند و از نظر ویژگی‌های حسی نیز با محصول مورد نظر هماهنگ باشد.

٥-١- ویژگی‌های حسی

بسیاری از ترکیبات فعال سازنده پوشش خوراکی شامل پلی‌مرهای خوراکی، روان‌کننده، و سایر عوامل فعال بر روی ویژگی‌های حسی محصول مؤثرند. از آن‌جایی که بیش‌تر مواد فعال، خصوصیات طعمی و رنگی خود را دارند واکنش بین این ترکیبات، ممکن است باعث ایجاد طعم و رنگ خاصی در محصول شود(به ویژه زمانی که مواد فعال ترکیبات فنلی و اسانس هستند). در عین حال می‌توان با افزودن طعم‌دهنده‌ها و رنگ به پوشش، بازارپسندی محصول را افزایش داد [٣٧].

٥-٢- خصوصیات سطحی پوشش‌ها

پوشش خوراکی باید چسبندگی خوبی به ماده غذایی در طول فرایند تولید، ذخیره و حمل‌ونقل داشته باشد. چسبندگی پوشش خوراکی آب‌دوست بر روی سطح محصولات غیر آبدوست به علت ماهیت شیمیایی متفاوت این دو سطح ضعیف است، برای بهبود چسبندگی سطحی پوشش‌های آبدوست، و عوامل فعال سطحی و امولسیون‌کننده‌ها (مانند توئین ٨٠) به فرمولاسیون پوشش افزوده می‌شوند تا چسبندگی پوشش را بهبود دهند [٢٨].

٥-٣- حلالیت در آب و چربی

معمولاً اکثر پوشش‌های هیدروکلوئیدی در آب محلول هستند مگر این‌که در ساختمان آن‌ها پیوند عرضی ایجاد شده و یا اینکه دناتوره[4] شوند. به هنگام ساخت پوشش‌هایی که نیاز است نسبت به رطوبت مقاومت زیادی داشته باشند، استفاده از مواد نامحلول در آب مانند لیپیدها یا پروتئین‌های نامحلولدر آب هم‌چون زئین یا گلوتن توصیه می‌شود. [٤٣].

٥-٤- نفوذپذیری

پوشش‌های هیدروکلوئید به علت داشتن گروه‌های قطبی بالا نسبت به اکسیژن(اکسیژن یک ترکیب غیر قطبی است) مقاومند. عواملی چون ترکیب محلول پوشش‌دهنده (میزان قطبی بودن ترکیبات سازنده)، رطوبت نسبی محیط (با افزایش رطوبت نسبی، تحرک زنجیرهای پلی‌مر افزایش یافته و نفوذپذیری به اکسیژن افزایش می‌یابد)، نوع و غلظت پلاستی‌سایزرها و دما بر روی بازدارندگی فیلم‌ها در برابر اکسیژن مؤثرند [٤٣].

1- Spraying
2- Electrostatic coating
3- Atomized
4- Denatured

جدول ۲- کاربرد پوشش‌های خوراکی مختلف در دانه‌های آجیلی

پوشش	کاربرد	نتایج	منبع
کیتوزان	بلوط چینی تازه	افزایش اندیس پراکسید کنترل شد. محتوی ترکیبات فنلی نمونه‌های حاوی پوشش بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد بود.	[۳۶]
صمغ کردیا + کربوکسی‌متیل سلولز+ آلفاتوکوفرول	چلغوزه	اندیس پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک بهبود یافت. ضمن اینکه در خواص حسی تغییر منفی ایجاد نشد.	[۱۰]
کربوکسی‌متیل سلولز + آلفا توکوفرول، عصاره الکلی انار و جوجوبا	بادام‌زمینی	پایداری اکسایشی در نمونه‌های دارای پوشش بهتر از نمونه‌های بدون پوشش بود.	[۴۴]
کربوکسی‌متیل سلولز + آلفا توکوفرول، عصاره الکلی چای و رزماری	بادام‌زمینی	نمونه‌های حاوی پوشش به ویژه پوشش حاوی عصاره‌رزماری از پایداری اکسایشی بالایی برخوردار بودند.	[۴۵]
پوشش عسل	بادام‌زمینی	اندیس پراکسید و اندیس تیوباربیتوریک، در نمونه‌های حاوی پوشش کم‌تر برآورد شد. از نظر حسی و پذیرش کلی محصول امتیاز بالاتری نسبت به نمونه‌ی شاهد دریافت کرد.	[۳۵]
هیدروکسی‌پروپیل متیل‌سلولز + اسید آسکوربیک و اسید سیتریک و اسانس روغنی زنجبیل	بادام درختی	نفوذپذیری به رطوبت و اکسیژن در نمونه‌های حاوی پوشش کاهش یافت و افزایش اندیس پراکسید در طول زمان نگهداری تا حدود مناسبی کنترل شد.	[۱۱]
ایزوله پروتئین سویا یا کلسیم کازئینات + پکتین	بادام‌زمینی	میزان مهاجرت چربی در نمونه‌های حاوی پوشش به طور معنی‌داری کاهش یافت.	[۲۰]
کیتوزان و کیتوزان + اسید استیک	پسته	میزان کپک آسپرژیلوس در نمونه‌های حاوی پوشش کاهش یافت. ضن اینکه از دست رفتن طوبت در پسته کنترل و تغییر وزن کم‌تری مشاهده شد.	[۸]
پولولان	بادام‌زمینی، فندق و گردو	شاخص پراکسید و میزان اسید چرب آزاد در نمونه‌های دارای پوشش بهبود یافت. کاهش وزن کم‌تری نیز در نمونه‌های حاوی پوشش دیده شد.	[۱۵]
ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر حاوی آسکوربیل پالمیتات و آلفا توکوفرول	بادام‌زمینی برشته	محتوی هگزانال سرفضا به طور معنی‌داری در نمونه‌های دارای پوشش کاهش یافت.	[۲۲]
ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر به همراه اسید آسکوربیک	بادام‌زمینی برشته	شاخص پراکسید و تیوباربیتوریک نسبت به نمونه‌ی شاهد روند صعودی کندتری نشان داد و رادیکال‌های آزاد نیز به طور معنی‌داری در نمونه‌های دارای پوشش کاهش نشان دادند.	[۳۳]
پوشش خوراکی کربوکسی‌متیل‌سلولز و متیل سلولز و ایزوله‌ی آب‌پنیر در کنار آلفاتوکوفرول	بادام‌زمینی برشته	شاخص پراکسید و آنیزیدین در نمونه‌های حاوی پوشش به طور معنی‌داری کم‌تر از نمونه‌ی شاهد بود و اکسایش در این نمونه‌های تا حدود مناسبی کنترل شد.	[۴۱]
ایزوله‌ی آب‌پنیر + گلیسرول، لیستین یا متیل پارابن در کنار آلفاتوکوفرول	بادام‌زمینی	شاخص حسی و میزان هگزانال سرفضا در نمونه‌های حاوی پوشش بهبود یافت.	[۲۷]
ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر + گلیسرول	پسته	زمان ماندگاری، شاخص پراکسید، شاخص‌های حسی در نمونه‌های حاوی پوشش بهبود یافت.	[۲۳]
ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر و پلولان	بلوط تازه و برشته	بلوط تازه و برشته	[۱۸]
ژلاتین در کنار آنتی‌اکسیدان پروپیل گالات و اسید آسکوربیک	پسته‌ی برشته	پسته‌ی برشته	[۳]

٦- چشم‌انداز آینده

نسل جدید فیلم‌های خوراکی با کمک فرایندهای نانو همچون نانوکپسولاسیون و پوشش‌های چند لایه‌ی نانو فرصت آزادسازی کنترل‌شده‌ی مواد فعال را ایجاد خواهند کرد[٤٣]. به این معنی که افزودنی‌ها و مواد مغذّی در اندازه‌ی نانو و توسط سامانه توزیع نانو متری به مواد غذایی افزوده و به صورت کنترل شده در غذا رها می‌شوند. میکرو و نانوکپسوله کردن ترکیبات فعال، آن‌ها را در برابر رطوبت، دما و دیگر آسیب‌های خارجی مصون نگاه داشته و به این ترتیب پایداری و عملکرد آن‌ها را بهبود می‌بخشد [٢٩]. یکی از مهم‌ترین پوشش‌ها به منظور انکپسوله کردن[1] آلژینات است. آنزیم‌های پروبیوتیک[2]، پریبیوتیک[3]، روغن‌های دریایی(اسید چرب امگا ٣) بهترین مواد برای انکپسوله شدن هستند. فنّاوری دیگر، تهیه پوشش‌های نانولایه است که استفاده از آن‌ها به طور وسیعی در حوزه‌ی داروسازی و بسته‌بندی غذایی رو به توسعه است. در حوزه‌ی غذا استفاده از این نانولایه‌ها به منظور افزایش زمان ماندگاری محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. سامانه لایه به لایه (LbL)[4] سیستمی است که به منظور قرارگیری لایه‌هایی پلی‌الکترولیتی[5] با بارهای نام‌همنام مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش می‌توان چند لایه‌هایی با ضخامت کنترل شده و در حد نانومتری تهیه کرد [١٩ و ٣٨]. یک چند لایه‌ی LbL می‌تواند با پیوندزنی شیمیایی پلی‌الکترولیت‌ها به وسیله‌ی ترکیبات بیواکتیو، لایه‌نشانی کردن متناوب پلی‌الکترولیت‌ها و مولکول‌های بیواکتیو و یا به وسیله‌ی توزیع نهایی ملکول‌های بیواکتیو در چند لایه‌ها تهیه شود [٣٨]. مهم‌ترین چند لایه بیوپلی‌مری چند لایه‌هایی لیزین[6]، آلژینات[7]، پکتین و کیتوزان هستند [٢٦].

٧- نتیجه گیری

دانه‌های آجیلی به دلیل محتوی چربی بالا موادی حساس به اکسایش هستند و همین امر مهم‌ترین دلیل کاهش ماندگاری و کیفیت دانه‌های آجیلی است. لذا بسته‌بندی مناسب این مواد به منظور کاهش تماس این محصولات با اکسیژن ضروری به نظر می‌رسد. پوشش‌های و فیلم‌های خوراکی راه‌حل مناسبی برای کاهش تماس دانه‌های آجیلی با اکسیژن هستند. از آن‌جایی که پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی از مواد طبیعی ساخته می‌شوند و حتّی همراه غذا مصرف می‌شوند، توسعه‌ی آن‌ها می‌تواند مشکلات زیست محیطی ایجاد شده توسط مواد بسته‌بندی شیمیایی را تا حدود زیادی مرتفع سازند ضمن این‌که بر ارزش غذایی محصول نیز می‌افزاید. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از طریق کاهش نقل و انتقال، رطوبت و گازها (اکسیژن و دی اکسید کربن)، اکسایش را محدود و زمان ماندگاری محصول را افزایش می‌دهند. از سویی، برخی از این پوشش‌ها دارای خاصیت ضد میکروبی یا آنتی‌اکسیدانی بوده و یا حامل خوبی برای مواد بیواکتیو هستند؛ لذا فراگیر شدن این نوع پوشش‌ها و بسته‌بندی‌ها می‌تواند ماندگاری محصول را به طور چشم‌گیری افزایش داده و حتّی با استفاده از پوشش‌های حاوی مواد طعم‌دهنده و رنگی می‌توان بازارپسندی محصول را نیز بهبود بخشید. به این ترتیب این پوشش‌ها توانایی خوبی در افزایش کیفیت محصول غذایی چه به لحاظ تغذیه‌ای و سلامت و چه به لحاظ خصوصیات حسی و ظاهری دارند. استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در محصولات مختلف اهداف مختلفی را دنبال می‌کند. برای مثال شاید مهم‌ترین مسئله در میوه‌ها و سبزیجات تازه، بحث حفظ رطوبت و جلوگیری از قهوه‌ای شدن باشد. در حالی که ممانعت‌کنندگی پوشش از نفوذ اکسیژن مهم‌ترین ویژگی پوشش‌های مخصوص دانه‌های آجیلی است، لذا نمی‌توان یک فرمولاسیون واحد را برای تمام مواد غذایی پیشنهاد کرد. از طرفی هر نوع پوشش مشخصه‌های خاص خود را

1- Encapsulation
2- Probiotics
3- Prebiotics
4- Nanolaminate layer-by layer (LbL)
5- Polyelectrolyte
6- Lysine
7- Alginate

دارد، برای مثال پوشش‌های لیپیدی موانع خوبی در برابر رطوبت هستند در حالی که نفوذپذیری آن‌ها به گازها قابل قبول نیست. بنابراین امروزه پوشش‌ها و فیلم‌ها ترکیبی از الویت بالاتری برخوردارند، به ویژه فیلم‌های چند لایه‌ی نانو در سال‌های اخیر بسیار مورد توجّه محققین قرار گرفته‌اند. یک پوشش ایده‌آل باید غیرسمّی بوده، ایجاد حساسیت در مصرف‌کننده نکند، چسبندگی مناسبی به ماده‌ی غذایی داشته باشد، بتواند با روش مناسب پوششی یکدست و یکنواخت را بر سطح محصول ایجاد کند، نفوذپذیری حداقلی به گازها و رطوبت داشته باشد، از طعم و عطر ماده‌ی غذایی محافظت کند، از نظرخصوصیات حسی و ارگانولپتیک برای مصرف‌کننده قابل قبول باشد و آخرین نکته اما نه کم‌اهمیت آن، بحث توجیه اقتصادی پوشش برای ماده‌ی غذایی مورد نظر است که باید به آن توجّه شود. تحقیقات زیادی در زمینه‌ی ویژگی‌ها و استعدادهای استفاده از پوشش‌های خوراکی و کاربرد آن‌ها در مواد غذایی مختلف صورت گرفته است. لازم است مسیر تحقیقات آینده به سمت توسعه‌ی تجاری این پوشش‌ها با هدف تهیه‌ی اطّلاعات عملی‌تر متمرکز باشد. هم‌چنین به نظر می‌رسد، مطالعات بیش‌تری به منظور درک تقابل میان مواد فعال، خصوصیات حسی و عملکردی پوشش‌ها نیاز باشد.

۸- منابع

۱. توکلی‌پور، ح.، جوانمرد داخلی م. و زیرجانی، ل. «اثر بازدارندگی پوشش خوراکی مغز پسته با پایه‌ی کنسانتره‌ی پروتئینی آب‌پنیر و عصاره‌ی آویشن شیرازی بر تولید سم آفلاتوکسین»، مجلّه علوم و فنّاوری غذایی، دوره ۲، شماره ۳، ۶۳-۵۳، ۱۳۸۹.

۲. جوانمرد، م. «به‌کارگیری پوشش خوراکی حاوی عصاره الکلی مریم گلی در جلوگیری از رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس روی مغز پسته». فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۹، شماره ۳٤: ۹۵-۸۵. ۱۳۹۱.

۳. خشنودی‌نیا، س. صداقت، ن. و رادمرد قدیری، غ.ح. «بررسی اثر ژلاتین، آنتی‌اکسیدان و نوع بسته‌بندی در بهبود کیفیت پسته برشته واریته اوحدی»، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد: ۱۶-۱۵، ۱۳۹۲.

٤. خطیب، ه. و میردهقان، ح. «اثر پوشش خوراکی کیتوزان بر کیفیت و عمر انبارداری پسته‌ی تازه رقم اوحدی»، مجلّه علوم و فنون باغبانی ایران، دوره ۱۳، شماره ۱: ۱۰۰-۸۳، ۱۳۹۱.

۵. قنبرزاده، ب.، سینجلی، س. و قیاسی‌فر، ش. «بررسی اثرات ضدقارچی پوشش‌های خوراکی بر پایه‌ی کربوکسی‌متیل‌سلولز حاوی سوربات پتاسیم بر گونه‌های تولیدکننده‌ی آفلاتوکسین آسپرژیلوس در پسته»، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۳۲، جلد ۲: ۵۰-٤۳، ۱۳۹۰.

٦. کریمی، ن، «معرفی و کاربرد پوشش های خوراکی در بسته بندی»؛ فصلنامه‌ی علوم و فنون بسته‌بندی، سال دوم، شماره ۵، ۱۳۹۰.

۷. مقصودلو، م.، رنگ ریز، ا. و رشیدزاده، ش. «مزایای استفاده از کلاژن در مواد بسته‌بندی»، فصلنامه‌ی علوم و فنون بسته‌بندی، سال دوم، شماره ۷، ۱۳۹۰.

۸. مقصودلو، ع.، مقصودلو، ی.، خمیری، م. و قربانی، م. «بررسی فعالیت ضد قارچی پوشش خوراکی کیتوزان و تأثیر آن بر جذب رطوبت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی مغز پسته»، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی،دوره۱، شماره ۲: ۹۸-۸۷، ۱۳۹۱.

۹. میرزایی، ح. و کرمی، ز. «پوشش‌های خوراکی در بسته‌بندی»، فصلنامه‌ی علوم و فنون بسته‌بندی، سال اول، شماره ۳، ۱۳۸۹.

10. Abdul Haq, M., Junaid Alam, M. & Hasnain, A. "Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza (pinus gerardiana)". LWT - food science and technology, Vol. 50: 306-311, 2013.

11. Atares, L., Perez-Masia, R. & Chiralt, A., "The role of some antioxidants in the HPMC film properties and lipid protection in coated roasted almonds". Food engineering, Vol. 104, 649–656, 2011.

12. Baldwin E.A.,"Surface treatments and edible coatings in food preservation", In: rahman M.S. (Ed.), Handbook of food preservation (pp. 478-508), Florida, USA: boca raton, CRC press, 2007.

13. Baldwin, E.A. & Wood, B., "Use of edible coating to preserve pecans at room temperature". HortScience, vol. 41, NO. 1: 188–192, 2006.
14. Calıkoglu, E., "Effect of coating of hazelnut with edible protein films containing essential oils on the oxidative stability and sensory quality during storage" .Thesis (PhD in food engineering). Ankara university, turkey, abstract, 2008.
15. Chlebowska-Śmigiel, A., Gniewosz, M. & Gąszewska, M., "An Attempt to Apply a pullulan coating to reduce oxidative changes and mass loss in nuts during storage". polish journal of food and nutrition sciences, vol. 58, NO.1: 79-84, 2008.
16. Zhao, Y. "Application of commercial coatings". In: Baldwin, E.A., Hagenmaier, R. & Bai, J. (Eds), Edible coatings and films to improve food quality (p.320-330), 2th edition, florida, USA: CRC Press, 2011.
17. Fabra, M.J., Talens, P. & Chiralt, A., "Microstructure and optical properties of sodium caseinate films containing oleic acid – beeswax mixtures". Food hydrocolloids, vol. 23,NO. 3: 676–683, 2009.
18. Gounga, M.E, Xu, S.Y., Wang Z. & Yang, W.G., "Effect of whey protein isolate-pullulan edible coatings on the quality and shelf life of freshly roasted and freeze-dried chinese chestnut". food science, vol. 73, NO. 4: E155-161, 2008.
19. Guzey, D., & McClements, D. J., "Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry". Advances in colloid and interface science, vol. 128-130: 227-248, 2006.
20. Han, J., Bourgeois, S. & Lacroix, M., "Protein-based coatings on peanut to minimize oil migration". Food chemistry, vol. 115: 462–468, 2009.
21. Han, J.H., Seo, G.H., Park, I.M., Kim. G.N. & Lee. D.S., "Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions". food science, vol. 71: E290–6, 2006.
22. Han, J.H., wang, H.M, Min, S. & Krochta, J.M., "Coating of peanuts with edible whey protein film containing α-tocopherol and ascorby palmitate". food science, vol. 73, NO. 8: E349–355, 2008.
23. Javanmard, M., "Shelf Life of whey protein-coated pistachio kernel (Pistacia Vera L.)". Food process engineering, vol. 31, NO. 2: 247–259, 2008.
24. Kang, H. J., Kim, S. J.,You, Y. S., Lacroix, M. & Han, J., "Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (Juglans regia L.) kernels against lipid oxidation". LWT - Food sScience and technology, vol. 51, NO. 1: 393-396, 2013.
25. Keereekasetsuk, S. & Bourtoom, T., "Influence of plasticizers on the properties of edible film from mung bean protein". 14th World congress of food science and technology, shanghai China, October 2008.
26. Krzemiski, A., Marudova, M., Moffat, J., Noel, T. R., Parker, R., Welliner, N., Ring, S.G., "Deposition of pectin/poly-L-lysine multilayers with pectins of varying degrees of esterification". Biomacromolecules, vol. 7: 498-506, 2006.
27. Lee, S.Y. & Krochta, J.M., "Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography". agricultural and food chemistry, 50: 2022–2028, 2002.
28. Lin, D. & Krochta, M. J., "Whey protein coating efficiency on surfactant modified, hydrophobic surfaces", Journal of agriculture and food chemistry, 53: 5018-5023, 2005.
29. Lopez-Rubio, A., Gavara, R., & Lagaron, J. M., "Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials".Trends in food science and technology, vol. 17: 567-575, 2006.
30. Mehyar, G.F. & Han, J.H., "Physical and mechanical properties of high amylose rice and pea starch films as affected by relative humidity and

plasticizer"., Food science, vol. 69, NO. 9: E449–454, 2006.
31. Mehyar, G.F., Al-Ismail, KH., Han, J.H., & Chee, G.W., "Characterization of Edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine Nuts". Food science: E1-E8, 2012.
32. Mexis, S.F., Badeka, A.V., Riganakos, K.A., Karakostas, K.X. & Kontominas, M.G., "Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts". Food control, vol. 20: 743–51, 2009.
33. Min, S. & Krochta, J.M., "Ascorbic Acid-Containing Whey protein film coatings for control of oxidation". Agricultural and food chemistry, vol. 55, NO. 8: 2964-9, 2007.
34. Monedero, M., Fabra, M.J., Talens, P. & Chiralt, A., "Effect of oleic acid-beeswax, mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films". Food engineering, vol. 91: 509–515, 2009.
35. Nepote, V., Mestrallet, M. G., Ryan, L., Conci, S. & Grosso, N. R., "Sensorial and chemical changes in honey roasted peanuts and roasted peanuts stored under different temperatures". Journal of the science of food and agriculture, vol. 86: 1057-1063, 2006.
36. Pen, L.T. & Jianga, Y.M., "Effects of chitosan coating on shelf life andquality of fresh-cut Chinese water chestnut". Lebensm.-wiss. U.-technology, vol. 36: 359–364, 2003.
37. 50. Zhao, Y. & McDaniel, M., "Sensory quality of foods associated with edible film and coating systems and shelf-life extension". In: Han, J.H. (Ed). innovations in food packaging, academic press (pp 434-453), London: Technology & engineering, 2005.
38. Pinheiro, A.C., Bourbon, A.I. & Quintas, M.A.C., Coimbra, M.A., Vicente, A.A., "K-carrageenan/chitosan nanolayered coating for controlled release of a model bioactive compound". Innovative Food science and emerging technologies, Vol. 16 : 227-232, 2012.
39. Ponce, A. G., Roura, S.I., del Valle, C.E. & Moreira, M.R. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies. Postharvest biology and technology,vol. 49: 294-300, 2008.
40. Pranoto, Y., Salokhe, V., & Rakshit, K. S., "Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil". Food research international, vol. 38: 267-272, 2005
41. Riveros, C. G., Mestrallet, M. G., Quiroga, P. R., Nepote, V. and Grosso, N. R., "Preserving sensory attributes of roasted peanuts using edible coatings". International journal of food science & technology, vol. 48, NO. 4: 850–859, 2013.
42. Shih, F.F., Daigle, K.W. and Champagne, E.T., "Effect of rice wax on water vapor permeability and sorption properties of edible pullulan films". Food chemistry, vol. 127: 118–121, 2011.
43. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F. and Aguilera, J. M., "Food hydrocolloid edible films and coatings". In: hollingworth, C.S. (Ed.), food hydrocolloids: characteristics, Properties and sStructures (P 41-80). Santiago, USA: Department of food science and technology, Nova publisher, 2010.
44. Wambura, P., Yang, W. & Mwakatage, N., "Reduction of roasted peanut lipid oxidative rancidity by power ultrasound and edible coatings containing natural extracts". Journal of food process engineering, vol. 33: 883-898, 2010.
45. Wambura, P., Yang, W. & Mwakatage, N. R., "Effects of sonication and edible coating containing rosemary and tea extracts on reduction of peanut lipid oxidative rancidity". Food and bioprocess technology, vol. 4: 107-115, 2011.

آدرس نویسنده

شیراز – پل پیرنیا – پشت ایران خودرو – خیابان سلمان – پلاک ۸۹ – کدپستی – ۷۱٤٥٨۱۳۳۱۹.