اهمیت بسته‌بندی غذایی مقاوم- به حشرات: چالش‌ها و راهکارها

ترجمه

جعفر میلانی [1*]، پیمان مظفری [2]

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۵

چکیده

علی‌رغم توسعه بسته‌بندی مقاوم- به حشرات، هنوز هم برخی غذاهای بسته‌بندی شده قبل از آنکه مصرف شوند با چالش‌های فراوانی روبرو هستند. یکی از این چالش‌ها که تاکنون نادیده گرفته شده است، هجوم آفات و حشرات به بسته‌های محتوی مواد غذایی در انبار یا محیط خانه و عدم شناخت کافی از مکانیسم ورود آن‌ها است. از آنجایی که افزایش محدودیت‌ها در جهت استفاده از آفت‌کش‌ها و تأکید بر رعایت اصول و الزامات بهداشتی، اولویت اول محصولات است، بنابراین توسعه و ترویج بسته‌بندی مقاوم- به حشرات جزء مسائل مهم برای مصرف‌کننده و تولیدکننده می‌باشد. در این صورت، مصرف‌کننده از مصرف غذای عاری از- حشرات مطمئن است و تولید کننده به خاطر هجوم حشرات به بسته‌های مواد غذایی، درگیر مسائل اخلاقی و حقوقی نمی‌شود. سه راهکار کاربردی در این زمینه وجود دارند که شامل طراحی مناسب بسته‌بندی برای جلوگیری از تهاجم حشرات، استفاده از مواد پلیمری بی اثر، و به کارگیری مواد دافع حشرات با منشأ طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی می‌باشد که در این مقاله به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی، اسانس، حشرات، مکانیسم ورود، مواد دافع

۱- مقدمه

امروزه هزاران نوع بسته‌بندی فقط برای جذب مشتری و افزایش فروش طراحی نشده‌اند، بلکه هدف اصلی آن‌ها حفظ بالاترین کیفیت محصول است. کاغذ و تخته‌های بسته‌بندی، شایع‌ترین مواد مستعد به حمله حشرات می‌باشند. هدررفت غذاهای بسته‌بندی شده ناشی از هجوم حشرات شامل مجموع هزینه‌های برداشت، انتقال، اعمال فرآیند و بسته‌بندی می‌باشد.

بیشتر غذاهای بسته‌بندی شده بعد از تولید تا هنگامی که به دست مصرف‌کننده برسند در معرض هجوم و آلودگی قرار دارند. در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ از آفت‌کش‌ها برای حفاظت در برابر آلودگی و هجوم حشرات استفاده می‌شد. سپس مشخص شد که آفت‌کش‌ها می‌توانند به داخل کاغذ و کارتن‌های بسته‌بندی نفوذ (مهاجرت) کنند. بعد از گذشت چندین دهه به طور کامل مشخص شد که استفاده از مواد شیمیایی در بسته‌بندی‌های مصرفی گزینه مناسبی نیست. اگرچه فرآیندهای غذایی تمام جوانب احتیاط مبنی بر عدم وجود حشرات در کالا را رعایت می‌کنند؛ اما هیچ کنترلی بر حمل و انبارداری آن ندارند. مصرف‌کنندگان صرف نظر از اینکه بسته محصول کجا و چطور آلوده شده است، سازندگان محصول را بابت آلودگی به حشرات مسئول می‌دانند.

وضعیت و چرخه زندگی حشرات و کنه‌هایی که به بسته‌بندی مواد غذایی حمله می‌کنند، متفاوت است.

۱- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

(* نویسنده مسئول: jmilany@yahoo.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران(peyki07@yahoo.com).

درزبندی کامل و بی‌نقص برای بسته‌های مواد غذایی از الزامات است. موادی که به عنوان جذب‌کننده یا دفع‌کننده بکار می‌روند، بخش مهمی از حفاظت مواد غذایی را برعهده دارند. بهترین روش برای محافظت و حفظ مواد غذایی بسته‌بندی شده اعمال اقدامات کنترلی برای جلوگیری از آلودگی توسط حشرات و کنه‌ها است. هر چند حشرات ممکن است به صورت جدا از هم باشند؛ اما بسیاری از گونه‌های آفات با انتشار پیام‌های شیمیایی شناخته شده به عنوان فرومون[1] باعث جذب جنس مخالف و شروع تولیدمثل می‌شوند. افزایش نرخ رشد ۲۰ تا ۳۰ درصدی در هر ماه غیرمعمول نیست، حتّی برای برخی کنه‌ها نرخ رشد بالاتر هم در شرایط مطلوب قابل تصور است. با افزایش محدودیت‌های بهداشتی در تجارت غذا، کشف حتّی یک حشره می‌تواند منجر به طرد شدن توسط بهداشت گمرک همراه با عواقب شدید اقتصادی و قانونی برای همه کسانی که در این انتقال و جابه‌جایی نقش داشته‌اند، باشد.

محصول، مدّت زمانی که باید نگهداری شود و هزینه‌های تحویل محصول به مصرف‌کننده با بالاترین کیفیت و سایر عوامل باید هنگام طراحی بسته‌های مقاوم به حشرات در نظر گرفته شوند.

۲- مکانیسم ورود حشرات به بسته‌بندی

عمده‌ترین آفاتی را که به بسته‌های غذایی حمله می‌کنند می‌توان به دو دسته حشرات سوراخ‌کننده و مهاجم تقسیم نمود. مهاجمین، حشراتی هستند که عموماً دارای بخش‌های دهانی ضعیفی هستند و در نتیجه از طریق سوراخ‌های ناشی از صدمات مکانیکی، مهر و موم معیوب و روزنه‌های ایجاد شده توسط حشرات سوراخ‌کننده، وارد بسته می‌شوند؛ اما حشرات سوراخ‌کننده خود قادر به نفوذ در بسته‌بندی هستند. جدول(۱) نشان‌دهنده رایج‌ترین این گونه‌هاست. بیشتر آلودگی‌ها از طریق درزها و منافذ صورت می‌گیرد و بیشتر حشرات ترجیح می‌دهند که در

جدول ۱– دسته‌بندی آفات بسته‌بندی به دو دسته نفوذکننده و مهاجم

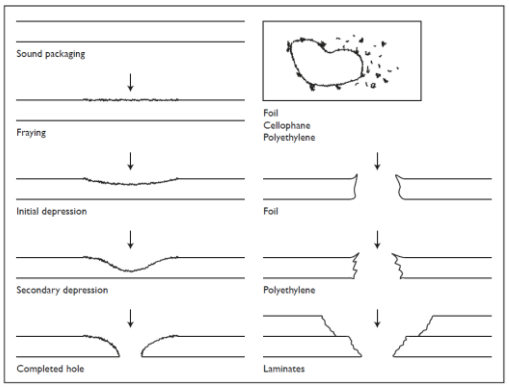
حشرات مهاجم	حشرات سوراخ کننده
Red flour beetle (*T. castaneum.*)	Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum)*
Confused flour beetle (*T. confusum*)	Confused Flour Beetle (*T. confusum)*
Merchant grain beetle (*Oryzaephilus mercator)*	Warehouse beetle (*Trogoderma glabrum)*
Sawtoothed Grain Beetle (*O. surinamensis*)	Rice weevil (*Sitophilus oryzae*)
Almond moth larvae (*C. cautella*)	Almond moth larvae (*Cadra cautella*)
Indianmeal moth larvae (*P. interpunctella*)	Indian meal moth larvae (*Plodia*
Squarenecked grain beetle (*Cathartus quadricollis*)	Lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*)
Flat grain beetle (*Cryptolestes pusillus*)	Cadelle (*Tenebrodes mauritanicus*)
Rice moth larvae (*Corcyra cephalonica*)	Drugstore beetle (*Stegobium paniceum*)

استفاده از بسته‌بندی‌های مقاوم به حشرات، رایج‌ترین روش برای جلوگیری از آلودگی به حشرات بدون استفاده از سموم شیمیایی و مواد دافع است. آلودگی به حشرات، اغلب ناشی از مشکلات مربوط به حمل و نقل و یا انبارداری طولانی مدّت تحت شرایط نامطلوب در انبار یا قفسه‌ها می‌باشد. از سال ۱۹۹۰ تلفات ناشی از حشرات با استفاده از بسته‌های مقاوم به حشرات کاهش پیدا کرده است. ارزش

فضاهای باریک مثلاً د کیسه‌های کاغذی یا کارتن‌های چند لایه تخم‌گذاری کنند. این مکان‌ها به عنوان یک پناهگاه برای تخم‌ها هستند و برای لاروهای تازه از تخم بیرون آمده محل مناسبی هستند تا به بسته هجوم آورند. بریکلی[2] و همکاران (۱۹۷۳) نحوه نفوذ حشرات به بسته‌های مواد غذایی را مطابق (شکل ۱) نشان داده‌اند.

1- Pheromone

2- Rickey



شکل ۱ – نحوه نفوذ حشرات به بسته‌بندی‌های مواد غذایی

هنگام مواجهه با غذای آماده مصرف هر دو نوع مهاجمین و سوراخ‌کننده‌ها از هر گونه بازشدگی در بسته‌بندی برای ورود استفاده می‌کنند. این بازشدگی‌ها ممکن است به خاطر جویدن سوراخ‌کننده‌ها به عنوان شکاف و پارگی یا سوراخ‌های به وجود آمده در حین فرآیند بسته‌بندی و حمل‌ونقل باشند. روزنه‌ها همچنین ممکن است توسط سازنده به شکل منفذ و مخرجی برای ثبات فشار تعبیه شده باشد. از این طریق، سازنده مانع ترکیدن، منقبض شدن و خرد شدن بسته‌های غذایی در خلال حمل‌ونقل و تغییر شرایط دمایی و ارتفاع می‌شود.

۳- طراحی بسته‌بندی

بسته‌بندی عبارت است از: ساخت یا تهیه ظرف محافظی که سلامت کالای مظروف یا محتوای خود را در فاصله زمانی بعد از تولید و در مراحل حمل و نقل، انبارداری، توزیع تا مصرف نهایی حفظ نموده و از صدمات احتمالی فیزیکی یا شیمیایی آن جلوگیری می‌نماید.

بسته‌بندی معمولاً متناسب و در خور محصول انجام می‌شود و برای آخرین مرحله انبار مانی محصول طراحی می‌گردد. یکپارچگی بسته‌بندی و مواد مورد استفاده در بسته‌بندی از الزامات بسته‌بندی برای جلوگیری از آلودگی هستند. بیشتر غذاهای فاسد نشدنی در بسته‌های آماده به مصرف توزیع می‌گردند و بیشتر آن‌ها مانند کنسروها مستعد و حساس به حمله حشرات هستند. مهر و موم و درب‌بندی ظروف بسته‌بندی را می‌توان با تغییر در الگو یا نوع بسته بندی استفاده شده بهبود بخشید. به طور کلی باید درب‌بندی به‌گونه‌ای باشد که هیچ گونه درز و منفذ برای خزیدن و ورود حشرات به داخل بسته وجود نداشته باشد. از چین‌ها و پیچ خوردگی‌ها باید اجتناب شود زیرا آن‌ها نقاط ضعیفی بوده و راه آسانی برای ورود حشرات به شمار می‌آیند. در یک بررسی مشخص شد وقتی غذاهای آماده در معرض هجوم لاروهای شب پره هندی قرار گرفتند، بسته‌هایی که به طور کامل درز بندی شده و فاقد خمیدگی و چین خوردگی بودند در مقایسه با بسته‌بندی‌های مشکل‌دار تا بیست و هشت روز بیشتر سلامتی خود را حفظ نمودند.

برای همپوشانی باید سرتاسر بسته‌بندی محکم و بطور کامل درزبندی گردد. اگر درزبندی به طور کامل انجام نشود حشرات می‌توانند از گوشه‌های چندلایه و خمیده وارد شوند. ولی اگر به صورت محکم درزبندی انجام گیرد ورود حشرات محدود می‌گردد و شانس آلودگی کاهش می‌یابد. یکی دیگر از راه‌هایی که مانع آلودگی به حشرات می‌شود استفاده از موانع بو می‌باشد. بوی غذاها ممکن است با استفاده از موانع بو، برای حشرات قابل تشخیص نباشد و در نتیجه بسته برای حشرات غیرقابل شناسایی شده و مصون بماند.

٤- انتخاب مواد بسته‌بندی مناسب

کاغذ هنوز یکی از پرمصرف‌ترین مواد برای بسته‌بندی بوده و اغلب برای محافظت مواد غذایی بکار می‌رود. کاغذ مقاومت کمی در برابر نفوذ حشرات دارد ولی با این وجود یک مانع رطوبتی عالی و همچنین یک عایق چربی است. یکی از اولین مواد مصنوعی برای بسته‌بندی که به صورت تجاری درآمده‌است، سلوفان تولید شده از پلیمر سلولز گیاهی $(C_6H_{10}O_5)_n$ می‌باشد. از ویژگی‌های مطلوب سلوفان شفافیت، وضوح و روشنی و تحمل به حرارت را می‌توان نام برد.

پلی‌وینیلیدین کلراید[1](PVDC) مانع خوبی در برابر بو است ولی اگر به تنهای استفاده شود مانع ضعیفی برای حشرات به شمار می‌رود. هرچند ورقه‌های حاوی پلی‌استر و ساران وقتی پلی‌استر در لایه خارجی قرار گیرد محافظت خوبی را در برابر هجوم حشرات را باعث می‌شوند. استفاده از فیلم‌های پلیمری انعطاف‌پذیر در بسته‌بندی می‌تواند در برابر یک یا چندین گونه از حشرات مقاومت کند. پلاستیک در قیاس با کاغذ برای بسته‌بندی مزیت‌هایی دارد. برای مثال، می‌توان اطمینان داشت که مواد موجود ثبات بیشتری دارند. بسته‌های پلاستیکی رنگ پذیر و جذّاب بوده و ساخت آن‌ها در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف امکان‌پذیر می‌باشد.

بررسی انجام شده در وزرات کشاورزی آمریکا در منهتن[2]نشان داد که مواد پلاستیکی در برابر هجوم بیشتر حشرات و آفات انباری مقاوم هستند. به تازگی کیسه‌های پلاستیکی ایستاده محبوبیت پیدا کرده‌اند.

این کیسه‌ها مقاومت زیادی در برابر نفوذ حشرات نشان دادند. کیسه‌های ایستاده زیپ‌دار ساخته شده از پلی‌استر، فویل، نایلون، ورقه‌های پلی‌پروپیلین استحکام بالا همراه با سبکی وزن و مقاومت عالی در برابر حشرات را نشان داده‌اند. موادی که غالباً در بسته‌بندی مواد غذایی بکار می‌روند در (جدول ۲) قرار گرفته‌اند.

مطالعات انجام گرفته توسط کلاین (۱۹۷۸) نشان داد که میزان زنده‌ماندن حشرات در کیسه‌های پلاستیکی غیر-قابل نفوذ به هوا کاهش یافته و هیچ حشره‌ای در کیسه‌های سوراخ نشده بعد از ۱۲ هفته باقی نمی ماند. ون ریکگهم[3] (۲۰۱۱) چند مورد از مواد بسته‌بندی را که عموماً استفاده می‌شوند همراه با مقاومتشان به حشرات فهرست کرد(جدول۳).

جدول ۲- خصوصیات برخی از مواد که غالباً در بسته‌بندی‌های مواد غذایی استفاده می‌شوند.

ماده	استحکام کششی	شکل پذیری حرارتی	نفوذ پذیری در ۲۵ °C (litres/m².day.atm)			انتقال حرارت (g/m².day)
			اکسیژن	نیتروژن	دی اکسید کربن	
پلی اتیلن LD	خوب	خوب	۷/۸	۲/۸	۴۲	۱۶-۲۴
پلی اتیلن HD	خوب	ضعیف	۲/۶	۰/۶۵	۷/۶	۶-۱۰
پلی پروپیلن	متوسط	خوب	۲-۳/۷	۰/۴-۰/۷	۸-۱۰	۶-۱۲
اتیلن وینیل استات (EVA)	ضعیف	خوب	۱۲/۵	۴/۹	۵۰	۴۰-۶۰
پلی وینیل کلراید (PVC)	خوب	خوب	۰/۱۵-۰/۳۵	۰/۰۶-۰/۱۵	۰/۴۵-۱	۲۲-۴۰
پلی وینیدین کلراید (PVdC)	متوسط	خوب	۰/۰۱-۰/۰۰۲	۰/۰۰۲-۰/۰۰۱	۰/۰۱-۰/۰۳	۰/۸-۲/۳
نایلون ۶ (پلی آمید)	خیلی خوب	ضعیف	۰/۰۴-۰/۰۸	۰/۰۱۴	۰/۱۵-۰/۱۹	۸۰-۳۰۰
پلی اتیلن تترافتالات	خیلی خوب	متوسط	۱۵-۳۰	۰/۰۱۵-۰/۰۱۸	۰/۱۸-۰/۳۹	۲۰-۵۰
پلی استرین- بوتادین	خوب	خوب	۵	۰/۸	۱۸	۱۰۰-۱۲۵
اتیلن وینیل الکل	متوسط	ضعیف	۰/۰۰۱-۰/۰۰۵	-	-	۸۰-۱۶

1- Polyvinylidene Chloride

2- USDA Grain Marketing and Production Research Center in Manhattan, Kan

3- Van Ryckeghem

جدول۳- انواع مواد استفاده شده در بسته‌بندی و سطح مقاومت آن‌ها به حشرات

مقاومت کامل	شیشه‌ها و قوطی‌های دربندی شده تحت خلا
ضد نفوذ حشرات	پلی‌کربنات، پلی اتیلن تری فتالات، نایلون‌های پلی استر
مقاوم به نفوذ حشرات	سلولزاستات، پلی آمید، پلی اتیلن (با ضخامت ۲۵۰ میکرون)، پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید
مستعد	آکریلونیترات، پلی لاکتیک اسید (پلاستیک زیست تخریب پذیر)، پلی اتیلن (۱۲۵ میکرون)
بدون مقاومت	اتیلن وینیل استات، پلی اتیلن (۲۵-۱۰۰ میکرون)، کاغذ کرافت، مقوا، کاغذ، فویل، پلی وینیلیدین کلراید (ساران)

۵- مواد دافع [1]

مواد دافع یا دورکننده‌ها از لحاظ لغوی به موادی اشاره دارند که مانع از ورود حشرات و حرکت آن‌ها روی سطح مورد نظر می‌شوند. استفاده از دافع‌ها در پوشش بسته‌بندی‌ها برای جلوگیری از هجوم حشرات زمینه‌ای است که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. در طی سال‌ها تعداد زیادی از فرمولاسیون‌های مواد دافع، مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که میزان موفقیت پایینی داشتند. مطالعات صورت گرفته توسط محققان مطرح، شامل ترکیبات طبیعی و سنتزی بودند. این ترکیبات شامل روغن چریش، متیل سالسیلات[2] مشتقات DEET و تنظیم کننده‌های رشد حشرات بودند. بسیاری از این ترکیبات در آزمون‌های آزمایشگاهی مؤثر بودند. بوی غذاهای بسته مواد غذایی تا حد زیادی یا به طور کامل اثرات مواد دافع را کاهش می‌دهد. مشکل دیگر در این زمینه، نفوذ و مهاجرت ترکیبات مواد دافع به داخل بسته‌هاست. اخیراً، ترکیبی تجاری بر پایه متیل سالسیلات (Repellcoat ™) ثبت اختراع شده و مجوز استفاده در بسته‌بندی را توسط EPA[3] و FDA[4] دریافت نموده است. معرفی این ماده، اعطای مجوز را برای سایر ترکیبات آسان‌تر نمود. در سال ۲۰۰۹ سازمان حفاظت از محیط زیست مجوز استفاده از پروویژن گارد[5] را که بر پایه متوپرن[6] است صادر کرد که در حال حاضر، به طور قابل ملاحظه‌ای در بسیاری از بسته‌بندی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشخص شده که پروویژن گارد در کاهش ورود شب پرهٔ هندی در محصولات فلّه‌ای تا حدود ۹۹/۵ ٪ مؤثر بوده است. مواد دافع حشرات را می‌توان به دو دسته طبیعی و شیمیایی (DEET[7]، متیل بنزن آمید[8] و ...) تقسیم کرد. از مواد دافع حشرات استخراج شده از گیاهان می‌توان سیترونلا[9]، یوژنول[10]، کارواکرول[11]، تیمول[12]، لینالول[13] را نام برد.

۶- توسعه و پیشرفت

۶-۱- شناسایی و کنترل آفات

شاید تأکید عمده برای توسعه‌های آینده در زمینه غذاهای بسته‌بندی شده به خاطر مشکلات آفات، بهبود و توسعه سامانه‌های تلفیقی مدیریت آفات از طریق پژوهش‌هایی برای شناسایی زود هنگام گونه‌های آفت باشد. هر گونه تشخیص زود هنگام امکان انتخاب طیف وسیع‌تری از گزینه‌ها و اقدامات برای تأخیر، یا دور زدن مشکلات آفات و کاهش اتکا به کنترل شیمیایی را می‌دهد. در گذشته تأکید بر توسعه تله‌های اختصاصی به گونه‌ای بود که توسط مطالعات همسو مانند شناسایی فرمون‌های جنسی حشرات تسهیل می‌شد. در حالی که تله‌های ساخته شده با فرمون‌های سنتزی در برابر گونه‌هایی از آفات

1- Repellents
2- Methyl Salicylate
3- Environmental Protection Agency
4- Food and Drug Administration
5- ProvisionGard™
6- Methoprene
7- N,N-Diethyl-Meta-Toluamide
8- Methyl Benzamide
9- Citronella
10- Eugenol
11- Carvacrol
12- Thymol
13- Linalool

پروانه و برخی سوسک‌ها بسیار موفق بودند؛ اما، برای گونه‌هایی از سوسک با چرخه زندگی طولانی یعنی گونه‌هایی که نقش فرمون‌ها از ترکیبات شیمیایی برای تجمع و جفت‌یابی کمتر است و یا در مواد غذایی که مواد فرّار دارند، تأثیر پایینی داشتند. بسیاری از روش‌های دیگر برای شناسایی حشرات از قبیل: شناسایی براساس تشخیص صوتی، تشخیص الکترونیکی بو، بررسی اشعه ایکس، سنجش میزان هورمون‌ها، دستگاه بصری و بررسی کیفی مورد بررسی قرار گرفتند. هر کدام از برنامه‌ها منحصراً در شرایط خاصی بکار می‌روند که نشان‌دهنده گستردگی و پیچیدگی این زمینه است. ما به طور فزاینده‌ای شاهد ظهور راهکارهای خاص برای حشرات همراه با سامانه‌های مدیریت آفات هستیم که برای پاسخ به زمان‌های بحرانی طراحی شده‌اند.

٦-٢- محافظت از مواد غذایی

اکثر مواد غذایی خشک، مستعد هجوم حشرات هستند، بخصوص آن‌هایی که رطوبت نسبی بالاتر از ٦٥٪ دارند و افزایش انتقال آلودگی‌ها در تجارت بین‌المللی، به صورت بالقوه به صورت تهدید اصلی در نقل و انتقالات باقی می‌ماند. قانون خواستار بالاترین استانداردها برای هر محصول غذایی مورد مصرف انسان، در جهت حذف آلودگی‌های حشرات، است. بدون شک بسته‌بندی، یک اقدام مؤثر برای کاهش دسترسی آفات در محصولات است؛ اما در برابر حمله آفات آسیب ناپذیر نیست. هر گونه اقدام در جهت بهبود بسته‌بندی، کاهش مهر و موم ناقص، حذف روزنه‌ها، چین خوردگی‌ها و زاویه‌ها که مستعد آسیب‌های فیزیکی هستند و یا مکان نفوذ برای ورود قسمت‌های دهانی حشرات هستند، مشخصاً در اولویت قرار دارند. اقدامات کنترلی مؤثر در مهم‌ترین مرحله یعنی محصول خام، یک شروع مهم در زنجیره تا محصول نهایی است. تسهیل در پخش فرآورده‌ها به منظور کاهش زمان انبارداری و اجتناب از ذخیره‌سازی در کنار سایر محصولات مستعد، از اهداف دیگر جلوگیری از مشکلات آلودگی هستند. همه این اقدامات دارای پیامدهای اقتصادی هستند و تنها در صورتی امکان‌پذیر هستند که محصول سود مناسبی داشته باشد. هر چند حضور آفات می‌تواند به حداقل برسد ولی برای حذف کامل آفات هیچ تضمینی وجود ندارد. بنابراین اقدامات اضافی برای دور نگه داشتن حشرات باقیمانده در داخل و یا نزدیکی بسته لازم است. حشره‌کش‌ها یک انتخاب اولیه آشکار هستند؛ اما مشکلات انتقال مواد شیمیایی به داخل مواد غذایی هم وجود دارد.

٦-٣- میکروکپسولاسیون[1]

میکروکپسول‌های حاوی روغن آویشن از طریق پلیمریزاسیون[2] و ملامین فورمالدئید[3] در دیواره استفاده شد و سه نوع متفاوت امولسیفایر[4] (پلورونیک[5] F-127، توین ٨٠ و سدیم لوریل سولفات[6] [SLS]) تهیه شدند. خصوصیات عمومی و چگونگی آزادسازی میکروکپسول‌ها، و اثرات دافعه آن‌ها بر روی حشرات مورد بررسی قرار گرفتند. ریزساختار میکروکپسول‌های میکروکپسول‌های که در آن‌ها از SLS استفاده شده بود شکل مارپیچی همراه با سطح صاف بود. شروع تجزیه و تخریب میکروکپسول‌ها در دمای ١٥٠ درجه سلسیوس بوده اندازه ذرّات بین ١ تا ١٠ میکرومتر بود و شدّت تأثیرگذاری روغن تیمول[7] به طور مشخص به نوع امولسیفایر بستگی داشت. بالاترین تأثیرگذاری در میکروکپسول‌های SLS همراه با مقاومت حرارتی خوب و سطح صاف بود. رهاسازی روغن تیمول از میکروکپسول‌ها تنها به دمای ذخیره‌سازی بستگی ندارد زیرا میکروکپسول‌ها رهاسازی را در مدّت زمان طولانی‌تری نشان دادند. رژیم غذایی که با روغن آویشن میکروکپسول شده همراه شده بود، دافعه بالای ٩٠٪ حشرات در طول ٤ هفته را نشان دادند.

1- Microencapsulation
2- Polymerization
3- Melamine–Formaldehyde Prepolymer
4- Emulsifiers
5- Pluronic
6- Sodium Lauryl Sulfate
7- Thyme Oil

اخیراً، اسانس‌های استخراج شده از گیاهان به دلیل سازگاری با طبیعت و خصوصیات تجزیه‌پذیری، به عنوان جایگزین سموم شیمیایی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از این دسته اسانس‌ها، اسانس آویشن استخراج شده از گونه تایمس والگریس[1] دافعه مؤثر حشرات شناخته شده است. کلوید[2] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند ترکیب نعناع و آویشن سبب مرگ و میر شپشک مرکبات به میزان ۸۹٪ شدند. در تحقیق دیگری اصلان و همکاران(۲۰۰٤) نشان دادند که بخار آویشن برای کنه‌های دو نقطه‌ای در گلخانه سمّی بود. بیشتر اسانس‌ها در برابر اکسیژن و نور حساس می‌باشند و در دماهای بالا فرّار هستند. فنّاوری میکروکپسول نمودن به منظور بهبود رهاسازی تدریجی موجب ثبات در برابر آسیب‌های محیطی می‌شود. دو نوع مواد برای جداره بکار می‌روند: پلیمرهای طبیعی ومصنوعی. از پلیمرهای طبیعی می‌توان کیتوزان[3]، ژلاتین[4]، آلژینات[5] و پلی لاکتید[6] را نام برد که سازگار با محیط زیست هستند و به خاطر سامانه رهایش تدریجی در مورد داروهای ناپایدار و غذاهای با ترکیبات خاص استفاده می‌شوند. با این حال، بیشتر میکروکپسول‌های ساخته شده از پلیمرهای طبیعی در مقایسه با پلیمرهای مصنوعی در مواجهه با عوامل محیطی شدید خصوصیات فیزیکی پایین، پایداری حرارتی ضعیف و رهاسازی کوتاه مدّتی دارند. پلیمرهای مصنوعی از قبیل ملامین، اوره به دلیل سمّی بودن برای محصولات غذایی، مستقیماً استفاد نمی‌شوند و با ترکیب پلیمرهای دیگر خصوصیات فیزیکی و مقاومت حرارتی بالا و رها سازی طولانی مدّت را امکان‌پذیر می‌سازند.

٦-٤- تأثیر اسانس‌ها در بسته‌بندی برای دور کردن حشرات

اسانس‌های روغنی دارای ترکیباتی بسیار فرّار، با خواص چربی دوستی و بوی قوی هستند. اسانس‌های روغنی و مشتقات آن‌ها، دارای خصوصیات ضد حشره هستند که می‌توانند جایگزینی برای آفت‌کش‌های شیمیایی باشند. به طور کلی، عملکرد اسانس‌های با خواص ضدحشره‌ای از طریق تأثیر آن‌ها بر روی سامانه عصبی حشرات است.

بسیاری از مطالعات در سال‌های گذشته در جهت گسترش بسته‌بندی‌های با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی بوده است؛ اما تعداد کمی پژوهش در زمینه، مواد بسته‌بندی دافع حشرات صورت گرفته است. اثر دافعه مواد بسته‌بندی شامل سه نوع اسانس: سنبل هندی، پونه کوهی و رزماری بررسی شد. بررسی خصوصیات شیمیایی فیلم‌های دورکننده توسط کروماتوگرافی[7] گازی و مس اسپکتروفتومتری[8] انجام گرفت. نتایج به دست آمده در پتری دیش[9] نشان داد که اسانس‌ها در غلظت‌های بالای ۰/۰۰۵ میکرولیتر بر سانتی‌مترمربع، اثر دور کنندگی بر روی سوسک قرمز آرد داشتند. نتایج بررسی فیلم‌های پوششی سمولینای[10] گندم، نشان داد که دفع‌کنندگی به میزان ۵۳ تا ۸۷٪ به ترتیب برای سنبل هندی و رزماری بود. به طور کلی، سیترونلول[11] و ترانس-گرینول[12] ترکیبات کلیدی اسانس سنبل هندی هستند که بر روی سوسک قرمز آرد اثر دفع‌کنندگی داشتند. هم چنین لینالول[13] در همه اسانس‌های مورد آزمایش، بیشترین تأثیرات دورکنندگی را روی تی- کاستنیوم[14] داشت.

1- Thymus Vulgaris
2- Cloyd
3- Chitosan
4- Gelatin
5- Alginate
6- Poly(l-Lactide)
7- Chromatography
8- Mass Spectrometry
9- Petri Dishe
10- Semolina
11- Citronellol
12- Trans-Geraniol
13- T. Castaneum
14- T. Castaneum

در تحقیق دیگری اثرات ضد حشرهٔ فیلم‌های چند لایه بر روی آلودگی‌های پلدیا اینترپانکتلا[1] در آرد برنج قهوه‌ای بررسی شد. فعالیت ضد حشرهٔ پنج اسانس روغنی، سیر، پیاز، رنجبیل، فلفل قرمز، فنل، آلیل دی سولفید و آلیل مرکاپتان مقایسه شدند و میزان تأثیر آن‌ها بر ضد حشرات با توجّه به غلظت مطلوب آن‌ها مقایسه شد(به صورت فومیگاسیون[2] یا بخار). اسانس‌های پیاز و سیر و مشتقات آن‌ها ترکیبات ضدحشرهٔ متفاوتی داشتند. همچنین آزمون تحمل دربرابر سوراخ شدن فیلم‌های چند لایه برای جلوگیری از ورود لاروهای پی- اینترپانکتلا انجام شد. فیلم‌های محتوای آلیل دی سولفید ۵٪ بیشترین تحمل به پارگی را داشتند. در بررسی دیگر هم آلیل دی سولفید ۵٪، باعث تغییرات قابل توجّه در برنج پس از پختن نشد.

۶-۵- توسعه فیلم‌های بسته‌بندی ضدحشرات حاوی پلی‌وینیل الکل و امولسیون روغن دارچین

فیلم‌های بسته‌بندی ضد حشرات شامل اسانس دارچین انکپسوله شده[3] با پلی‌وینیل الکل برای ارزیابی دفع‌کنندگی بر روی لاروهای شب پرهٔ هندی، تهیه شدند. چهار نوع فیلم چند لایه تهیه شدند: فیلم کنترلی(شاهد)، فیلم اسانس آویشن ٪۲، فیلم اسانس آویشن ۱٪ انکپسوله شده و فیلم اسانس آویشن ۲٪،فیلم اسانس آویشن ۱٪ انکپسوله شده و فیلم اسانس آویشن ۲٪ انکپسوله شده. تفاوت معنی‌داری بین فیلم‌ها از نظر خصوصیات فیزیکی، استحکام کششی و تحمل در برابر پارگی وجود نداشت. در آزمون دفع‌کنندگی، فیلم اسانس آویشن ۲٪ اثرگذاری بیشتری داشت.

۷- نتیجه گیری

بسته‌بندی‌های مواد غذایی قبل از آنکه مصرف شوند با چالش‌های فراوانی روبرو هستند. این مسائل شامل نقص بسته در حین تولید، دست زدن و تکان خوردن در هنگام حمل‌ونقل، شرایط انبارداری و ذخیره نامناسب، عدم چرخش مناسب محصول و باز کردن نامناسب در خانه است. افزایش محدودیت‌ها در جهت استفاده از آفت‌کش‌ها و تأکید بر رعایت اصول بهداشتی، اولویت اول محصولات تقاضا شده است، بنابراین توسعه بسته‌بندی‌های مقاوم به حشرات جز مسائل مهم برای مصرف‌کننده و تولیدکننده است. مصرف‌کننده از مصرف غذایی عاری از حشرات مطمئن شده و تولیدکننده به خاطر هجوم حشرات به بسته‌های مواد غذایی درگیر مسائل اخلاقی و حقوقی نمی‌شود. تحقیقات آینده در این زمینه، منجر به توسعه مؤثر روش‌های بسته‌بندی می‌شود تا بسته‌های مواد غذایی به هنگام مصرف شدن، عاری از حشرات باقی بمانند. بنابراین این مقاله باعث تشویق کارهای آینده براساس سوبسترای فعال، دُزهای مصرفی، روش‌های عملیات و آفات مهم بسته‌بندی، می‌شود. استفاده از بسته‌های دافع حشرات می‌تواند باعث کاهش ضخامت پوشش بسته‌بندی شده و از حجم زیاد بسته‌بندی کاسته شود(مثلاً استفاده از حجم زیاد پلاستیک بیش از مقدار مورد نیاز). پتانسیل اسانس‌های گیاهی می‌تواند پاسخگوی تحقیقات برای پیدا کردن روش‌های سازگار با محیط زیست و محافظ ایمن مواد غذایی، باشد.

۸- منابع

1.Michael A. Mullen, Jade M. Vardeman, and Jim Bagwell. (2012). **"Importance of Insect-Resistant Packaging: Challenges and Solutions".** Translated by Mohammadzadeh Milani, J. Mozaffary, P., Vol.12, 1-8.

آدرس نویسنده

استان مازندران- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری – گروه علوم و صنایع غذایی- صندوق پستی ۵۷۸.

1- Plodia Interpunctella
2- Fumigation
3- Encapsulated