

## مطالعه مروری بر روند مهاجرت مواد از بسته‌بندی به داخل ماده غذایی

مریم تاکی<sup>۱</sup>، عاطفه عابدی<sup>۱</sup>، مهدی فرهودی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۱

پیام نگار: farhoodi@sbmu.ac.ir

### چکیده

در واژه‌شناسی بسته‌بندی مواد غذایی، مهاجرت عمدتاً، بنابر تعریف، عبارت است از انتقال مواد از بسته‌بندی به داخل ماده غذایی. از لحاظ ایمنی ماده بسته‌بندی، بررسی مهاجرت مواد بسته‌بندی که عموماً از پلاستیک، کاغذ، مقوا و یا مواد لاکه تشکیل می‌شوند، از اهمیت خاصی برخوردار است. موادی که در نتیجه تماس یا برهم‌کنش بسته‌بندی و محصول منتقل می‌شوند، مواد مهاجر نامیده می‌شوند. مهاجرت مواد از بسته‌بندی به مواد غذایی از قوانین کلی انتقال جرم پیروی می‌کنند و مهمترین فرایند در رخداد آن پدیده انتشار است که ممکن است به شدت تحت تاثیر واکنش درونی ترکیبات غذایی با ماده بسته‌بندی باشد. این واکنش‌ها ممکن است خصوصیات بسته‌بندی را تغییر دهد. نوع ماده شیمیایی که می‌تواند از ظرف بسته‌بندی غذا به داخل غذا مهاجرت کند، به نوع ماده و جنس ظروف بسته‌بندی بستگی زیادی دارد. مواد بسته‌بندی عموماً مدت زمانی طولانی در تماس نزدیک با غذایی‌اند. به دلیل ایجاد چنین شرایط مساعدی برای انتقال مواد از بسته‌بندی به داخل غذا، بسیاری از کشورها قوانین خاصی را برای کنترل مواد بسته‌بندی وضع کرده‌اند که خطری برای سلامتی انسان نداشته باشند.

**کلیدواژه‌ها:** مهاجرت، بسته‌بندی، انتشار، ماده غذایی، انتقال جرم

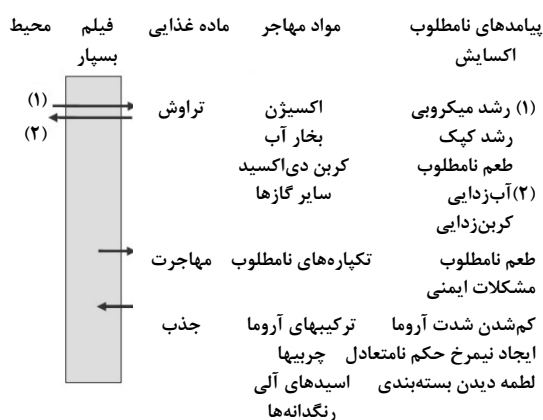
### ۱. مقدمه

مواد غذایی و نوشیدنی‌ها می‌توانند شرایط تهاجمی داشته باشند، یعنی ممکن است با موادی که با آن‌ها در تماس‌اند واکنش دهند. مثلاً، مواد غذایی اسیدی می‌توانند باعث زنگ زدن فلزات شوند. چربی‌ها و روغن‌ها می‌توانند باعث تورم و صاف شدن پلاستیک شوند، و نوشیدنی‌ها می‌توانند به متلاشی شدن کاغذها و مقواهای محافظت نشده منجر شوند. همچنین ممکن است ترکیبات شیمیایی موجود در مواد بسته‌بندی به داخل غذاهای بسته‌بندی شده مهاجرت کنند. فلزات، شیشه، سرامیک، پلاستیک، لاستیک و کاغذ

به طور کلی، اهمیت بسته‌بندی ماده غذایی آنجاست که مواد غذایی را در برابر فساد ناشی از عوامل خارجی (چون آفات، بو، ریزاندامگانها، نور و اکسیژن) محافظت می‌کند. در خلال تولید، حمل‌ونقل، ذخیره سازی، آماده سازی و مصرف، غذا با مواد مختلف در تماس است اما امر مهمتر و آشکارتر "بسته‌بندی" است.

\* تهران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی

در تماس با آن می‌شوند که ثمره آن ایجاد ترکیبات بو و طعمی نامطلوب و نیز مشکلات مربوط به ایمنی است، زیرا بسیاری از این ترکیبات مهاجر از لحاظ زهرشناسی ترکیبات سمی‌اند و برای سلامت مصرف‌کننده زیانبارند و ممکن است ترکیباتی جهش‌زا یا سرطانزا باشند و در برخی موارد چون استایرن اختلالات عصبی را نیز سبب می‌شوند؛ در حالت سوم یعنی تراوش، اکسیژن، بخار آب، کربن دی‌اکسید و سایر گازها از محیط خارج از بسته‌بندی وارد ساختار بسپار و سپس ماده غذایی می‌شود که نتیجه آن اکسایش، رشد میکروبی، رشد کپک و ایجاد طعم و بوی نامطلوب<sup>۷</sup> است. در حالت دیگر، ممکن است این گازها از داخل ماده غذایی خارج و سبب آب‌زدایی (دهیدراسیون) و یا کربن دی‌اکسید<sup>۸</sup> شوند.



شکل ۱. کنش و واکنشهای بین مواد غذایی، فیلم بسپار و محیط (اهوناینن<sup>۹</sup>، ۲۰۰۳) [۶]

#### ۴. سازوکار انتقال جرم

نیروی محرکه اصلی انتقال ترکیبات از طریق سیستم بسته‌بندی، گرایش رسیدن به تعادل پتانسیل شیمیایی است. انتقال جرم از طریق مواد پلیمری می‌تواند به صورت فرایندی چند مرحله‌ای توصیف شود (شکل (۲)).

اولاً، مولکولها با سطح بسپار برخورد می‌کنند. سپس جذب سطحی<sup>۱۰</sup> صورت می‌گیرد و در توده بسپار حل می‌شوند. در فیلم بسپاری، مولکولها جست و خیز می‌کنند، یا به بیانی دیگر به صورت تصادفی پخش می‌شوند، به طوری که انرژی جنبشی آنها را به صورت

می‌توانند مقداری جزئی از ترکیبات شیمیایی خود را در هنگام تماس با انواع خاصی از مواد غذایی، آزاد کنند. این آزاد شدن مواد شیمیایی به غذا مهاجرت خوانده می‌شود [۱]. انتقال جرم از یک منبع خارجی به داخل ماده غذایی از طریق فرایندهای زیر میکروسکوپی را مهاجرت می‌گویند.

#### ۲. تاریخچه

شپرد<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۲ و کیم کانگ<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۰ به این نتیجه رسیدند که برخی خواص مواد بسپاری نظیر وزن مولکولی، کریستالیسیون (بلورینگی)، چگالی، انشعابات زنجیره‌ای، و غلظت اولیه مواد مهاجر در بسپار، بر میزان مهاجرت تاثیر می‌گذارند. افزایش وزن مولکولی و چگالی بسپار، مهاجرت مواد مهاجر موجود در بسپار را کاهش می‌دهند. علاوه بر این عوامل، دمای نگهداری، مدت زمان تماس، وزن مولکولی مواد مهاجر، ضخامت بسته‌بندی بسپاری و سطح تماس نیز بر میزان مهاجرت تاثیر می‌گذارد [۳-۴]. بیگلی و هاتفیلد<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۹ امکان مهاجرت بسیاری از ترکیبات را از مقطع نگاری گسیلی پوزتیرون (PET) به داخل مواد غذایی ارزیابی کردند [۵].

#### ۳. فرایند انتقال جرم

به طور کلی، کنش و واکنشهای مواد بسته‌بندی را به سه دسته عمده می‌توان طبقه‌بندی کرد [۶].

۱. تراوش<sup>۴</sup>،
۲. جذب<sup>۵</sup>،
۳. مهاجرت<sup>۶</sup>.

مطابق شکل (۱) در هنگام جذب ترکیباتی چون آروما، چربیها، اسیدهای آلی و پیگمانها (رنگدانه‌ها) از داخل ماده غذایی وارد ساختار بسپار می‌شوند که در نهایت به کاهش شدت اثر آروما، ایجاد یک پروفیل طعمی نامتعادل و آسیب دیدن ماده بسته‌بندی می‌انجامد.

در فرایند مهاجرت تکپاره‌های سازنده پلاستیک و نیز افزودنیها (چون پلاستی سایزها و آنتی اکسیدانها) از ساختار بسپار وارد ماده

1. Shepherd
2. Kim Kang
3. Begley & Hollifield
4. Permeation
5. Absorption
6. Migration

7. Off- flavor  
8. Decarbonation  
9. Ahvenainen, 2003  
10. Adsorb

## ۵. اثر مهاجرت شیمیایی بر ماده غذایی

مهاجرت شیمیایی به داخل ماده غذایی از این بابت اهمیت دارد که می‌تواند دو تأثیر مهم بر ماده غذایی برجای بگذارد:

الف. اثر بر ایمنی مواد غذایی: برخی مواد مصرفی برای تولید مواد بسته‌بندی اگر به مقدار زیاد وارد ماده غذایی شوند، می‌توانند زیانبار باشند؛

ب. اثر بر کیفیت مواد غذایی: مواد مهاجر ممکن است لکه یا بو به غذا اضافه کنند، بنابراین مقبولیت آنها برای مصرف کننده کاهش می‌یابد [۱].

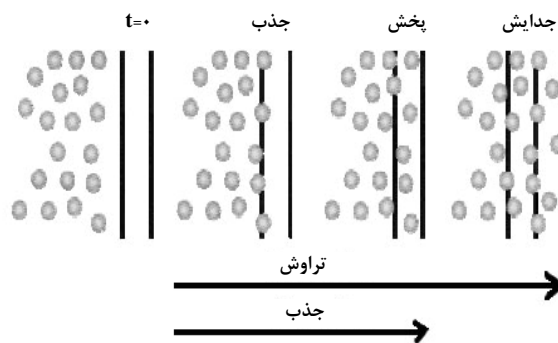
مهاجرت شیمیایی از بسته‌بندی یک فرایند بی اهمیت نیست. برآورد شده است که سرانه مصرف مواد بسته‌بندی برای خرده فروشی مواد غذایی در کشورهای عضو اتحادیه اروپا در هر روز حدود ۱۲۰۰ سانتی متر مربع به ازای هر فرد است. با افزایش مصرف میان وعده‌ها و گرایش به استفاده از بسته‌بندیهای با اندازه کوچکتر برای خانواده‌های کوچک، به نظر می‌رسد استفاده از مواد بسته‌بندی در حال افزایش است. بنابراین، همه طرف‌های درگیر در تولید، حمل و نقل، فروش و مصرف مواد غذایی باید نسبت به به عامل مهاجرت شیمیایی و راههای کمینه کردن آن آگاه باشند. هر شخص در گیر در چرخه تولید باید اطمینان حاصل کند که مواد بسته‌بندی به درستی انتخاب و برای کاربردی که در نظر گرفته شده کاملاً مناسب است، به طوری که مهاجرت شیمیایی از آنها حداقل و یا نزدیک به صفر باشد. مراقبتها در این زمینه باید در گروه تولید کنندگان مواد خام، چون تولید کنندگان بسپار، تبدیل کنندگانی که مواد خام را به بسته‌بندی مواد غذایی تبدیل می‌کنند، فروشندگان مواد، مانند خرده فروشان کالا، فروشندگان مواد غذایی، مقامات اجرایی و مصرف کنندگان صورت بگیرد.

## ۵. عوامل اصلی مهاجرت شیمیایی

### ۵.۱. ۱. شالوده فرایند مهاجرت

مهاجرت مواد شیمیایی فرایند پخشی بر اساس دو شاخه کنترلی جنبشی و ترمودینامیکی است و می‌توان از طریق فرایند ریاضی پخش به دست آمده از قانون فیک آن را شرح داد. ریاضیات، فرایند پخش را به مثابه عاملی از زمان، دما، ضخامت مواد، مقدار مواد شیمیایی در ماده، ضریب تفکیک و ضریب توزیع توصیف می‌کند. ابعاد مهاجرت در سینتیک، میزان سرعت و آهنگ فرایند مهاجرت، و

متحرک از مکانی به مکان خالی دیگر می‌کشاند، و به این ترتیب در زنجیره بسپاری حرکت می‌کنند. حرکت مولکولها بر اساس در دسترس بودن جاهای خالی یا روزنه‌های فیلم بسپار صورت می‌گیرد. این روزنه‌ها هنگام قطعه قطعه شدن زنجیره بزرگ صفحات بسپاری که بر روی یکدیگر هستند، در طی تجزیه گرمایی<sup>۱</sup> شکل می‌گیرند. پخش تصادفی سبب ایجاد حرکتی شبکه‌ای از یک طرف فیلم بسپار، در تماس با غلظت یا فشار جزئی بالای تراوش کننده<sup>۲</sup>، به سمتی در تماس با غلظت پایین تراوش کننده، می‌شود. آخرین مرحله، شامل جدایش و تبخیر مولکولها از سطح فیلم به سمت خارج است. جذب شامل دو مرحله اول این فرایند یعنی جذب سطحی و پخش<sup>۳</sup> است، در حالی که نفوذ هر سه مرحله را شامل می‌شود [۶].



شکل ۲. انتقال جرم مولکولها از میان یک فیلم بسپاری پلاستیکی

در هر نمونه مجازی، تراوش گازها و بخارها از طریق غشاهای بدون منفذ را مراحل حل شدن و پخش کنترل می‌کنند. ضریب پخش<sup>۴</sup> (D) معیار سرعت حرکت مولکولها در بسپار است. ضریب حلالیت<sup>۵</sup> (S) نماد تعداد مولکولهای تراوش کننده در حال انتشار است. این دو ضریب باهم ضریب تراوایی (رخنه‌پذیری)<sup>۶</sup> (P) را توصیف می‌کنند.

$$P = D \times S \quad (1)$$

1. Thermal Degradation
2. Penetrant
- 3 -Diffusion
4. Diffusion Coefficient
5. Solubility Coefficient
6. Permeability Coefficient

الکلی، چرب و خشک طبقه‌بندی می‌شوند. وقتی که ماده مهاجر با ماده بسته‌بندی میل ترکیبی زیادی دارد، به مهاجرت آسان‌گرایش می‌یابد. قابلیت حل شدن هر ماده شیمیایی در داخل غذا، تعیین‌کننده میزان مهاجرت آن است.

#### ۵.۱. ۵. دمای تماس

گرما مهاجرت مواد شیمیایی را شتاب می‌بخشد. مواد بسته‌بندی معمولاً در طیف گسترده‌ای از شرایط دمایی (از ذخیره‌سازی در یخچال‌ها و دمای محیط تا نقطه جوش و سترون‌سازی (استریلیزاسیون) و مایکروویو وحتى پخت) نگهداری می‌شوند. بنابراین، مواد بسته‌بندی مناسب برای کاربردی خاص ممکن است برای کاربرد دیگر مناسب نباشد.

#### ۵.۱. ۶. مدت زمان تماس

مواد بسته‌بندی مناسب برای تماس کوتاه مدت ممکن است برای تماس طولانی با ماده غذایی مناسب نباشد. معمولاً، شرایط تماسی مواد بسته‌بندی، بسته به نوع ماده غذایی متفاوت خواهد بود:

- دقیقه (مثلاً، غذاهای بیرون بر)
- ساعت (مثلاً، نان تازه، ساندویچ)
- روز (مثلاً، شیر تازه، گوشت، میوه و سبزیجات)
- هفته (مثلاً، مثال کره، پنیر)
- ماه‌ها و سال (مثلاً، غذاهای منجمد، کالاهای خشک، غذاهای کنسروی، نوشابه).

#### ۵.۱. ۷. تحرک مواد شیمیایی در بسته‌بندی

تحرک مواد شیمیایی در بسته‌بندی به اندازه مولکول، شکل مولکول، واکنش‌های مواد مهاجر و مقاومت ذاتی موجود در برابر فرایند انتقال جرم بستگی دارد. از این لحاظ مواد مهاجر را به سه گروه تقسیم می‌کنند: مواد نفوذ ناپذیر، مواد نفوذ پذیر و مواد متخلخل.

**مواد ناتراوا:** این گروه مواد سخت‌اند. مانند فلزات، شیشه، و سرامیک‌ها. این مواد مانع مطلق هستند و مهاجرت از داخل وجود ندارد. مهاجرت در آنها فقط به یک پدیده سطحی محدود می‌شود. که در شکل (۳) مشاهده می‌شود.

ابعاد ترمودینامیکی چگونگی گسترده‌گی انتقال مواد را کنترل می‌کند. مثلاً، فرایند مهاجرت ممکن است آهسته پیش رود اما اگر مواد شیمیایی مهاجر، میل ترکیبی زیادی با ماده غذایی داشته باشند، با توجه به مدت زمان کافی و عمر ماندگاری طولانی مهاجرت، به طور دامنه‌داری در ماده غذایی اتفاق می‌افتد. ولی اگر ماده غذایی و مواد شیمیایی بسته‌بندی میل ترکیبی ضعیفی داشته باشند، مهاجرت مواد (بدون توجه به مدت زمان نگهداری) کاهش پیدا می‌کند. عوامل مربوط به ماهیت و غلظت مواد شیمیایی در مواد بسته‌بندی، ماهیت ماده غذایی همراه با شرایط تماس و خواص ذاتی مواد بسته‌بندی، تعیین‌کننده مهاجرت شیمیایی‌اند. مثلاً، یک ماده ساکن با تراوش کم دارای مقدار مهاجرت اندکی است [۱].

#### ۵.۱. ۲. ترکیب مواد بسته‌بندی

منبع هر مهاجرت شیمیایی، مواد بسته‌بندی است. گسترده‌گی مهاجرت به غلظت مواد شیمیایی در ماده بسته‌بندی بستگی دارد.

#### ۵.۱. ۳. ماهیت و میزان تماس

این عامل به خواص فیزیکی غذا (مواد غذایی جامد با تماس محدود ولی مایعات با تماس گسترده‌تر)، اندازه و شکل بسته‌بندی بستگی دارد.

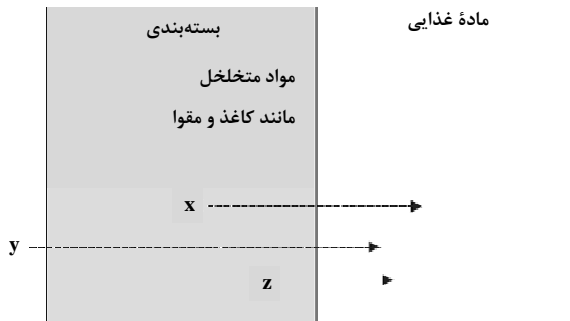
#### ۵.۱. ۴. ماهیت ماده غذایی

ماهیت ماده غذایی در تماس با بسته‌بندی به دو علت مهم است:  
**ناسازگار بودن:** سازگار بودن ماده غذایی و ماده بسته‌بندی به معنی فقدان واکنش‌پذیری آنهاست. اگر نوعی ماده بسته‌بندی با نوع مشخصی از مواد غذایی ناسازگار باشد، واکنش قوی بین آنها صورت می‌گیرد که به آزاد شدن مواد شیمیایی می‌انجامد. مانند واکنش چربی‌ها و روغن‌ها با برخی پلاستیک‌های خاص که به تورم پلاستیک و نشت<sup>۱</sup> مواد از پلاستیک منجر می‌شوند، یا بسته‌بندی غذاهای اسیدی با فلزات بدون پوشش که در این حالت احتمال خوردگی فلز وجود دارد. بنابراین، مواد بسته‌بندی باید با مواد غذایی که آن را برای بسته‌بندی در نظر گرفته‌اند سازگار باشد.

**قابلیت حل:** مواد غذایی، معمولاً در پنج گروه آبی<sup>۲</sup>، اسیدی،

1. Leaching  
2. Aqueous

چون بالا بودن وزن مولکولی مواد مهاجر، تماس خشک یا نامستقیم، نفوذ کم (بی اثر) مواد بسته‌بندی و حضور یک لایه مانع در بسته‌بندی، می‌تواند روند مهاجرت را کاهش دهد.



شکل ۵. توصیف مهاجرت مواد از طریق یک ماده متخلخل

#### ۶. محدوده موادی که در تماس با ماده غذایی استفاده می‌شود

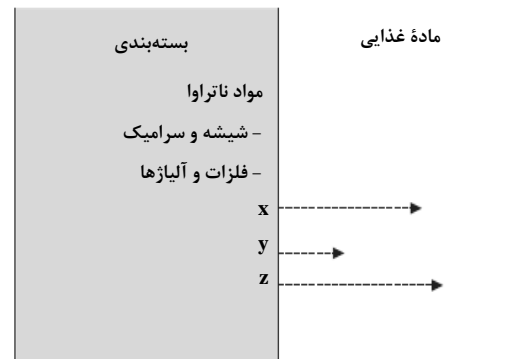
مواد در تماس با مواد غذایی، به طور کلی، به ده دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند، که چهار مورد اول در بسته‌بندی مواد غذایی متداول تر و حائز اهمیت بیشتری‌اند.

۱. پلاستیک، شامل لعاب و پوشش؛ ۲. کاغذ و مقوا؛ ۳. فلزات و آلیاژها؛ ۴. شیشه؛ ۵. سلولز بازیافتی؛ ۶. سرامیک؛ ۷. الاستومرها و لاستیک‌ها؛ ۸. واکس پارافین و واکس میکروکریستالی؛ ۹. چوب شامل چوب پنبه؛ ۱۰. محصولات نساجی.

پلاستیکها به طور خاص موضوع غالب در امر بسته‌بندی‌اند. به خصوص، با توجه به این‌که بسیاری از بسته‌های کاغذ و مقوا روکش پلاستیک دارند که در تماس سطحی با غذا است و بیشتر قوطی‌های فلزی در داخلشان با پوشش بسیاری برای محافظت فلز از غذا، لاکه شده‌اند [۷-۹].

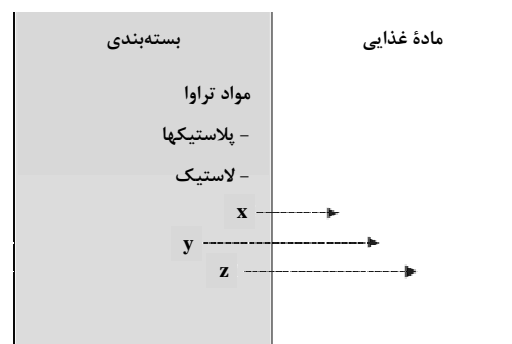
شیشه در گذشته بیشتر مورد استفاده قرار می‌گرفت ولی به تازگی نگرانی در مورد سمیت آن افزایش یافته است. نگرانی اصلی از جانب عبور سرب از شیشه‌های کریستالی (با ۳۰٪ ترکیب سرب اکسید) است.

در ارتباط با کاربرد پارچه در بسته‌بندی می‌توان استفاده از الیاف‌های کیسه و گونی‌ها برای بسته‌بندی برنج، لوبیا، شکر و آرد را



شکل ۳. توصیف مهاجرت مواد شیمیایی از مواد نفوذناپذیر

**مواد تراوا:** این گروه عبارت‌اند از مواد پلاستیکی (پلاستیک، الاستیک و الاستومر). این گروه مقدار مقاومت محدودی در برابر انتقال مواد دارند. انتقال مواد از این گروه نه تنها از سطح، بلکه از داخل هم می‌تواند رخ دهد. مقاومت در برابر پدیده انتقال جرم، به ساختار، چگالی، تبلور و... در مواد بسته‌بندی بستگی دارد. مهاجرت مواد از بسته بندیهای تراوا را در شکل (۴) مشاهده می‌کنید.



شکل ۴. توصیف مهاجرت مواد شیمیایی از یک ماده تراوا

**مواد متخلخل:** کاغذ و مقوا که موادی ناهمگن، دارای شبکه باز فیبری با فضاها و مجراهای هوایی بزرگ‌اند، نمونه‌ای از این گروه مواد به‌شمار می‌آیند. اجسام دارای وزن مولکولی کم، سرعت انتقال بالایی از این مواد دارند. نحوه مهاجرت از این گروه را در شکل (۵) مشاهده می‌کنید.

به‌طور کلی، می‌توان گفت عواملی چون افزایش طول مدت تماس، افزایش دمای تماس، سطح تماس، و مواد غذایی تهاجمی، سبب افزایش مهاجرت ذرات به داخل ماده غذایی می‌شوند؛ عواملی

گوجه فرنگی که غلظت بالای قلع ممکن است باعث ناراحتی کوتاه مدت معده در برخی افراد شود، بدون این‌که هیچ آسیب پایداری وارد آورد؛

۲. انتقال مواد حساسیت‌زا که می‌تواند پیامدهای جدی برای بعضی افراد داشته باشد. تحقیقات اخیر توسط سازمان استاندارد مواد غذایی انگلستان نشان داده است که ماده حساسیت‌زای لاستیک ممکن است در بعضی مواد بسته‌بندی وجود داشته باشد [۱].

## ۸. استانداردهای موجود در زمینه مهاجرت مواد از بسته‌بندی

اولین دستورکار برای پلاستیک‌های بسته‌بندی مواد غذایی توسط اتحادیه اروپا تدوین شد. طبق این دستورالعمل، کار هر ماده ای که از بسته‌بندی به داخل ماده غذایی مهاجرت کند، به دو شکل می‌تواند مد نظر قرار گیرد: یا برای مصرف‌کننده آن ماده غذایی زیانبار باشد و یا روی خواص ارگانولپتیکی محصول تأثیر معکوس داشته باشد. دستور کار شماره ۷۶/۸۹۳/EEC اتحادیه اروپا برگرفته از قوانین کشورهای عضو مربوط به موادی است که با غذا در تماس‌اند [۱۷]. این دستورکار در برگیرنده کمیته‌های ضروری است که کلیه سازندگان مواد در تماس با غذا مستلزم به رعایت آنها هستند. در سال ۱۹۸۹، اتحادیه اروپایی دستور کار جدیدی (۸۹/۱۰۹/EEC) تدوین و منتشر کرد که در آن تمام ملاحظات دستور کار ۷۶/۸۹۳/EEC آمده است؛ علاوه بر آن، به طبقه‌بندی مواد در تماس با غذا نیز اشاره شده و نظر کمیسیون مواد خوراکی در آن اعمال شده است [۱۸]. در فهرست مندرج در دستور کار اتحادیه اروپا به شماره ۹۰/۱۲۸/EEC به سمیت مواد بسته‌بندی اشاره شده است. این فهرست توسط کمیته علمی بخش تخصصی مواد غذایی در اتحادیه اروپا (SCF<sup>۱</sup>) تعریف شده است [۱۹]. سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA<sup>۲</sup>) راهنمایی برای متقاضیانی ارائه کرده است که هدف آنها بررسی میزان قابلیت غذایی مواد در تماس با غذاست. در این راهنما، در بخش مربوط به هر ماده قوانین و آزمونهای لازم برای آن ماده خاص، روش انجام آزمون، مقادیر قابل قبول و محدودیت‌ها و شرایط کاربرد آن ماده تعیین شده است. مجموعه این قوانین در کتاب Code of Federal Regulation جمع‌آوری و منتشر شده است.

نام برد. هیدروکربن‌های معدنی که برای نرم کردن به کار می‌روند می‌توانند باقیمانده‌هایی روی مواد غذایی به جا گذارند که امکان سمیت آن‌ها وجود دارد.

استفاده از پلاستیک‌ها در کشورهای صنعتی برای بسته‌بندی غذا توسعه روز افزون یافته است. به‌خصوص بسپار ترموپلاستیک پلی اتیلن ترفتالات (PET) که به علت شفافیت، قابلیت انعطاف، مقاومت بالا و همچنین ممانعت از خروج گاز CO<sub>2</sub> در نوشابه، در چند سال اخیر به عنوان بسپار بسته‌بندی مواد غذایی مورد توجه خاص کارخانجات صنایع غذایی قرار گرفته است [۱۰ و ۱۱]. تمام پلاستیک‌های بسته‌بندی، دارای انواعی از ترکیبات با وزن مولکولی کم هستند که دارای امکان بالقوه مهاجرت از پلاستیک به داخل ماده غذایی‌اند و غذاها را آلوده می‌کنند. چنین مواد شیمیایی افزودنی‌های غیر مستقیم یا غیر عمدی نامیده می‌شوند که اغلب توسط مصرف‌کننده قابل تشخیص نیستند زیرا اثر مستقیمی بر روی طعم یا ظاهر غذا ندارند. اما اگر اینگونه مواد سمی باشند حضور آنها در غذا می‌تواند سلامت و بهداشت مواد غذایی را تحت تاثیر قرار دهد [۱۲ و ۱۳]. در بسپار PET این مواد مهاجر شامل ترکیبات اولیه (مونومر ترفتالیک اسید، دی متیل ترفتالات و اتیلن گلیکول) محصولات جانبی واکنش، محصولات تخریبی پلی مری (مانند استالدهید ناشی از تخریب حرارتی) و اولیگومرهای با وزن مولکولی کم (اساساً حلقوی و از دی مر تا پنتامر) است [۱۴ و ۱۵].

## ۷. اثر مهاجرت بر سلامتی

اگرچه بسته‌بندی مواد غذایی تا حد زیادی سلامتی انسان را هم در حال حاضر هم در طول سالیان، با فراهم کردن منابع قابل اطمینان از غذاهای سالم و مغذی بهبود داده است، ولی مهاجرت مواد شیمیایی همیشه نامطلوب بوده و اگر کنترل نشود می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را به خطرناک اندازد. البته بسته‌بندی‌های فعال باعث آزاد شدن موادی (چون آنتی اکسیدان‌ها و نگهدارنده‌ها) در داخل ماده غذایی می‌شوند که مفیدند [۱۶]. نگرانی‌ها بابت سلامتی عمدتاً مربوط به آثار مزمنی است که در طولانی مدت در معرض مواد مهاجرت کننده قرار می‌گیرد. ولی دو استثنا وجود دارد که ممکن است اثر حاد پدید آورد:

۱. مهاجرت از فولاد قلع اندود به خصوص در محصولات

1. Scientific Committee for Food  
2. Food and Drug Administration

- [9] Food packaging: Ensuring the safety, quality and traceability of foods. Proceedings of the 3rd International symposium organized by ILSI Europe. J. Gilbert and A. Theobald (editors). Food Additives & contaminants, Vol. 22, issue10 (2005).
- [10] Kashtock, M., Breder, C. V., "Migration of ethyleneglycol from polyethyleneterephthalate bottles into 3% acetic acid". J. Assoc. Off. Anal. Chem., 63(2), 168- 172 (1980).
- [11] Monarca, S, Fusco, R. D., Bicardi, D., Feo, V. D., Pasquini, R., "Studies of migration of potentially genotoxic compounds into water stored in PET bottles". Food Chem. Toxic., 32(9), 783- 788 (1994).
- [12] Castle, L., Mercer, A. J, Gilbert, J., "Gas chromatographic- mass spectrometric determination of adipate- based polymeric plasticizers in foods". J. Assos. Off. Anal. Chem 71 (2), 394- 396 (1988).
- [13] Castle, L., Sharmann, M., Gilbert, J., "Analysis of the epoxidized soyabean oil additive in plastics by gas-chromatography". J. Chromatography, 437, 274-280 (1988).
- [14] Castle, L., Mayo, A., Crews, C., Gilgert, J., "Migration of polyethyleneterephthalate (PET) oligomers from PET Plastics into foods during microwave and conventional cooking & into bottled beverages". J. Food protection, 52 (5), 337-342 (1989).
- [15] Fazio, T. 1990. General referee reports: Committee of Food & Food additives. J. Assos. Off. Anal. Chem., 73 (1), 93- 95.
- [16] Mexis, S. F., Kontominas, M. G., ACKAGING Active Food Packaging. In C. A. B. L. Tortorello (Ed.), Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) (pp. 999-1005). Oxford: Academic Press (2014).
- [17] Directive, E. 76/893/EEC (first framework Directive) on the approximation of the laws of the Member States relating to materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. OJ L340 (9 Dec 1976) pp, 19-24.
- [18] Directive, C., Council Directive 89/ 109/ EEC on the approximation of the laws of the Member States relating to materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Official Journal of the European Commission (1989).
- [19] Directive, E. 90/128/EEC relating to plastics materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Corrigenda) OJ L, 349, 26-47 (1990).

## ۹. نتیجه‌گیری کلی

با توجه به لزوم بسته‌بندی مناسب برای حفظ و نگهداری محصول با کیفیت مناسب و ایمنی قابل قبول باید نسبت به عوامل مهاجر آگاهی داشته و تا حد امکان از ورود مواد زیانبار به داخل ماده غذایی جلوگیری کرد. به‌طور کلی، می‌توان گفت قبل از تولید محصول باید یک بسته‌بندی مناسب با توجه به فرایندهای گرمایی و غیرگرمایی و خصوصیات ماده غذایی انتخاب شود. با شناخت بهتر و دقیق‌تر ماده بسته‌بندی و شناخت عوامل مهاجر موجود در ماده بسته‌بندی، و آگاهی از عوامل موثر بر روند مهاجرت، می‌توان انتقال عوامل آلوده ساز را از بسته‌بندی به داخل ماده غذایی به حداقل رساند و از ایمنی ماده بسته‌بندی اطمینان حاصل کرد.

## مراجع

- [1] Karen, A., Barnes, C., Richard Sinclair, D. H., Watson. Chemical migration and food contact material. Wood Head Publishing limiter. 18-31.
- [2] Kim-Kang, H., Volatiles in packaging materials. CRC Crit. Rev. Food. Sci & Nutr., 29, 255-271 (1990).
- [3] Shepherd, M. J., Trace Contamination of foods by migration from plastic packaging- A Review. Food Chem., 8, 129-145 (1982).
- [4] Ackermann, P., Jagerstad, M., Ohlsson, T., Food and packaging materials- chemical interactions. Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 12-30 (1995).
- [5] Begley, T. H., Hollifield, H. C., Liquid chromatographic determination of residual reaction by-products in polyethyleneterephthalate. J. Assoc. Off. Anal. Chem, 72 (3), 468-470 (1989).
- [6] Ahvenainen, Raija. Novel food packaging techniques: Woodhead Publishing (2003).
- [7] Food Chemical Safety. Volume1: Contaminants. D. H., Watson (editor), Wood head publishing Ltd, Cambridge, UK and CRC press, Boca Raton, USA, ISBN 1-85573-462-1 (2001).
- [8] Migration from Food Contact Materials Katan, L. L., (editor), Blachie Academic and Professional Glasgow, UK, 1996. ISBN 0-7514-0237-0.