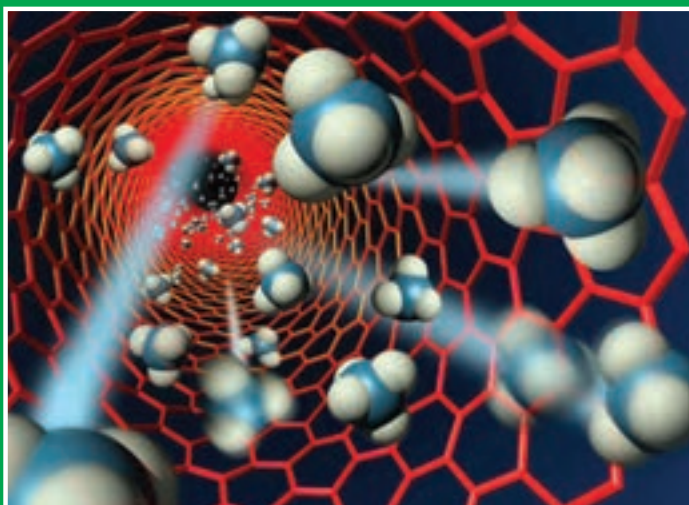


## پودمان ۴

### فناوری نانو و غنی‌سازی در صنعت غذا



با تغییر شیوه زندگی و گرایش روزافزون مردم به سمت غذاهای فرآوری شده و همچنین عدم رعایت تنوع در استفاده از گروه‌های مختلف مواد غذایی، نگرانی‌ها در مورد بروز بیماری‌های ناشی از کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی در حال افزایش است. بنابراین باید با کمک علم و فناوری صنایع غذایی همراه با رعایت چند اصل دیگر در برطرف کردن این نگرانی‌ها کوشید. استفاده از فناوری‌های نوین به‌ویژه فناوری نانو و نیز غنی‌سازی غذاها، مهم‌ترین نقش را در این مورد ایفا می‌کنند.

## واحد یادگیری ۷

### کاربرد فناوری نانو در صنعت غذا

یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت تمام کشورها که با امنیت و ایمنی غذایی در ارتباط است، صنایع غذایی است. با کمبود منابع غذایی و افزایش جمعیت، توسعه این بخش از صنعت ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از فناوری‌های نوین در این بخش رویکردی جدید است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با توجه به افزایش جمعیت و نیز بالا رفتن سرانه مصرف مواد غذایی باید با کمک فناوری‌های نانو و افزایش بهره‌وری، توسعه پایدار در این بخش از صنعت را دنبال کرد.

#### استاندارد عملکرد

بررسی و تحلیل اثر فناوری نانو، غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند در صنایع غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران

## فناوری نانو در فراوری غذا

فناوری نانو اصطلاحی است که طراحی، ساخت و استفاده از ساختارهایی کاربردی را توصیف می‌کند که حداقل یکی از ابعاد مشخصه آنها در مقیاس نانومتر ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) باشد. فناوری نانو از کنار هم قراردادن مواد و کنترل فرآیندها در مقیاس اتمی و مولکولی، ابزارهایی را به بشر معرفی نموده است که می‌توانند زمینه‌ساز تحولی شگرف در زندگی بشر شوند. این فناوری یک رویکرد بین رشته‌ای است که به علت عمومیت آن می‌تواند در تمام زمینه‌ها منشأ تحول باشد.

استفاده از فناوری نانو در صنایع مختلف سیری متفاوت داشته و در برخی از صنایع به مرحله ثمردهی رسیده است و در برخی دیگر هنوز در مرحله تحقیقات و توسعه قرار دارد. از جمله صنایعی که فناوری نانو در آنها در حال توسعه است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

کشاورزی و صنایع غذایی، صنایع هوانوردی و اتوماسیون، الکترونیک و ارتباطات، تولید مواد شیمیایی، بهداشت و درمان، علوم زیستی، ساخت و تولید، انرژی‌های نو، محیط زیست، و صنعت حمل و نقل.

درباره فناوری نانو و کاربردهای آن در زندگی امروزی بحث کنید.

بحث کلاسی



مواد دارای ساختار نانو، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی منحصر به فردی را از خود نشان می‌دهند و لذا دریچه جدیدی از فرصت‌ها را برای خلق مواد جدید، با کارایی بالا که اثراتی اساسی روی تولید، بسته‌بندی، ذخیره و کنترل کیفیت غذا دارند، باز می‌کنند. اصطلاح نانو غذا در واقع غذایی را توصیف می‌کند که با استفاده از روش‌ها یا ابزارهای فناوری نانو و یا مواد افزودنی نانومتری کشت، تولید، فرآوری و یا بسته‌بندی شده‌اند.



شکل ۱- کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی

حوزه‌های مختلف کاربرد فناوری نانو در غذا و صنایع غذایی را می‌توان به چند دسته زیر تقسیم نمود:

- تولید غذا،
- نگهداری غذا؛
- بهبود طعم و رنگ؛
- سلامت غذا؛
- بسته‌بندی،
- فرایندهای غذایی.

### نقش فناوری نانو در تولید مواد غذایی

فناوری نانو قادر به ایفای نقش‌های گوناگون در تولید مواد غذایی است، از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

#### 1 تولید غذاهای با طعم‌های جدید:

برای درمان بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت باید از رژیم غذایی خاصی پیروی کرد. از طرف دیگر به علت زندگی صنعتی امروزه، مسئله چاقی نیز به معضلی تبدیل شده که متأسفانه گریبان‌گیر نوجوانان و حتی کودکان شده است. برای حل این معضل، با استفاده از فناوری نانو چند راهکار پیشنهاد شده است:

- غذای سیرکننده ولی بی‌تأثیر روی وزن.
- غذاهای خوش طعم حاوی موادی جایگزین چربی.
- به کارگیری نانوذرات برای جلوگیری از جذب و ذخیره‌سازی چربی و کالری به وسیله بدن

#### 2 تولید غذاهای غنی‌شده:

برخی از مواد غذایی اجزای باارزشی دارند که برای بدن بسیار مهم و ضروری هستند، اما به دلایلی مانند ذائقه و عادت تمایل زیادی به استفاده از آنها وجود ندارد. اگر بتوان این مواد ارزشمند را جدا کرده و به صورت مواد افزودنی به دیگر غذاها اضافه کرد، می‌توان مواد غنی‌شده ساخت. نانوفیلترهایی ساخته شده‌اند که مولکول‌ها را بیشتر براساس شکل و نه بر حسب اندازه، غربال می‌کنند، این مسئله تفکیک اجزای خاصی از یک فرآورده را امکان‌پذیر می‌سازد.

#### 3 تولید غذاهای مولکولی:

پژوهشگران بر این باور هستند که در آینده مهندسی مولکولی، امکان تهیه مقادیر زیاد محصول را بدون نیاز به خاک، بذر، مزرعه و کشاورز فراهم می‌کند. با این تفکر به جای کاشت غلات و پرورش دام برای به دست آوردن کربوهیدرات‌ها و پروتئین، نانوماشین‌ها غذا را از اتم‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن می‌سازند. تولید مولکولی غذا یکی از اهداف و آرزوهای فناوری نانو است.

#### 4 افزودنی‌های غذایی در مقیاس نانو:

امروزه افزودنی‌های مختلف بر پایه فناوری نانو ساخته شده‌اند. برای مثال یک نوع کاروتنوئید در مقیاس نانو تولید شده است. کاروتنوئیدها رنگدانه‌هایی هستند که به غذاها رنگ زرد تا نارنجی می‌دهند و به‌طور طبیعی در هویج و گوجه‌فرنگی وجود دارند. بعضی از انواع کاروتنوئیدها آنتی‌اکسیدان هستند و برخی مانند بتاکاروتن در بدن به ویتامین A تبدیل می‌شوند.

فرمولاسیون افزودنی‌ها در مقیاس نانو جذب آنها را در بدن راحت‌تر کرده و زمان نگهداری آنها را افزایش می‌دهد.

## ۵ غذاهای دارای انتشار مخصوص در بدن:

برای اینکه بدن ما بتواند از انتشار اجزای غذا در آن سود ببرد، مواد مغذی باید به محل خاصی از بدن رفته و در آن محل فعال شوند. کنترل و مهندسی انتشار مواد مغذی در بدن یکی از زمینه‌های تحقیقاتی فناوری نانو است. اجزای فعال این مواد که «غذا - دارو» نام دارند، توسط نانوکپسول در بدن توزیع می‌شوند. زیرا یکی از راه‌های حفظ یک جزء فعال غذایی، قرار دادن آن در پوششی محافظ است. این پوشش را می‌توان طوری طراحی کرد که با تحریک شدن توسط محرک مناسبی حل شده و ماده فعال داخل آن از طریق پوشش انتشار یابد. به‌عنوان مثال نوعی نان تولید شده که حاوی روغن ماهی تون است. این روغن سرشار از اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ است. روغن ماهی تون داخل میکروکپسول قرار داده شده است، بنابراین مصرف‌کننده، طعم این روغن را حس نمی‌کند و فقط وقتی کپسول به معده رسیده و هضم شد، روغن محتوی آن آزاد می‌شود. این فناوری، در مورد ماست و غذای کودک نیز به کار گرفته شده است. با استفاده از نانوکپسول‌هایی از جنس پلیمر خوراکی، می‌توان مزه و بوی مولکول‌های غذا را حفظ کرد و در نتیجه مدت زمان ماندگاری محصول را افزایش داد.

## ۶ روکش کردن آنزیم‌ها:

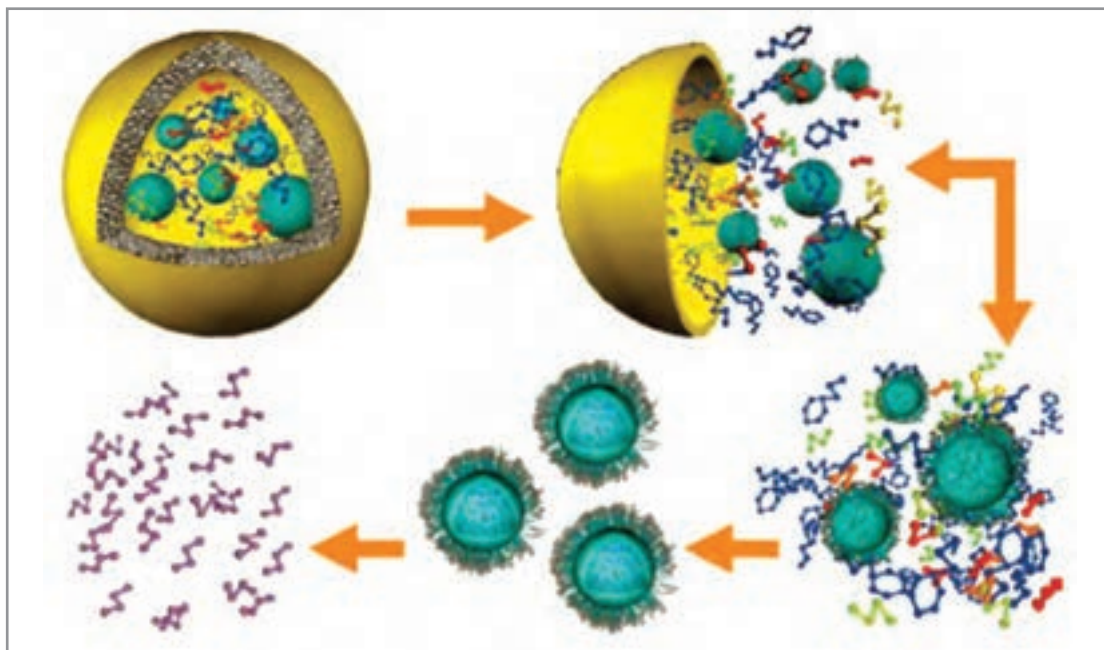
یکی از دغدغه‌های شرکت‌های صنایع غذایی جهان، نگهداری غذا و مصون نگه‌داشتن آن از آسیب آنزیم‌ها است. اگر بتوان به روشی آنزیم‌ها را از محیط غذایی دور کرد، فرایند فساد مواد غذایی به تأخیر می‌افتد. با استفاده از فناوری نانو می‌توان با روکش کردن آنزیم‌ها، آنها را از محیط فعالیت دور کرده و مانع از اثر آنها شد. یکی از این روش‌ها، روکش کردن آنزیم توسط یک ساختار پلیمری است.

در ادامه به شرح برخی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی پرداخته می‌شود:

### ۱- نانوکپسوله کردن ترکیبات غذایی

فراوری غذا به حفظ کیفیت تغذیه‌ای غذا، یا اصلاح بافت آن مطابق با تقاضای مصرف‌کننده کمک می‌کند. ترکیبات عملکردی و فراسودمند اضافه شده برای غنی‌سازی غذا (شامل ویتامین‌ها، مواد ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها، پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، پپتیدها و پروتئین‌ها، کاروتنوئیدها، اسیدهای چرب امگا، طعم‌دهنده‌ها، رنگ‌دهنده‌ها و نگهدارنده‌ها) به‌طور مستقیم در شکل خالص خود و گاهی اوقات از طریق به کارگیری سیستم‌های رسانش (مانند نانوساختارها) مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مولکول‌های فعال غالباً در مراحل فرآیند تجزیه می‌شوند و لذا از قابلیت زیست‌فراهمی کمی برخوردار هستند. میزان کمی از آنها به بافت‌ها یا سلول‌های هدف رسیده و عمدتاً قبل از رسیدن به محل مورد نظر، تجزیه و تخریب می‌شوند. لذا با کپسوله کردن آنها می‌توان تا حد زیادی آنها را در شرایط سخت و تخریب‌کننده (مانند شرایط اسیدی معده) محافظت نمود.

این تکنیک از روی عملکرد غشای سلولی در طبیعت الگوبرداری شده است. با استفاده از این تکنیک، بشر موفق به ساخت محفظه‌های کیسه‌ای شکلی در ابعاد بسیار کوچک نانویی خواهد شد که درون آنها فضایی خالی برای ترکیبات فعال تعبیه شده است، لایه بیرونی این کپسول بسته به اینکه لازم است مواد داخل کپسول در آب یا در روغن حل شوند، طراحی می‌شوند. این کپسول‌ها در برابر اسید معده مقاوم هستند و بسته به ضرورت می‌توانند در دهان یا در معده باز شوند. در واقع، فرآیند نانوکپسوله کردن به این معنا است که این امکان وجود دارد که مواد غذایی مفید برای بدن، به‌وسیله این نانوکپسول‌ها به‌طور مستقیم وارد جریان خون شده و در نتیجه، جذب بدن شوند. این کار حتی مانع از دفع بدون جذب ویتامین‌های مواد غذایی می‌شود.



شکل ۲- نانو کپسوله کردن مواد فراسودمند

## ۲- رسانش مواد غذایی

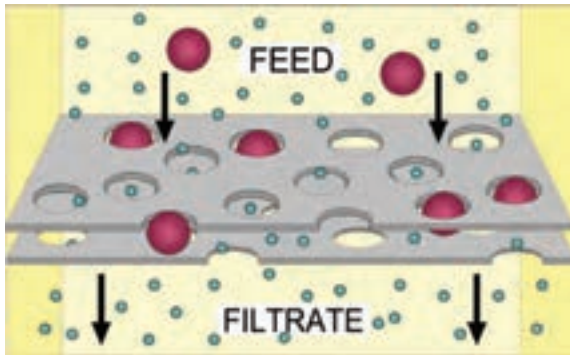
بسیاری از سیستم‌های رسانش مبتنی بر فناوری نانو، قابلیت تحویل کارآمد ترکیبات زیست فعال را دارند و بنابراین منجر به افزایش قابلیت دسترسی بدن به این ترکیبات می‌شوند. در یک سیستم رسانش کارآمد، ترکیبات کپسوله شده باید به مکان‌های هدف تحویل داده شوند، غلظت مناسب از آنها برای دوره زمانی طولانی در محیط باقی بماند و همچنین از تخریب آنها جلوگیری شود.

نانوذره‌ها و نانوکره‌ها، کپسول بهتری را ایجاد می‌کنند، پایداری و حلالیت را بهبود داده و کارایی رهایش را نسبت به سیستم‌های متداول بهبود می‌بخشند. باید توجه نمود که اگرچه نانوذرات، روند رهایش متفاوتی را در مقایسه با میکروذرات ارائه می‌دهند، اما بسیاری از اوقات، رهایش نانوذرات آن قدر سریع است که مطلوب نیست و لذا میکروذرات انتخاب می‌شوند.

## ۳- نانو فیلتراسیون

نانوفیلتراسیون یکی از زمینه‌های کاربرد نانوتکنولوژی است. دلیل انتخاب این نام ابعاد نانومتری حفرات غشاهای مورد استفاده در این فرایند است.

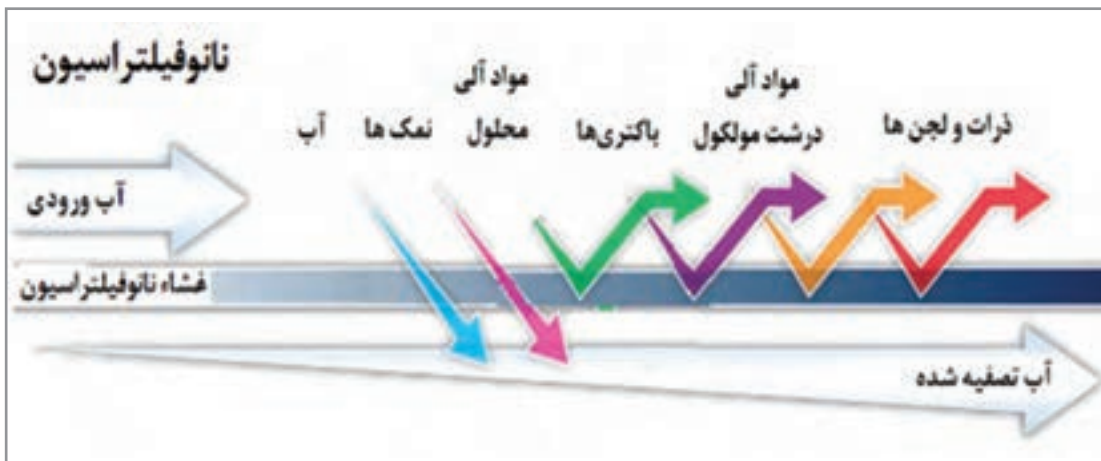
نانوفیلتراسیون یک فرایند جداسازی غشایی با استفاده از فشار است که می‌تواند مولکول‌ها را در محدوده ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ دالتون جدا نماید. با استفاده از این روش، هم می‌توان مولکول‌های ارزشمند را از غشا عبور داد تا ناخالصی‌ها و مواد نامطلوب پشت غشا نگهداری شوند و هم اینکه مواد با ارزش را پشت غشا نگه داشته و اجازه داد تا ترکیبات دیگر موجود در مایع از غشا عبور کنند. لذا در این روش، مواد حل شده با وزن مولکولی پایین، می‌توانند از محیط مایع جدا شوند. غشاهای نانوفیلتراسیونی نفوذپذیری بالایی برای نمک‌های تک ظرفیتی (مانند NaCl و KCl) دارند و نفوذپذیری خیلی پایینی برای ترکیبات آلی (مانند لاکتوز، پروتئین‌ها و اوره) دارند.



شکل ۳- فیلتراسیون

در صنایع لبنی از نانوفیلتراسیون برای بهبود کیفیت محصولات و همچنین برای جداسازی نمک‌های معدنی از لاکتوز، بعد از حذف پروتئین‌ها توسط اولترافیلتراسیون استفاده می‌شود.

نانوفیلتراسیون به‌طور موفقیت‌آمیزی در کارخانه‌های فرایند آب آشامیدنی به کار گرفته شده است. همچنین این روش در ترکیب با کربن فعال پودری، برای حذف مواد آلی فاضلاب از فاضلاب شهری استفاده شده است.



شکل ۴- نانو فیلتراسیون آب آشامیدنی

در مورد کاربرد سیستم‌های مختلف غشایی (میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و سیستم اسمز معکوس تحقیق کنید.

تحقیق کنید



درباره کاربردهای دیگر نانوفیلتراسیون بررسی کرده و گزارش دهید.

تحقیق کنید



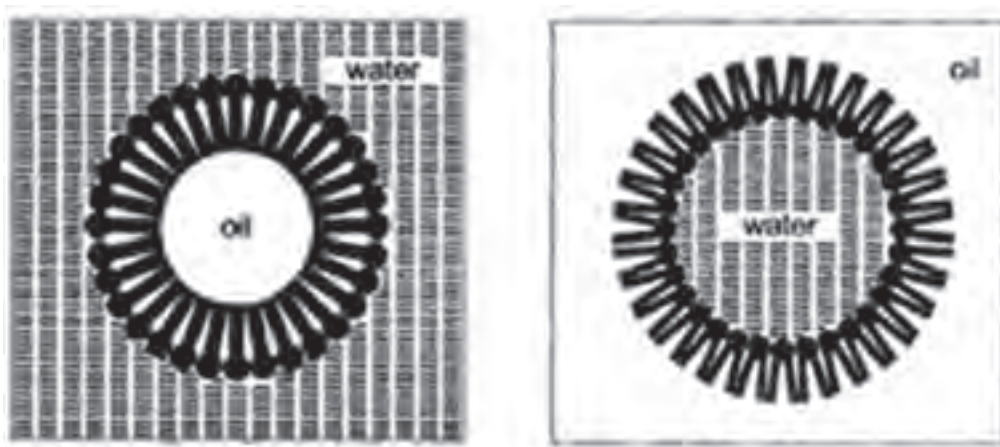
#### ۴- نانو امولسیون

امولسیون سیستمی ناهمگن و متشکل از دو مایع غیرقابل حل است که یکی از آنها در دیگری به صورت قطره‌هایی، پراکنده شده است. در مواد غذایی امولسیون‌ها معمولاً شامل دوفاز روغن و آب هستند. اگر آب فاز پیوسته و روغن فاز پراکنده را تشکیل دهد، امولسیون از نوع روغن در آب (O/W) است و اگر آب فاز پراکنده و روغن فاز پیوسته را تشکیل دهد امولسیون از نوع آب در روغن (W/O) است. این سامانه‌ها پایداری کمی دارند و پایداری آنها را می‌توان توسط عوامل فعال سطحی و مواد دیگر افزایش داد. برای پایداری امولسیون، ترکیبات عوامل فعال سطحی، که امولسیفایر یا ماده امولسیون‌کننده نامیده می‌شوند؛ نیاز است.



امولسیفایرهای استفاده شده در مواد غذایی به طور کلی شامل پروتئین‌های دارای منشأ طبیعی، استرول‌ها، فسفاتیدها، و بسیاری از ترکیبات مصنوعی هستند. یک امولسیفایر مناسب علاوه بر دارا بودن قدرت امولسیفایری خوب، باید غیرسمی، نسبتاً بدون بو، و فاقد طعم و رنگ باشد و تحت تمامی شرایطی که مواد غذایی ممکن است در معرض آنها قرار گیرند پایدار باشد و استفاده از آن از نظر قانونی نیز مجاز باشد.

چند مورد از امولسیفایرهای موجود در مواد غذایی را نام ببرید.



شکل ۵- امولسیون (O/W) (چپ) و امولسیون (W/O) (راست)

امولسیون‌ها را، از روی اندازه قطرات امولسیون، به ماکرو (۵/۰ تا ۱۰۰ میکرومتر)، میکرو (۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر)، نانو (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر)، تقسیم می‌کنند.

## جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های انواع امولسیون‌ها

ویژگی‌ها	ماکروامولسیون	میکروامولسیون	نانوامولسیون
ظاهری	وابسته به فرمولاسیون	شفاف	شفاف یا نیمه شفاف
روش‌های تولید	همگن‌سازی معمولی	امولسیون‌سازی با انرژی پایین	امولسیون‌سازی با انرژی بالا
بار عوامل فعال سطحی	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد)	متوسط (کمتر از ۱۰ درصد)
اندازه قطر	۵/۰ تا ۱۰۰ میکرومتر	۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر	۲۰ تا ۲۰۰ نانومتر
پایداری ترمودینامیکی	ناپایدار	پایدار	ناپایدار (پایدار از لحاظ سینتیکی)



ریز بودن اندازه قطرات و ویژگی‌های منحصر به فرد نانوامولسیون‌ها در مقایسه با امولسیون‌های معمولی مزیت‌هایی برای استفاده از آنها در بسیاری از فناوری‌های کاربردی تلقی می‌شود. در ضمن طولانی بودن دوره پایداری فیزیکی نانوامولسیون‌ها را از انواع معمولی متمایز می‌کند. خیلی ریز بودن اندازه قطرات نانو امولسیون‌ها نیز موجب می‌شود تا تشکیل رسوب اتفاق نیفتد، زیرا ریز بودن قطرات مانع به هم پیوستگی و فلوک شدن سطحی می‌شود. همچنین به واسطه خیلی ریز بودن قطرات، نانوامولسیون‌ها سطح ویژه زیادی دارند و به همین دلیل قابلیت نفوذ خیلی بالایی دارند که این ویژگی آنها را به یک سامانه انتقالی مؤثر تبدیل کرده است.

## فناوری نانو در بسته‌بندی مواد غذایی

امروزه استفاده از پلاستیک‌ها موجب نگرانی‌های بسیاری در جامعه بشری است. بزرگ‌ترین چالش در مورد پلاستیک‌ها مسئله بازیافت این مواد است. پلاستیک‌ها قابل بازیافت و یا زیست تخریب پذیر نیستند و بنابراین می‌توانند سبب مشکلات جدی زیست محیطی شوند.

امروزه استفاده از مواد زیست تخریب پذیر به علت پتانسیل بالای آنها، به ویژه برای استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. این مواد می‌توانند جایگزین مواد پلاستیکی زیست تخریب‌ناپذیر شوند و آسیب‌های زیست محیطی ناشی از آنها را کاهش دهند. اما مواد زیست تخریب‌ناپذیر مقاومت کمتری در برابر نفوذ آب و گاز از خود نشان می‌دهند و از نظر خواص مکانیکی نیز ضعیف‌تر می‌باشند. یکی از راه‌های غلبه بر این مشکلات، کامپوزیت‌سازی پلیمرهای زیست تخریب‌ناپذیر با سایر مواد مفید است.

درباره راهکارهای استفاده کمتر از مواد زیست تخریب‌ناپذیر بحث کنید.

بحث کلاسی



### نانو کامپوزیتی

مواد کامپوزیتی از دو یا چند ماده متفاوت، که هر کدام خاصیت منحصر به فردی دارند، تشکیل شده‌اند. از ترکیب این مواد، ماده‌ای به وجود می‌آید که مجموعه خواص مواد تشکیل‌دهنده را هم‌زمان دارد. برای مثال بتن‌آرمه که سختی بتن و انعطاف‌پذیری آهن را دارد نوعی ماده کامپوزیتی است. یکی از زمینه‌های سریع ورود به رشد نانو تکنولوژی استفاده از نانو کامپوزیت‌ها به جای بسته‌بندی‌های پلیمری معمولی است.

نانو کامپوزیت‌ها ترکیبی از ماده پلیمری به عنوان فاز پیوسته و نانوذرات به عنوان فاز پراکنده هستند. در صورتی که فاز پراکنده مورد استفاده در کامپوزیت، نانو ذره باشد، ماده ترکیبی، نانو کامپوزیت خواهد بود. از خصوصیات متنوع نانو کامپوزیت‌ها می‌توان به بالابودن نسبت سطح به حجم، انعطاف‌پذیری بالا بدون کاهش استحکام و مقاومت در برابر خراشیدگی و همچنین خواص نوری مطلوب مانند شفافیت که به اندازه ذرات بستگی دارد اشاره نمود.

در این کامپوزیت‌ها از نانوذراتی هم‌چون (خاک‌رس، فلزات، و...) به عنوان تقویت‌کننده استفاده می‌شود. برای مثال، در نانو کامپوزیت‌های پلیمری، به میزان کمتر از ۱۰ درصد وزنی ذرات نانو استفاده می‌شود. این ذرات علاوه بر افزایش استحکام پلیمرها، وزن آنها را نیز کاهش می‌دهند.



شکل ۶

استفاده از نانو کامپوزیت‌های زیستی برای بسته‌بندی غذا نه تنها غذا را حفظ می‌کند و طول عمر آن را افزایش می‌دهد بلکه برای حفظ محیط زیست مفید است. اکثر مواد بسته‌بندی معمولی از مواد غیرقابل بازیافتند که آلودگی محیط زیست را افزایش می‌دهد.

درباره تأثیر انواع مواد بسته‌بندی در آلودگی محیط زیست تحقیق کنید.

تحقیق کنید



در سال‌های اخیر، توجه به بسته‌بندی‌های نوین در تولید مواد غذایی افزایش یافته است که این امر ناشی از این حقیقت است که این نوع بسته‌بندی‌ها در مقایسه با نوع مرسوم، تنها مسئول در برگرفتن و محافظت ماده غذایی در برابر عوامل خارجی نیستند، بلکه مزایای دیگری نیز دارند که شامل افزایش زمان انبارمانی، جلوگیری از فساد و آفت مواد مغذی و تعیین زمان ماندگاری مواد غذایی است. لذا سه نوع بسته‌بندی مواد غذایی وجود دارد: ۱- بسته‌بندی متداول و غیرفعال ۲- بسته‌بندی فعال ۳- بسته‌بندی هوشمند

### بسته‌بندی فعال (Active Packaging)

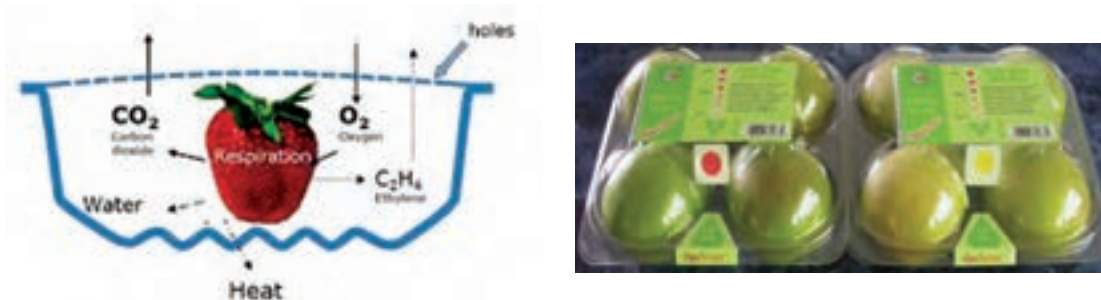
برخلاف بسته‌بندی‌های غذایی متداول، بسته‌بندی غذایی فعال نه تنها به‌عنوان یک مانع غیرفعال عمل می‌کند، بلکه ممکن است از طریق رهایش ترکیبات مطلوبی هم‌چون عوامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی یا با حذف برخی از فاکتورهای مضر (از قبیل اکسیژن، اتیلن یا بخار آب) عکس‌العمل نشان دهد. پیامد این چنین عکس‌العمل‌هایی به بهبود پایداری غذا منجر می‌شود. برخی از نمونه‌های بارز این سیستم‌های بسته‌بندی غذا در ادامه توضیح داده می‌شوند:

**الف) سیستم‌های ضد میکروبی:** سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی به سرعت در حال ظهور هستند، زیرا توانایی کنترل رشد پاتوژن‌ها و عوامل ایجادکننده فساد در مواد غذایی را دارا هستند. این بسته‌بندی‌ها را طوری طراحی کرده‌اند که به محض شروع فساد در ماده غذایی داخل بسته، از خود، ماده نگهدارنده آزاد می‌کنند.

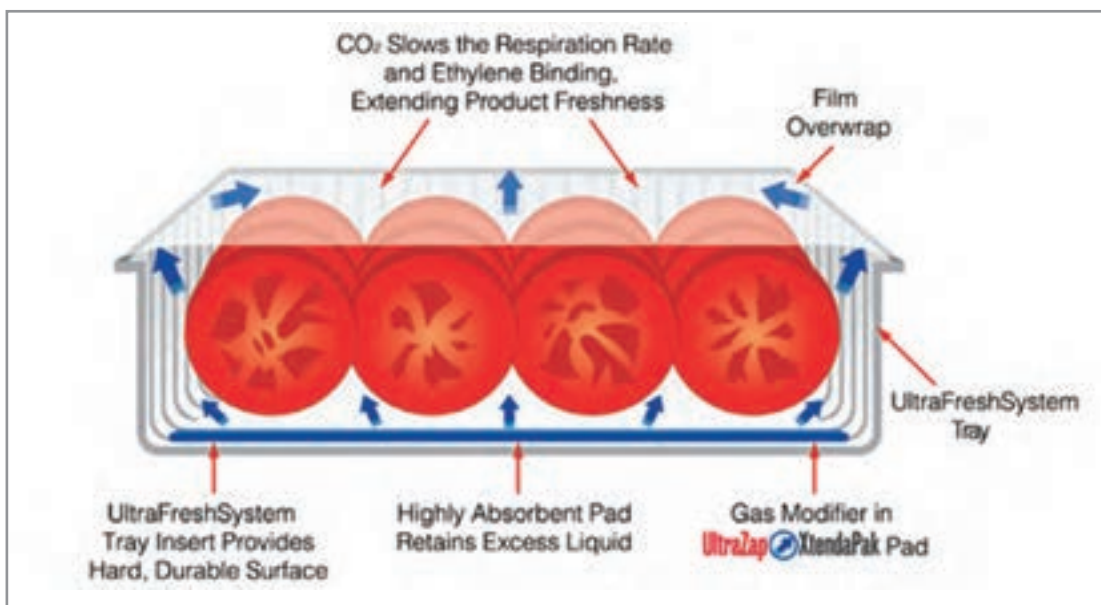
از جمله سیستم‌های ضد میکروبی استفاده شده در بسته‌بندی مواد غذایی، نانوذرات نقره است. نقره علاوه بر سمی بودن برای دسته‌ای از میکروارگانیسم‌ها، برخی مزیت‌ها از قبیل پایداری در دمای بالا و فراریت کمتر را نیز داراست. چسبندگی به سطح سلول، تخریب لیپوپلی ساکاریدها و تشکیل حفراتی در غشای سلولی، نفوذ به داخل سلول باکتری و آسیب به DNA و رها کردن یون‌های ضدباکتریایی نقره ( $Ag^+$ )، سازوکارهای فعالیت ضد میکروبی این بسته‌بندی‌ها هستند.

همچنین نانوذرات نقره، اتیلن را جذب و تجزیه می‌کنند که ممکن است در افزایش زمان انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها مؤثر باشد.

**ب) مهارکننده‌های گازها و رطوبت:** اکسیژن موجود در بسته‌بندی غذایی عامل اصلی فساد اکسیداسیونی چربی‌ها و روغن‌ها و رشد میکروارگانیسم‌ها است. همچنین اکسیژن، فرایندهای داخل بسته‌بندی غذایی را که منجر به تغییر رنگ، بافت، تندشدگی و طعم نامناسب و مشکلات مربوط به طعم می‌شود، سرعت می‌بخشد. اتیلن نیز گازی است که تحت عنوان هورمون پیری برای میوه‌ها و سبزی‌ها شناخته می‌شود. برای افزایش طول عمر این محصولات لازم است میزان اتیلن موجود در بسته‌های آنها کاهش یابد. فناوری نانو قادر است تا با تولید مهارکننده‌های اکسیژن و اتیلن از ایجاد تغییرات نامطلوب در مواد غذایی بسته‌بندی شده جلوگیری نموده و یا از سرعت تنزل کیفیت به‌شدت بکاهد.



شکل ۷- بسته‌بندی فعال



شکل ۸- اساس کار نوعی بسته‌بندی فعال

## بسته‌بندی هوشمند (Smart Packaging)



شکل ۹- بسته‌بندی هوشمند

بسته‌بندی هوشمند به سیستمی اطلاق می‌شود که امکان برقراری ارتباط با مصرف‌کننده را داشته باشد.

بسته‌بندی‌های هوشمند مواد غذایی علاوه بر به تأخیر انداختن عوامل محیطی مؤثر بر مواد غذایی، روشی پویاتر را برای نگهداری محصول به کار می‌گیرند. به‌عنوان مثال دو مقوله مهم در حفظ کیفیت ماده غذایی بسته‌بندی شده، کنترل میزان رطوبت و اکسیژن است.



شکل ۱۰- بسته‌بندی‌های هوشمند

در بسته‌بندی هوشمند، ظروف بسته‌بندی حاوی ترکیباتی هستند که کلیه معضلات مربوط به افزایش یا کاهش اکسیژن و رطوبت در بسته‌بندی را برطرف می‌کنند. به این ترتیب یکی از ویژگی‌های مواد بسته‌بندی هوشمند قابلیت جذب اکسیژن ماده غذایی توسط آنها است که طی این عمل اکسیژن موجود در فضای ظرف جذب شده و به این ترتیب رشد میکروبی‌های هوازی متوقف می‌شود و در نتیجه طعم و کیفیت ماده غذایی حفظ می‌شود.

یکی دیگر از قابلیت‌های بسته‌بندی هوشمند، عبور کربن دی‌اکسید از آنها است. کربن دی‌اکسید می‌تواند رشد میکروبی‌ها را در محصولات نظیر گوشت قرمز، گوشت مرغ و پنیر متوقف سازد.

استفاده از مواد جاذب رطوبت از دیگر امکانات بسته‌بندی‌های هوشمند است. حذف رطوبت می‌تواند مانع جمع شدن آب محصولات گوشتی درون ظرف شود. همچنین هنگام بسته‌بندی محصول غذایی تازه، مواد جاذب رطوبت مانع از تشکیل قطرات ناشی از میعان بر جدار ظرف می‌شوند. مواد کنترل رطوبت نیز می‌توانند میزان رطوبت موجود در ظرف را در سطح مورد نظر حفظ کنند. از جمله جذب‌کننده‌های دیگری که در بسته‌بندی هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند مواد جاذب گاز اتیلن و ضد میکروبی‌ها هستند.

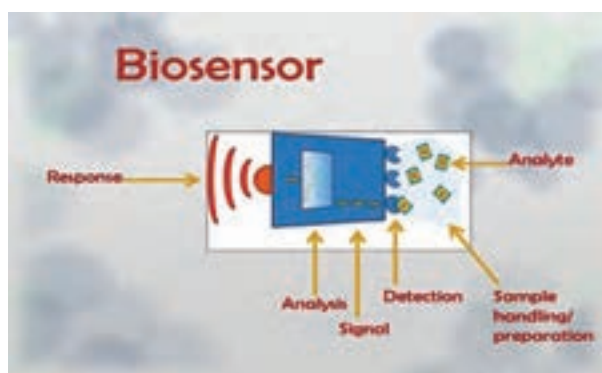
## نانوسنسورها در صنعت غذا

حسگر یا سنسور در حقیقت، ابزار و یا ماده‌ای است که بتوان با آن یک یا چند پدیده فیزیکی یا شیمیایی خاص را براساس ایجاد یک پاسخ (سیگنال) ویژه تشخیص داد.

اندازه‌گیری دقیق پارامترها در مقیاس نانو، مستلزم استفاده از حسگرهایی در مقیاس نانو با حساسیت خیلی بالا است. همچنین مواد سازنده نانوحسگرها باید دوام و استحکام بالا و خواص الکتریکی خوبی داشته باشند.

به‌طور کلی، ویژگی‌های مهم نانوحسگرها انتخاب‌گری بالاتر، حساسیت زیادتر، ابعاد کوچک‌تر و قیمت ارزان‌تر است. نانوحسگرها در بسته‌بندی مواد غذایی با عنوان برچسب یا پوشش اضافه می‌شوند که باعث جلب اطمینان مصرف‌کننده از لحاظ یک پارچگی بسته‌بندی از طریق تشخیص نشت (برای مواد غذایی بسته‌بندی شده تحت خلأ و یا گاز بی‌اثر)، شناساگرهای تغییرات دما - زمان (منجمد شدن - خروج از انجماد - انجماد دوباره) و یا ایمنی میکروبی (فساد مواد غذایی) می‌شود.

از نانوحسگرهایی که به رهایش مواد شیمیایی ناشی از فساد غذاها حساس هستند می‌توان در بسته‌بندی‌های هوشمند استفاده کرد، تا به محض شروع خراب شدن غذا، رنگ بسته‌بندی تغییر کرده، به مشتری هشدار داده شود. این سیستم به مراتب دقیق‌تر و مطمئن‌تر از فروش با تاریخ مصرف است.



شکل ۱۱- نانوسنسورها

این حسگرها علاوه بر حساسیت بالا، زمان تشخیص را نیز کاهش می‌دهند. نانوحسگرها همچنین قادر به تشخیص ویروس قبل از تکثیر آن هستند. برخی از قابلیت‌های بالقوه نانوحسگرهای زیستی عبارت‌اند از: تشخیص آلودگی‌های بیماری‌زا، شرایط محیطی (روشنایی و تاریکی، سردی و گرمی، خشکی و رطوبت) و ترکیب‌های حساسیت‌زا.

نانوحسگرها قادر به تشخیص تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آب بوده و به دلیل اندازه بسیار کوچک و ساختار نانومتری از دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی برخوردارند. کاربردها و قابلیت‌های این نانوحسگرها در آب عبارت‌اند از:

- تشخیص نوع و میزان آلودگی در آب؛
- تشخیص آلاینده‌گی قبل از شیوع آلودگی در کل آب؛
- حساسیت بسیار بالا به میزان تغییرات pH آب.

نور خورشید از امواج مختلفی با طول موج‌های متفاوت تشکیل شده است. برخی از امواج برای سلامتی ما خطرناک هستند. در نتیجه باید از رسیدن آنها به بدن جلوگیری کرد. یکی از این امواج خطرناک، امواج ماوراءبنفش هستند. در طبیعت لایه ازن، تا حد زیادی از رسیدن این امواج به ما جلوگیری می‌کند. یکی از مشکلاتی که بسته‌بندی‌های شفاف دارند این است که وقتی در معرض نور قرار می‌گیرند، تابش ماوراءبنفش را از خود عبور داده و به ماده غذایی می‌رسانند و در نتیجه نمی‌توانند از ماده غذایی داخل خود به خوبی محافظت کنند و ماده غذایی زود فاسد می‌شود. با استفاده از فناوری نانو پلاستیک‌هایی تولید شده‌اند که دارای نانوذرات تیتانیوم اکسید هستند. این پلاستیک‌ها آثار مخرب تابش‌های ماوراءبنفش را کاهش می‌دهند.

بیشتر بدانید



## واحد یادگیری ۸

### تحلیل غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند

امروزه هدف از مصرف مواد غذایی تنها رفع گرسنگی و فراهم آوردن مواد مغذی ضروری برای انسان نیست، بلکه جلوگیری از بیماری‌های مربوط به تغذیه و بهبود تندرستی فیزیکی و روانی مصرف‌کننده نیز اهمیت زیادی دارد. همچنین درصد چشمگیری از جمعیت جهان از کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی رنج می‌برند. کمبود ریزمغذی‌های ضروری باعث کاهش یادگیری، عقب‌ماندگی ذهنی، بیماری‌های مزمن، نابینایی و مرگ زودرس می‌شود. در این میان شیوع کمبود ریزمغذی‌هایی مانند آهن، ید، ویتامین A و D در کشور ما نسبتاً بالا بوده که می‌توان با غنی‌سازی و تولید غذاهای فراسودمند کمبود این مواد مغذی را جبران کرد. تقاضای رو به افزایش مواد غذایی غنی‌سازی شده و یا فراسودمند می‌تواند با دلایلی چون افزایش هزینه‌های درمان، و تمایل افراد برای کیفیت بهتر زندگی در سال‌های پیش‌رو توجیه شود.

### استاندارد عملکرد

بررسی و تحلیل اثر فناوری نانو، غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند در صنایع غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران

## کاربرد ریز مغذی‌ها در تهیه غذاهای فراسودمند

رابطه مستقیم بین توسعه انسانی و امنیت غذایی (Food Security) وجود دارد. امنیت غذایی بدین معناست که همه مردم در تمامی ایام به غذای کافی، سالم و مغذی برای یک زندگی سالم و فعال، دسترسی داشته باشند. نیاز غذایی سلول از طریق دریافت عناصر غذایی حاصل می‌شود. به این سبب غنی بودن غذا از عناصر مفید و مغذی حائز اهمیت است.

### غذاهای فراسودمند (Functional Foods)

غذاهای فراسودمند موضوع روز علم تغذیه بوده و یکی از رو به رشدترین گروه‌های مواد غذایی به شمار می‌آیند. در نگاه سنتی از نظر علم تغذیه، انسان برای ادامه حیات علاوه بر اکسیژن، آب و کربوهیدرات‌ها، وابسته به تأمین آمینواسیدهای ضروری، اسیدهای چرب ضروری، املاح پرمقدار و کم‌مقدار و ویتامین‌ها از طریق غذا است. مطالعات بسیاری نشان داده است که دریافت برخی مواد غذایی ارتباط مستقیم با کاهش برخی بیماری‌ها دارد و این خواص به هیچ‌کدام از مواد ضروری ذکر شده در بالا مربوط نیست. برای مثال فلاوونوئیدها در ترکیباتی مانند عسل و برخی از سبزی‌ها و میوه‌ها و همچنین ایزوفلاوونوئیدها در سویا، دارای خاصیت ضد سرطانی و پیشگیری‌کننده از بیماری‌های قلبی و عروقی هستند. همچنین به سبب وجود ترکیبات سولفوردار در سیر، این سبزی مفید دارای اثرات درمانی اثبات شده‌ای است. استفاده از این نوع مواد غذایی و یا استخراج عصاره ماده مؤثر آنها و افزودن آن به سایر مواد غذایی در صنعت غذا رویکرد جدیدی است و در مجموع این نوع مواد غذایی تحت عنوان غذاهای فراسودمند نام‌گذاری شده‌اند.

غذاهای فراسودمند افزون بر ارزش تغذیه‌ای پایه، دست کم دارای یک خاصیت مشخص و به اثبات رسیده ارتقای سلامت و پیشگیری‌کننده و یا کاهش‌دهنده بیماری هستند و شامل مجموعه متنوعی مانند غذاهای فرموله شده برای کودکان، مکمل‌های غذایی، غذاهای غنی‌شده با ویتامین‌ها و مواد معدنی، پروبیوتیک‌ها و غذاهای حاوی مواد مؤثر نظیر فیبر، آنتی‌اکسیدان، پروتئین سویا و اسیدهای چرب ضروری هستند.

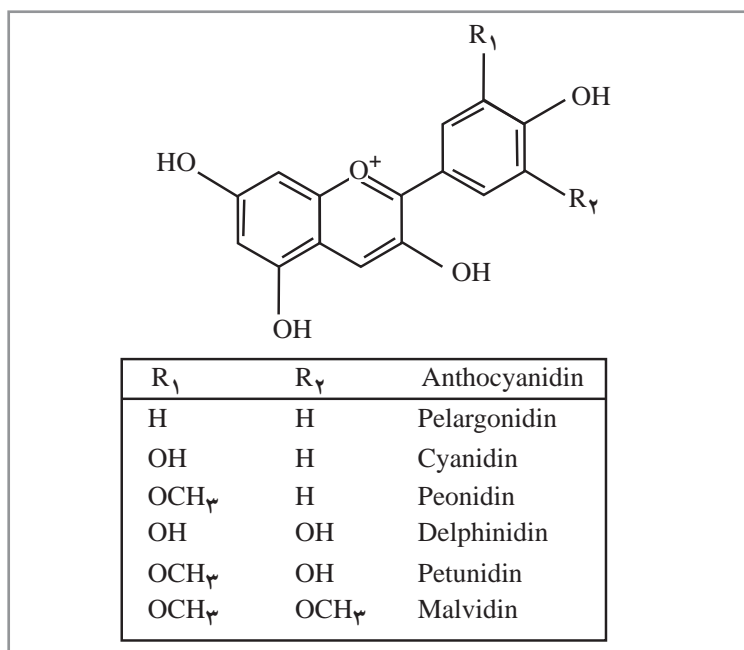


شکل ۱



بین مواد غذایی فراسودمند و ترکیبات غذا - دارو تفاوت وجود دارد. مواد غذایی فراسودمند مشابه مواد غذایی عادی هستند که به عنوان قسمتی از رژیم غذایی معمول مصرف می‌شوند. اما علاوه بر ویژگی تغذیه‌ای اولیه، سلامت پایه را بهبود می‌بخشند. ترکیبات غذا - دارو، محصولات یا ترکیباتی هستند که از مواد غذایی استخراج شده (مانند لیکوپین از گوجه‌فرنگی) و سپس به شکل دارویی مانند قرص، کپسول، پودر یا شربت عرضه می‌شوند. این ترکیبات فواید فیزیولوژیکی داشته و یا در مقابل بیماری‌های مزمن نقش محافظتی دارند، به این ترکیبات «فرآورده‌های سلامت‌بخش طبیعی» هم گفته می‌شود.

به این ترتیب می‌توان میوه انگور را به دلیل داشتن آنتوسیانین‌ها یک غذای فراسودمند در نظر گرفت در حالی که ترکیب مؤثر آنتوسیانین موجود در انگور را می‌توان از آن استخراج کرده و به شکل قرص یا شربت مصرف نمود که در این صورت به آن غذا - دارو گفته می‌شود.



شکل ۲- ساختمان شیمیایی آنتوسیانین‌ها

همچنین می‌توان ترکیبات غذا - دارو را به مواد غذایی مختلف اضافه کرد. با این وجود مرز بین مواد غذایی فراسودمند و ترکیبات غذا - دارو خیلی واضح نیست و ممکن است بعضی از تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها این واژه‌ها را جای یکدیگر استفاده کنند.

در حقیقت مواد غذایی فراسودمند به عنوان قسمتی از رژیم غذایی روزانه در نظر گرفته می‌شوند اما در عین حال دارای ترکیباتی هستند که از نظر بیولوژیکی فعال بوده و ظرفیت افزایش سلامتی یا کاهش خطر بیماری‌ها را دارند. نمونه‌هایی از مواد غذایی فراسودمند شامل غذاهایی می‌شوند که حاوی مواد معدنی مشخص، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب ضروری یا فیبرهای رژیمی هستند. همچنین این تعریف مواد غذایی را شامل می‌شود که ترکیبات فعال بیولوژیکی مانند؛ آنتی‌اکسیدان‌ها یا پروبیوتیک‌ها به آنها اضافه می‌شود. از گروه اخیر می‌توان به فرآورده‌های لبنی پروبیوتیک اشاره کرد.



نکته



مواد غذایی کاملی که تغییری در آنها صورت نگرفته باشد، مانند سبزی‌ها و میوه‌ها ساده‌ترین شکل مواد غذایی فراسودمند هستند، مثل کلم، هویج و گوجه‌فرنگی که دارای ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند.

**غنی‌سازی (Enrichment):** عبارت است از افزودن یک یا چند ریزمغذی ضروری به مواد غذایی در سطوحی بالاتر از آنچه که به‌طور طبیعی در غذا وجود دارد، کم است یا وجود ندارد، به‌منظور پیشگیری و اصلاح کمبود ناشی از یک یا چند ماده ریزمغذی که در کل جامعه و یا گروه‌های خاصی از جمعیت وجود دارد. فرایند غنی‌سازی، وارد کردن، یا اضافه کردن ترکیب غذا - دارو به مواد غذایی است. غنی‌سازی یا اضافه کردن یک جزء جدید (شامل یک ترکیب غذا دارو) به یک محصول جدید می‌تواند بر ویژگی‌های ترکیبی، فیزیوشیمیایی و در نتیجه بر ماندگاری تأثیر گذارد. نوع و حلالیت ترکیب غذا دارو بر طراحی فرمولاسیون و فراوری مورد استفاده در تولید آن تأثیر می‌گذارد.

بیشتر بدانید



اغلب، وارد کردن مستقیم این ترکیبات به ماده غذایی ممکن نیست، به این دلیل که بسیاری از آنها به تجزیه شدن حساس هستند و ممکن است با ترکیبات دیگر مواد غذایی برهم‌کنش دهند. در نتیجه باعث از دست رفتن قابلیت زیست دسترس‌پذیری جزء غذا دارو و کاهش کیفیت محصول غذایی شوند؛ بنابراین وارد کردن موفقیت‌آمیز ترکیب غذا - دارو به ماده غذایی نیازمند طراحی مناسب یک سیستم حمل است که اختصاصاً برای محصول هدف طراحی شده باشد.

حامل غذایی (Carriers of food)؛ عبارت است از غذایی که ماده مغذی به آن افزوده می‌شود. امروزه غنی‌سازی به دو صورت انجام می‌شود:

- ۱- **غنی‌سازی اجباری:** در قالب طرح‌های ملی به‌عنوان مثال غنی‌سازی آرد با آهن و فولیک اسید یا نمک با ید.
- ۲- **غنی‌سازی اختیاری:** به‌صورت اختیاری و با انتخاب کارخانجات تولید مواد غذایی به‌طور مثال افزودن ویتامین D به روغن‌های خوراکی.

پرسش



چند نوع محصول صنایع غذایی که عملیات غنی‌سازی روی آنها انجام شده را نام ببرید؟

### اصول پایه برای غنی‌سازی در قالب طرح‌های ملی (غنی‌سازی اجباری):

غنی‌سازی باید با تصمیم سازمان‌های دولتی ذی‌ربط در مورد نوع و مقدار ریزمغذی‌ها، نوع غذای انتخاب شده برای غنی‌سازی به‌عنوان حامل و براساس تصحیح مشکلات تغذیه‌ای خاص جامعه هدف و الگوی مصرف غذایی هر منطقه صورت گیرد.

در این رابطه باید شواهدی مبنی بر نیاز به دریافت ریزمغذی خاصی در یک یا چند گروه از جامعه به واسطه کمبود و یا دریافت مقادیر کم آن ترکیب موجود باشد.

در غنی‌سازی سه نکته اساسی باید لحاظ و تعیین شود:

- ۱ انتخاب نوع ماده غذایی به‌عنوان حامل؛
- ۲ انتخاب مواد مغذی ضروری با هدف غنی‌سازی؛
- ۳ مقدار مواد مغذی ضروری با هدف غنی‌سازی.

غذایی که به‌عنوان حامل ریزمغذی انتخاب می‌شود باید توسط جامعه تحت خطر کمبود، مصرف شود.



مقدار ریزمغذی افزوده شده به غذا باید برای بهبود یا پیشگیری از کمبود آن کافی باشد.



شرایط زیر باید برای انجام هر نوع غنی‌سازی لحاظ شود:

- ریزمغذی‌های ضروری باید با توجه به وجود آنها در منابع غذایی دیگر، در مقادیری به مواد غذایی اضافه شوند که منجر به دریافت مقدار بیش از اندازه و یا نامعلوم آن ماده ریزمغذی در افراد مصرف‌کننده نشوند.
- انتخاب غذای حامل باید بر اساس میزان مصرف آن در جامعه هدف باشد.
- مقدار ریزمغذی باید به نحوی باشد که موجب جذب بیش از حد در افراد با مصرف بالای این محصولات نشود.
- افزودن ریزمغذی‌ها به مواد غذایی باید به نحوی باشد که موجب اثرات زیان‌آور بر متابولیسم سایر مواد مغذی و یا بروز عوارض جانبی نشود.
- ریز مغذی افزوده‌شده به ماده غذایی باید از نظر بیولوژیکی از غذای مصرف شده قابل دریافت باشد.
- افزودن ریزمغذی به مواد غذایی نباید تغییری در خصوصیات مواد غذایی (از قبیل رنگ، طعم، بو، ماهیت و فرایند تولید) ایجاد کند و همچنین نباید زمان ماندگاری مواد غذایی را به طور محسوسی کاهش دهد. این امر معمولاً در مورد غنی‌سازی با مواد معدنی بسیار مهم است.
- تکنولوژی و امکان فراوری ماده غذایی در جهت غنی‌سازی آن به نحو درست و مطلوب موجود باشد.
- افزودن ریزمغذی‌ها باید به نحوی باشد که طی فرایندهای فراوری، نگهداری، توزیع و مصرف در غذا پایدار بوده و تخریب یا حذف نشوند.
- افزودن ریزمغذی‌ها نباید به نحوی باشد که موجب فریب یا گمراهی مصرف‌کننده در مورد ارزش غذایی آن محصول شود.
- روش‌های اندازه‌گیری، پایش و کنترل کیفیت مقادیر ریزمغذی افزوده شده به غذا باید از طریق تولیدکننده و سازمان ناظر در دسترس و امکان‌پذیر باشد.
- مقدار دریافت ریزمغذی از مواد غذایی که به‌عنوان حامل انتخاب می‌شود باید ثابت و یکنواخت بوده و مقادیر حداکثر و حداقل میزان دریافت مشخص باشد.
- افزودن ویتامین‌ها و املاح به مواد غذایی باید با دقت پایش و کنترل شود چرا که این مواد به شدت نسبت به اکسیداسیون، حرارت، نور و ... حساس هستند. علاوه بر کنترل مقادیر افزوده شده، این مواد باید به شکلی یکنواخت در کل ماده غذایی حامل پخش شوند.
- غنی‌سازی عموماً در غذاهای فراوری شده صورت می‌گیرد و افزودن مواد مغذی ضروری و ریزمغذی‌ها به مواد غذایی زیر ممنوع است:
  - محصولات کشاورزی خام نظیر میوه‌ها، سبزی‌ها، حبوبات و غلات
  - غذاهای فراوری شده مانند چای، قهوه و کاکائو و ادویه‌جات
  - آب آشامیدنی
  - غذاهای خام نظیر گوشت قرمز، طیور، ماهی، میگو، تخم‌مرغ و نیز فراورده‌های گوشتی حاصل از آنها مثل سوسیس، کالباس، همبرگر و غذاهای با سدیم بیش از ۴۵۰ میلی‌گرم به ازای هر واحد مصرف (serving size)

- غذاهای کنسروی و نیمه‌کنسروی
- غذاهای با اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب ترانس بیش از ۲ گرم و یا فراورده‌هایی که بیش از ۱۵ درصد انرژی آنها از اسیدهای چرب اشباع و یا اسیدهای چرب ترانس تأمین می‌شود.
- غذاهایی که بیش از ۳۰ درصد از انرژی آنها حاصل از قندهای ساده (مونو و دی ساکاریدها) باشد.
- فراورده‌های حجیم شده نظیر اسنک‌ها، چیپس و ...

بحث کلاسی



در مورد دلایل ممنوعیت غنی‌سازی هر یک از گروه‌های غذایی فوق بحث کنید.

### انتخاب مواد مغذی ضروری با هدف غنی‌سازی اختیاری

ویتامین‌ها و مواد معدنی را که می‌توان به شکل اختیاری به غذا افزود به دو دسته تقسیم می‌شوند: (الف) ریزمغذی‌هایی که اثرات سوءجانبی از آنها گزارش نشده و یا محدوده امنیت بالایی دارند مانند: تیامین، ریبوفلاوین، پانتوتنیک اسید، بیوتین، ویتامین B<sub>۱۲</sub>، ویتامین C، بتاکاروتن، ویتامین E، ویتامین E و نیاسین. (ب) ریزمغذی‌هایی که اثرات سوءجانبی جدی داشته اما در غنی‌سازی‌های اختیاری امکان جذب بیش از حد آنها (Over dose) در مقادیر افزوده شده وجود ندارد: کلسیم، فولیک اسید، منیزیم و ویتامین D.

نکته

از این دو گروه افزودن ریزمغذی‌هایی که در قالب طرح‌های ملی به مواد غذایی اضافه می‌شوند نظیر آهن و ید ممنوع است.



مقادیر توصیه شده دریافت ریزمغذی‌ها (RNI) با توجه به انجام مطالعات جامعه‌نگر و براساس ویژگی‌های سنی و جنسیتی به نحوی تعریف شود که اکثریت (۹۷ درصد) افراد سالم در هر گروه آن را دریافت می‌نمایند.

### جدول ۱- غنی‌سازی مواد غذایی

عامل افزوده شده	ماده غذایی
ید، آهن، فلونور	نمک
ویتامین‌های B <sub>۱</sub> ، B <sub>۲</sub> ، نیاسین و آهن	آرد، نان، برنج
ویتامین‌های A و D	شیر، مارگارین
آهن	شیرهای خشک نوزادان، کلوچه‌ها
کلسیم	شیرسویا، آب میوه
ویتامین‌ها، مواد معدنی	غلات آماده مصرف
ویتامین‌ها، مواد معدنی	نوشابه‌های رژیمی
ویتامین‌ها، مواد معدنی	محلول‌های مخصوص تغذیه با لوله و تغذیه وریدی



- مقررات برچسب گذاری غذاهای غنی شده**
- علاوه بر رعایت قوانین کلی، موارد زیر نیز باید برای برچسب گذاری غذاهای غنی شده لحاظ شوند:
- دفعات مصرف فراورده غذایی
  - مقدار مصرف در هر نوبت بر اساس وزن فراورده (برای غذاهای جامد) یا حجم (برای غذاهای مایع)
  - کالری به ازای هر نوبت مصرف
  - مقدار و نوع ریزمغذی افزوده شده در هر نوبت مصرف

- غذایی که با عبارت «حاوی» از یک ماده ریزمغذی برچسب گذاری می شود باید دارای حداقل ۵ درصد (برای ویتامین C ۲۰ درصد) از میزان مورد نیاز روزانه در هر وعده غذایی باشد.

- غذایی که با عبارت «منبع خوب» از یک ماده ریزمغذی برچسب گذاری می شود باید دارای حداقل ۱۰ درصد (برای ویتامین C ۳۵ درصد) از میزان مورد نیاز روزانه در هر وعده غذایی باشد.

- غذایی که با عبارت «سرشار از» برچسب گذاری می شود باید دارای ۲۰ درصد از میزان مورد نیاز روزانه (برای ویتامین C ۵۰ درصد) در هر وعده غذایی باشد.

## نقش میکروارگانسیم‌ها در تهیه غذاهای فراسودمند

در تهیه برخی از غذاهای فراسودمند، به جای افزودن ترکیبات مغذی، میکروارگانسیم‌هایی که دارای اثرات فیزیولوژیک مطلوب برای بدن هستند، اضافه می کنند. به غذاهای حاوی این نوع میکروارگانسیم‌های مفید، غذای پروبیوتیکی گفته می شود.

تاریخچه استفاده از میکروارگانسیم‌های زنده در غذا به ویژه باکتری‌های تولیدکننده لاکتیک اسید به منظور حفظ و بهبود سلامت انسان بسیار طولانی است. از زمان پیدایش عصر میکروبی‌شناسی، تعدادی از محققین این اثرات مفید را به تعادل میکروبی روده نسبت دادند. فرضیه پروبیوتیک‌ها در اوایل سال ۱۹۰۰ شکل گرفت، زمانی که دانشمندی به نام متچینکوف این فرضیه را مطرح کرد که مصرف ماست حاوی لاکتوباسیلوس منجر به کاهش باکتری‌های تولیدکننده سم در روده شده و در نتیجه باعث افزایش طول عمر میزبان می شود.

### پروبیوتیک‌ها:

میکروارگانسیم‌های (باکتری و مخمر) زنده و فعالی هستند که با استقرار در بخش‌های مختلف بدن (به ویژه روده) به تعداد مناسب، با فعالیت زیستی خود، عمدتاً از طریق حفظ و بهبود توازن فلور میکروبی روده میان میکروارگانسیم‌های سودمند و زیان‌بخش، دربردارنده خواص سلامت‌بخش برای میزبان هستند.

واژه «پروبیوتیک» در زبان لاتین به معنای «حیات‌بخش» است و از نظر مفهوم در مقابل واژه «آنتی‌بیوتیک» به معنای «ضدحیات» قرار دارد.

### پری بیوتیک‌ها:

ترکیباتی اساساً الیگوساکاریدی (Oligosaccharide) هستند که توسط آنزیم‌های گوارشی انسان قابل هضم نبوده و یا هضم‌پذیری کمی دارند و در نتیجه رشد و یا فعالیت میکروارگانسیم‌های پروبیوتیک را به طور انتخابی تحریک می کنند.

### سین بیوتیک‌ها:

فراورده‌هایی هستند که حاوی انواعی از پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک‌ها هستند. کاربرد توأم دو عامل یادشده با هدف ایجاد هم‌افزایی در اثرات سلامت‌بخش آنها صورت می گیرد.

### قابلیت زیستی (زنده‌مانی):

- درجه زنده و فعال بودن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در محصول نهایی است. این ویژگی اغلب از راه شمارش تعداد سلول‌های زنده و فعال پروبیوتیک در محیط کشت تعیین می‌شود.
- ماده غذایی پروبیوتیک باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:
  - خود فرآورده سلامت‌بخش بوده و یا اینکه دست کم مضر نباشد.
  - توسط طیف وسیعی از مردم مصرف شود.
  - امکان تولید دائمی آن وجود داشته باشد.
  - شرایط مطلوب از نظر ماندگاری میکروارگانیسم پروبیوتیک را دارا باشد.
  - افزودن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک سبب از بین رفتن خواص حسی و یا ویژه آن نشود.



شکل ۳- منابع پروبیوتیک طبیعی

با توجه به ویژگی‌های فوق محصولات شیری به‌عنوان پایه مناسبی برای تولید فرآورده‌های پروبیوتیک هستند.

نکته



### خواص سلامت‌بخش عمومی و اختصاصی فرآورده‌های پروبیوتیک

پروبیوتیک‌ها معمولاً دارای اثرات سلامت‌بخش کلی و عمومی هستند یعنی اثرات آنها به اندازه داروها زودبروز، مؤثر و مشخص نیست. در مقابل، فرآورده‌های پروبیوتیک با خواص سلامت‌بخش اختصاصی هم وجود دارند که دارای اثرات درمانی قوی‌تر، زود بروزتر و مشخص‌تر هستند. برای مثال، در حال حاضر، ماست‌های گوناگون به‌منظور درمان عفونت‌های روده‌ای به ویژه اسهال مورد تولید و مصرف دارند.

باکتری‌های مورد استفاده به‌عنوان پروبیوتیک از گروه ترکیبات عموماً بی‌زیان (GRAS) هستند و نباید بیماری‌زا باشند. این میکروارگانیسم‌ها باید دارای مستندات لازم از طرف شرکت تولیدکننده مبنی بر ایمن بودن آن باشند. تنوع میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک همواره در حال افزایش است.



از بین میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک جنس لاکتوباسیلوس، گونه‌های لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس کازیبی، بیفیدوباکتریوم بیفیدوم، بیفیدوباکتریوم لانگوم، بیفیدوباکتریوم بروی، بیفیدوباکتریوم اینفنتیس بیشترین کاربرد تجاری را دارند.

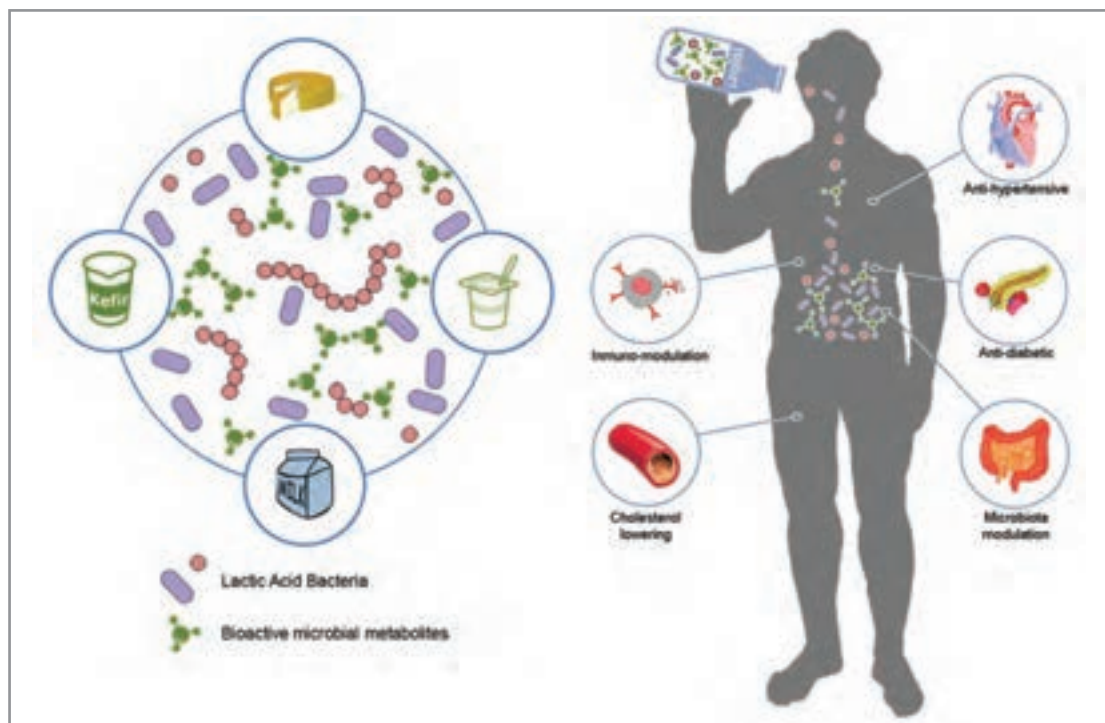
اختلاف نظر زیادی درباره حداقل تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در مواد غذایی وجود دارد، ولی عموماً غلظت حداقلی برابر  $10^6$  -  $10^8$  CFU/g از یک باکتری، هنگام مصرف و تا تاریخ انقضای محصول برای ایجاد تأثیری پروبیوتیک مورد نیاز است.

فراورده‌های پروبیوتیک باید در شرایطی حمل و نقل و انبارش شوند که قابلیت زیستی و تعداد میکروارگانیسم‌های زنده آن دچار تغییر محسوسی نشود. شرایط نگهداری با توجه به فراورده مورد نظر متغیر است.

### معیارهای انتخاب پروبیوتیک‌ها

پروبیوتیک‌ها عموماً از منابع انسانی بوده و به‌عنوان باکتری‌های غیربیماری‌زا محسوب می‌شوند. انتخاب گونه‌های پروبیوتیک عمدتاً بر پایه سابقه تاریخی استفاده از آنها برای مدت‌های مدید بدون داشتن عوارض جانبی مضر صورت می‌گیرد. سایر معیارهای مطرح برای استفاده از گونه‌های باکتریایی مناسب عبارت‌اند از:

- ۱- مقاومت و زنده ماندن در پروسه تکنولوژیک ساخت
- ۲- زنده و فعال ماندن در دستگاه گوارش که به معنی مقاومت در برابر اسید معده و اسیدهای صفراوی است.
- ۳- توانایی اتصال به سلول‌های اپی‌تلیا روده
- ۴- توانایی آنتاگونیزه کردن پاتوژن‌ها از طریق تولید ترکیبات ضد باکتری، حذف رقابتی آنها یا کاهش PH داخل کولون.
- ۵- توانایی تثبیت فلورباکتری‌های روده



شکل ۴- اثرات مصرف فراورده‌های پروبیوتیکی

اغلب فراورده‌های پروبیوتیکی که تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته‌اند یا در بازار موجودند، ایمن هستند و در هزاران نفر از افرادی که تاکنون مصرف این فراورده‌ها را گزارش کرده‌اند، هیچ‌گونه عارضه جانبی آشکاری از خود نشان نداده‌اند.

## ترکیبات شیمیایی مفید در تهیه غذاهای فراسودمند

### نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تولید غذاهای فراسودمند

رادیکال‌های آزاد اتم‌ها یا مولکول‌هایی هستند که به‌خاطر وجود تک الکترون آزاد، بسیار واکنش‌پذیرند و به‌عنوان پذیرنده الکترون و عامل اکسیدکننده عمل می‌کنند و آسیب‌های جبران‌ناپذیری را به ماکرومولکول‌های بدن مانند DNA، و عملکرد مولکول‌های زیستی اصلی بدن شامل پروتئین‌ها، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها وارد می‌سازند. بیشترین اثر تخریبی رادیکال‌های آزاد متوجه غشاء سلولی و غشاء میتوکندری‌ها است. در بدن سیستم‌های خاصی برای مقابله با آسیب حاصل از رادیکال‌های آزاد وجود دارد که به نام سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی معروفند. زمانی که عدم تعادل در میزان تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی پیش آید، این حالت را استرس اکسیداتیو (Oxidative Stress) گویند. محافظت سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در انسان افزایش می‌دهد.

آنتی‌اکسیدان‌ها مکانیسم‌های دفاعی بدن در برابر اکسیدان‌ها هستند که در حذف ترکیبات رادیکالی و برقراری تعادل بین واکنش‌های اکسایش-کاهش در بدن نقش مهمی را ایفا می‌کنند. مهم‌ترین و فراوان‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی شامل کاتالاز، گلوکاتایون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی شامل ویتامین E، ویتامین C، ویتامین A، فلاوونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، ترکیبات پلی‌فنولی و شلاته‌کننده‌های یون فلزی هستند. سطح پایین آنتی‌اکسیدان‌ها یا مهار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، باعث استرس اکسیداتیو شده که می‌تواند به آسیب یا مرگ سلول بیانجامد. یکی از انواع غذاهای فراسودمند، افزودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به مواد غذایی است. از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی ترکیبات پلی‌فنولی هستند. واژه پلی‌فنول برای توصیف گستره وسیعی از ترکیبات فنولیک به کار می‌رود که در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها و محصولات گیاهی دیگر مانند چای، کاکائو، زیتون و دانه انگور وجود دارند.

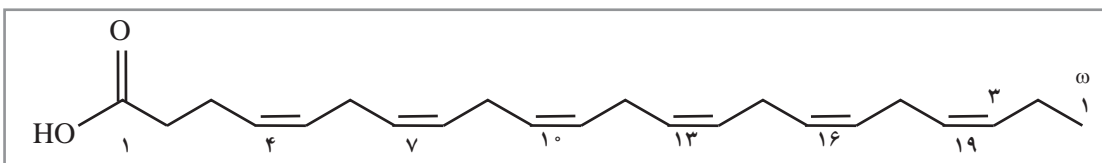
در فرایند تصفیه روغن‌های خوراکی، آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک مثل BHA یا BHT به آنها اضافه می‌شود، اما چنین محصولاتی را فراسودمند نمی‌دانند، زیرا در فراورده‌هایی سودمند باید از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مثل توکوفرول یا ترکیبات پلی‌فنولیک‌ها استفاده کرد.

بیشتر بدانید



### نقش ترکیبات حاوی امگا ۳ در تولید غذاهای فراسودمند

غذاهای فراسودمند به آن دسته از مواد غذایی اطلاق می‌شود که علاوه بر سالم و ایمن بودن، سودمند نیز باشند و از بروز بیماری‌ها جلوگیری نمایند. روغن‌های فراسودمند نیز جزو همین گروه هستند. این نوع از روغن‌ها باید نسبت مناسبی از اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ و امگا ۶ داشته باشند. اسیدهای چرب ضروری به اسیدهای چربی گفته می‌شود که در بدن تولید نشده و حتماً باید از طریق غذا وارد بدن شوند.



شکل ۵- ساختار اسید چرب امگا ۳



یکی از سیستم‌های طبقه‌بندی اسیدهای چرب غیراشباع، سیستم امگایی است. اساس کار این سیستم محل قرارگیری اولین باند دوگانه از انتهای متیل اسید چرب است. این سیستم طبقه‌بندی به‌ویژه در علم فیزیولوژی و تغذیه کاربرد دارد. براین اساس سه گروه مهم از اسیدهای چرب از هم تفکیک می‌شوند.

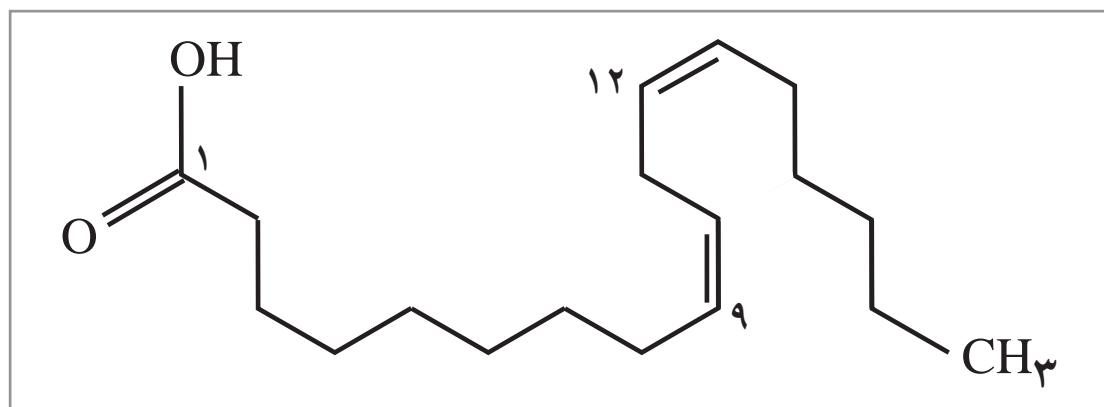
**الف) اسیدهای چرب خانواده ۹-ω:** در این اسیدهای چرب اولین باند دوگانه روی کربن شماره ۹ از انتهای متیل قرار دارد. از این گروه می‌توان به اولئیک اسید اشاره کرد.

**ب) اسیدهای چرب خانواده ۶-ω:** اولین باند دوگانه اسیدهای چرب این گروه روی کربن شماره ۶ انتهای متیل قرار دارد. از این گروه می‌توان به لینولئیک و آراشیدونیک اسید اشاره کرد. بدن انسان قادر به سنتز اسیدهای چرب این گروه نیست. بنابراین اسیدهای چرب این گروه را اسیدهای چرب ضروری می‌نامند.

**ج) اسیدهای چرب خانواده ۳-ω:** اولین باند دوگانه اسیدهای چرب این گروه روی کربن شماره ۳ از سمت متیل قرار دارد. از این گروه می‌توان به لینولئیک اسید و ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانولئیک اسید (DHA) اشاره کرد.

اسیدهای چرب این گروه اثرات فیزیولوژیک بسیار مفیدی دارند. از این رو به این گروه هم اسیدهای چرب ضروری گفته می‌شود.

بالا بردن سلامت افراد یک جامعه از شاخص‌های مهم بهداشتی و پیشرفت جوامع محسوب می‌شود. سلامتی می‌تواند متأثر از دو عامل ژنتیک و عوامل محیطی باشد. انسان‌ها در طول ده هزار سال گذشته به لحاظ ژنتیکی تغییر چندانی نکرده‌اند ولی به لحاظ نوع غذا، مصرف انرژی و فعالیت‌های فیزیکی تغییر زیادی نموده‌اند. در تغذیه انسان‌های اولیه نسبت امگا ۶ به امگا ۳ در حدود ۱ به ۱ تا ۲ به ۱ بوده است. به هم خوردن این تعادل یعنی به هم خوردن تنظیم و رشد بدن که نتیجه آن ابتلا به بیماری‌هایی مانند بیماری‌های اکتسابی قلبی، فشار خون بالا، دیابت، سرطان و انواع حساسیت‌ها است. هرچند مصرف امگا ۳ باعث ارتقای سلامت افراد می‌شود و خاصیت ضدالتهابی و ضدسرطانی آن شناخته شده است اما اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ از نظر متابولیسم و عملکرد با یکدیگر متفاوتند و بهترین حالت برای بدن تعادل این دو اسید چرب است. نسبت سالم امگا ۶ به امگا ۳، طبق نظر پژوهشگران، از ۱ به ۱ تا ۴ به ۱ است متفاوت است. برخی معتقدند که نسبت ۴ به ۱ (مقدار امگا ۶ حدود چهار بار بیشتر از امگا ۳) نسبت سالم‌تری است.



شکل ۶- ساختمان شیمیایی اسید چرب امگا ۶



تمایل به مصرف اسیدهای چرب امگا ۳ از آنجا ناشی می‌شود که آنها اثرات سلامت‌بخشی زیادی مانند بهبود کارایی قلب و عروق و مغز و جلوگیری از بیماری‌های التهابی دارند. از گروه اسیدهای چرب امگا ۳ می‌توان به DHA، اشاره کرد. مهم‌ترین منبع امگا ۳ روغن ماهی است اما با توجه به کمبود منابع ماهی، در دسترس نبودن آن در تمام مکان‌ها، مدت زمان ماندگاری کوتاه، بو و طعم نامطلوب، مشکلات آلودگی و طبخ و مهم‌تر از همه آلودگی ماهی‌ها با جیوه و سرب، امروزه برای تأمین این اسیدهای چرب بیشتر از منابع گیاهی استفاده می‌شود. منابع گیاهی، ارزان‌تر و با قابلیت دسترسی بیشتر هستند.



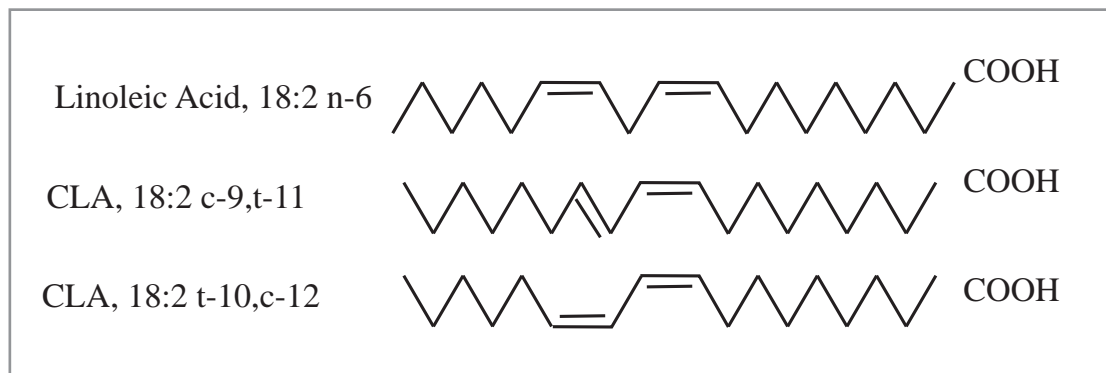
شکل ۷

مهم‌ترین اسیدهای چرب امگا ۳ در منابع گیاهی آلفالینولیک اسید است که بالاترین میزان آن در بزرک (روغن بذر کتان) وجود دارد.

لینولئیک اسید کونژوگه (CLA) (Conjugated Linoleic Acid) به گروهی از اسیدهای چرب غیراشباع مزدوج اطلاق می‌شود که از لینولئیک اسید مشتق می‌شوند. باکتری‌های دستگاه گوارش نشخوارکنندگان با بیوهیدروژناسیون لینولئیک اسید این فرم‌های مختلف را تولید می‌کنند.

مقدار این اسید چرب در شیر و گوشت حیوانات نشخوارکننده بستگی به نوع تغذیه آنها دارد به طوری که در صورت چریدن در مراتع پوشیده شده از علف‌های تازه بیشترین میزان CLA در محصولات به دست آمده از دام یافت می‌شود، تغییر در رژیم غذایی دام می‌تواند میزان CLA را تا ۱۰ برابر افزایش دهد. در سال‌های اخیر ویژگی‌های تغذیه‌ای و درمانی بسیار مناسبی برای این اسید چرب گزارش شده است. از آن جمله می‌توان به اثرات ضد چاقی، بهبود شاخص توده بدنی، کاهش فشار خون، کاهش کلسترول تام و کاهش LDL، کاهش تصلب شرایین و در نهایت خاصیت ضدسرطانی اشاره کرد. به واسطه این ویژگی‌های مناسب تغذیه‌ای امروزه غنی‌سازی مواد غذایی با این اسید چرب مهم هم مرسوم شده است.

علاوه بر اسیدهای چرب امگا ۳ که در دو دهه اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، تعداد زیادی از لیپیدهای بیواکتیو رژیمی مثل، فیتواسترول، فیتواستاتول‌ها، ویتامین‌های محلول در چربی و کاروتنوئیدها جهت توسعه مواد غذایی فراسودمند به مواد غذایی اضافه می‌شوند.



شکل ۸- لینولئیک اسید کونژوگه CLA

یکی دیگر از اسیدهای چرب دارای اثرات فیزیولوژیک بسیار مناسب، اسید چرب شاخص روغن هسته انار (پانیسیک اسید) است. این اسید چرب ایزومر مزدوج، لینولنیک اسید است. اثرات درمانی و تغذیه‌ای مناسبی برای این اسید چرب به اثبات رسیده است.

### نقش استرول‌های گیاهی در تولید غذاهای فراسودمند

ترکیبات لیپیدی (روغن‌ها و چربی‌ها) از دو بخش قابل صابونی شدن (ترکیبات گلیسیریدی) و غیرقابل صابونی شدن (ترکیبات غیر گلیسیریدی) تشکیل شده‌اند.

بخش غیرصابونی شدن معمولاً از نظر مقداری بین ۱ تا ۳ درصد روغن‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این بخش شامل اجزاء متفاوتی است که از آن جمله می‌توان به ترکیبات استرولی، ویتامین‌های محلول در چربی، هیدروکربن‌ها و رنگدانه‌ها اشاره کرد.

ترکیبات استرولی فراوان‌ترین جزء ترکیبات غیر قابل صابونی شدن تمام روغن‌ها و چربی‌ها هستند. این ترکیبات از لحاظ ساختمانی جزء گروه ترکیبات استروئیدی هستند و با ویتامین D، هورمون‌های جنسی و اسیدهای صفراوی در یک خانواده قرار دارند. مهم‌ترین استرول جانوری کلسترول است. کلسترول‌های گیاهی را فیتواسترول می‌نامند. از این گروه می‌توان به بتاسترواسترول اشاره کرد.

فیتواسترول‌ها (استرول‌های گیاهی) ترکیباتی هستند که به‌طور طبیعی در گیاهان وجود دارند. غنی‌ترین منابع فیتواسترول‌ها، روغن‌های گیاهی هستند. این ترکیبات به‌صورت پودر سفیدرنگ، نامحلول در آب و دارای نقطه ذوب ۱۰۰ تا ۲۱۵ درجه سلسیوس هستند که برخلاف داروها، اساساً در روده جذب نشده و به همراه کلسترول از بدن خارج می‌شوند. فیتواسترول به‌دلیل تشابه ساختمانی با کلسترول، برای جذب در روده با این ماده رقابت می‌کنند. لذا موجب کاهش سطح کلسترول خون تا ۴۰ درصد می‌شوند. همچنین این ترکیبات در بهبود دیابت نوع ۲، کاهش خطر ابتلا به سرطان معده، جلوگیری از رشد تومور، بهبود بیماری‌های التهابی و تصلب شرایین، مفید هستند.

اغلب روغن‌های گیاهی خام دارای حدود ۱ تا ۵ گرم فیتواسترول به ازای هر کیلوگرم روغن هستند. نتایج نشان می‌دهد که جذب روزانه ۲ گرم فیتواسترول، سطح LDL را به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. البته مصرف بسیاری از این ترکیبات می‌تواند موجب کاهش جذب ویتامین‌های محلول در چربی مانند ویتامین D و E نیز شود. به‌دلیل مزایای مصرف، این ترکیبات گاهی به‌عنوان مکمل به غذاها افزوده می‌شوند. به‌طور مثال امروزه مارگارین‌های غنی شده با فیتواسترول تهیه می‌شوند. مشکلات اساسی در غنی‌سازی مواد غذایی با فیتواسترول‌ها، نقطه ذوب بالا، طعم و مزه گچی و حلالیت پایین آنها است. فیتواسترول‌ها، به‌دلیل چربی‌دوست بودن به‌راحتی در غذاهای پرچرب قابل استفاده‌اند. تهیه امولسیون روغن در آب، حلالیت فیتواسترول‌ها را افزایش داده و موجب افزایش کارایی آنها در کاهش کلسترول می‌شود. از این‌رو برای غنی‌سازی شیر و ماست با این ترکیبات، از فرم محلول در آب (امولسیون) آنها استفاده می‌شود.

### ارزشیابی:

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استاندارد عملکرد جدول زیر برای هر هنرجو ثبت می‌شود. امکان جبران پودمان‌ها در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و براساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

### الگوی ارزشیابی پودمان چهارم

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)
۳	تحلیل نقش کاربردهای مختلف فناوری نانو، غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند در صنعت غذا	بالاتر از حد انتظار	بررسی و تحلیل اثر فناوری نانو، غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند در صنایع غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران	۱- کاربرد فناوری نانو در صنعت غذا
۲	تحلیل اثر و کاربردهای فناوری نانو، غنی‌سازی و انواع غذاهای فراسودمند در صنعت غذا	در حد انتظار (کسب شایستگی)		
۱	تعیین انواع کاربردهای فناوری نانو، غنی‌سازی و غذاهای فراسودمند در صنعت غذا	پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)		
				نمره مستمر از ۵
				نمره شایستگی پودمان از ۳
				نمره پودمان از ۲۰