پودمان ۱

اثر فرایند بر کیفیت مواد غذایی

اصول نگهداری مواد غذایی یعنی انجام فرایندهایی که ماده غذایی را در مقابل عوامل فسادزا محافظت می‌کند. مواد غذایی توسط عوامل بیولوژیکی، واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی دچار فساد می‌شوند. بشر همواره برای جلوگیری از فساد مواد غذایی در حال تجربه و به کارگیری مجموعه‌ای از روش‌های نگهداری بوده است. به‌طور کلی روش‌های نگهداری مواد غذایی را می‌توان به دو دسته روش‌های حرارتی و غیرحرارتی طبقه‌بندی نمود. کاربرد هر یک از این روش‌ها علاوه بر جلوگیری از فساد و در نتیجه افزایش زمان ماندگاری ماده غذایی (Shelf Life)، روی کیفیت آن نیز تأثیر دارد.

واحد یادگیری ۱
تحلیل اثر روش‌های نگهداری حرارتی بر کیفیت مواد غذایی

فرایندهای حرارتی به دو منظور در صنایع غذایی استفاده می‌شوند. یکی برای نابودی میکروارگانیسم‌های پاتوژن و در نتیجه تهیه غذای ایمن و سالم (Safe) برای مصرف‌کنندگان و دیگری پختن و فراهم کردن غذای آماده مصرف. روش‌های متفاوتی برای پخت مواد غذایی مانند پخت خشک و مرطوب یا پخت با مایکروویو، کباب کردن و سرخ کردن و... وجود دارد؛ که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. یعنی نمی‌توان گفت پختن مواد غذایی با یک روش خاص، کاملاً مناسب و یا نامناسب برای همه گروه‌های غذایی است.

مزایای عمده روش‌های نگهداری حرارتی مواد غذایی عبارت‌اند از:

- کنترل نسبتاً آسان فرایند؛
- تولید محصولات پایدار که نیاز به نگهداری در شرایط سرد ندارند؛
- اثرات مفید تغذیه‌ای شامل تخریب فاکتورهای ضد تغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین سویا) و یا تخریب ترکیبات آلرژن و افزایش قابلیت دسترسی به مواد مغذی.

استانداردعملکرد

بررسی و تحلیل اثر روش‌های نگهداری حرارتی و غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران

اثر حرارت بر ترکیبات مغذی مواد غذایی

روش‌های پخت مواد غذایی

مصرف بسیاری از مواد غذایی به‌صورت پخته با شرایط فیزیولوژیک بدن ما سازگارتر است. پخت‌وپز باعث ایمن‌تر و کام‌پذیرتر شدن برخی گروه‌های غذایی مانند گوشت می‌شود. معمولاً ارزش تغذیه‌ای چنین خوراکی‌هایی با پختن بیشتر می‌شود.

به‌طور کلی دو روش عمده حرارتی برای پختن مواد غذایی وجود دارد:

۱ـ روش پخت مرطوب

در این روش درجه حرارت نسبتاً کم است. بنابراین تخریب مواد مغذی کمتر صورت می‌گیرد. ولی زمان پخت در چنین دماهایی کمی طولانی است و این امر منجر به ورود مقداری از مواد مغذی محلول، به آب مورد استفاده برای طبخ می‌شود.

روش‌های پخت حرارتی مرطوب شامل جوشاندن، بخارپز کردن و آرام پختن می‌شود.

ـ جوشاندن: آب به واسطه دارا بودن گرمای ویژه بالا، محیط مناسبی برای انتقال حرارت به ماده غذایی است. به‌همین دلیل از روش جوشاندن برای پخت بسیاری از مواد غذایی استفاده می‌شود. یکی از معایب استفاده از آب برای پخت، حلالیت بالای آن است زیرا ممکن است ماده غذایی در آب مقداری از مواد مغذی خود را از دست بدهد. به‌طور مثال سبزی‌ها را معمولاً برای پخت می‌جوشانند و این امر موجب کاهش برخی از عناصر مغذی و ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین C می‌شود.(شکل ۱)

شکل ۱

نکته

دمای جوش آب رابطه مستقیم با فشار هوا دارد.

پرسش

چرا مدت زمان پخت مواد غذایی در زودپز کاهش می‌یابد؟

نکته مهم دیگر این است که هر چه سطح مخصوص ماده غذایی بزرگ‌تر باشد، کاهش مواد مغذی محلول در آب بیشتر می‌شود. خرد و له کردن، بریدن و ریز کردن ماده غذایی نه تنها سطح مخصوص آن را افزایش می‌دهد، بلکه آنزیم‌ها را نیز آزاد می‌کند و به این ترتیب مقدار بیشتری مواد مغذی از دست می‌رود. (جدول ۱)

جدول ۱ـ تأثیر اندازه ذرات مواد غذایی بر کاهش مواد مغذی هنگام پخت (درصد اتلاف)

مواد مغذی / اندازه ماده غذایی	قندها	پروتئین‌ها	املاح معدنی	ویتامین C
قطعات بزرگ	۱۰ـ۲۱	۲ـ۸	۸ ـ۱۶	۳۲ـ۳۳
قطعات کوچک	۱۹ـ۳۵	۱۴ـ۲۲	۱۷ـ۳۰	۳۲ـ۵۰

بحث کلاسی

از جدول صفحه قبل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ـ بخارپز کردن: در این روش از بخار آب برای پخت ماده غذایی استفاده می‌شود. از آنجا که تماس بین ماده غذایی و آب در این روش کمتر از روش جوشاندن است، کاهش مواد مغذی از این طریق کمتر است، ولی به دلیل طولانی‌تر بودن زمان پخت، مقداری از مواد مغذی مثل ویتامین‌ها به‌واسطه تخریب حرارتی دچار افت می‌شوند.

ـ آرام پختن: پختن مواد غذایی در آب داغ که دمای آن پایین‌تر از نقطه جوش آب است، را روش «آرام پختن» می‌گویند. بنابراین تغییراتی که در حین آرام پختن رخ می‌دهد مشابه جوشاندن است ولی با سرعت کمتر و زمان بیشتری انجام می‌شود.

در این روش به‌دلیل زمان طولانی پخت، واکنش‌های شیمیایی ایجادکننده ترکیبات مولد عطر و طعم، زمان بیشتری برای انجام دارند. بنابراین غذای پخته شده با این روش دارای عطر و طعم بیشتری است.

۲ـ روش پخت خشک

این روش شامل کباب کردن و پختن روی شعله مستقیم است. در روش پخت با حرارت خشک، از درجه حرارت بالاتری نسبت به روش مرطوب استفاده می‌شود و به همان میزان، افت مواد مغذی حساس به حرارت بیشتر است. (شکل ۲ و ۳)

شکل ۲ـ کباب کردن افقی

شکل ۳ـ کباب کردن عمودی

نکته

به‌واسطه اینکه در این روش پخت، امکان تشکیل برخی از ترکیبات ضد تغذیه‌ای و حتی سمی وجود دارد، توصیه می‌شود از محصولاتی که به‌طور مستقیم روی آتش کباب می‌شوند کمتر استفاده شود.

اگرچه حرارت دادن، برخی مواد مغذی را تخریب می‌کند، اما دسترسی بدن به برخی مواد مغذی دیگر را افزایش می‌دهد. درنتیجه، هر یک از روش‌های پخت مواد غذایی نسبت به دیگری مزایا و معایبی دارد. حتی مصرف محصولات به‌صورت خام نیز بهترین روش نیست. گرچه می‌توان بیشتر اعضای گروه میوه‌ها و سبزی‌ها را به‌صورت خام مصرف کرد. اما در مورد برخی دیگر از این گروه مواد غذایی، پختن سبب بهبود ویژگی‌های آنها می‌شود.

برای مثال می‌توان به رنگدانه با ارزش و مغذی گوجه‌فرنگی به نام لیکوپن اشاره نمود. زیرا دسترسی بدن به آن در گوجه فرنگی خام کمتر است. ولی در حین فراوری گوجه‌فرنگی برای تولید رب، سلول‌های گوجه‌فرنگی خرد می‌شوند. بنابراین لیکوپن از سلول‌های گیاهی خارج شده و جذب آن برای بدن آسان‌تر می‌شود.

اثر حرارت بر ویژگی‌های بیولوژیک مواد غذایی

روش‌های سالم‌سازی حرارتی

هدف دیگر فرایندهای حرارتی، سالم‌سازی محصول از طریق از بین بردن میکروارگانیسم‌ها است. فرایندهای حرارتی به‌منظور سالم‌سازی به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرند که بسته به نوع محصول، هدف فرایند، ارگانیسم هدف و طول عمر نگهداری مورد نظر از فرایندهای ملایم تا شدید متفاوت هستند.

مهم‌ترین این روش‌ها در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱ـ ترمیزاسیون (Termization): فرایند حرارتی ملایمی است که برای افزایش مدت زمان نگهداری شیر خام طراحی شده است. این فرایند زمانی انجام می‌شود که امکان استفاده فوری از شیر خام ورودی در خط تولید وجود نداشته باشد. هدف این فرایند در واقع کاهش باکتری‌های سایکروتروف موجود در شیر است. این باکتری‌ها قادر به تولید آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز مقاوم به حرارت هستند. این آنزیم‌ها طی پاستوریزاسیون غیرفعال نشده و امکان دارد که در صورت استفاده شیر برای تولید پنیر یا شیرخشک سبب ایجاد طعم‌های نامطلوب در محصول شوند. دمای مورد استفاده در ترمیزاسیون ۶۳ تا ۶۵ درجه سلسیوس در زمان ۱۵ ثانیه است. به این ترتیب می‌توان این شیر را در دمای کمتر از ۸ درجه سلسیوس برای مدت سه روز نگهداری کرد. تست فسفاتاز قلیایی در شیر ترمیزه شده مثبت است. زیرا شدت این فرایند در حدی نیست که این آنزیم را غیرفعال کند.

نکته

شیر ترمیزه شده، باید بسته به هدف قبل از ارائه به مصرف‌کننده، پاستوریزه یا استریلیزه شود.

۲ـ پاستوریزاسیون (Pasteurization): فرایند حرارتی نسبتاً ملایمی است که در آن مواد غذایی تا دمای زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده می‌شوند.

فدراسیون جهانی محصولات لبنی (IDF) پاستوریزاسیون را این‌گونه تعریف کرده است:

« فرایندی که با هدف به حداقل رساندن خطرات احتمالی ناشی از حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای موجود در شیر، به‌کار برده می‌شود و کاربرد آن باید با حداقل تغییرات فیزیکی، شیمیایی و ارگانولپتیکی در محصول توأم باشد.»

این تعریف برای محصولاتی غیر از شیر، مثل خامه، بستنی، تخم‌مرغ، آب‌میوه، محصولات تخمیری، سوپ‌ها و سایر آشامیدنی‌ها نیز قابل استفاده است. دلیل این‌که فرایند پاستوریزاسیون به‌عنوان یک فرایند ملایم شناخته می‌شود این است که میزان آسیب‌های فیزیکوشیمیایی طی این فرایند کم بوده و تغییرات ایجاد شده در خصوصیات حسی محصول در حداقل است.

شدت فرایند حرارتی و میزان افزایش طول عمر نگهداری محصولات پاستوریزه شده، توسط pH ماده غذایی تعیین می‌شود. در مواد غذایی کم اسید که pH بالاتر از ۴/۵ دارند، هدف اصلی از بین بردن باکتری‌های بیماری‌زا است. در حالیکه در pH های زیر ۴/۵، از بین بردن میکروارگانیسم‌های مولد فساد و غیرفعال کردن آنزیم‌ها، اهمیت بیشتری دارد. فرایند پاستوریزاسیون قادر به حذف باکتری‌های اسپوردار ترموفیل نیست.

۳ـ استریلیزاسیون (Sterilization): این روش شامل نابودی کامل یا حذف همه میکروارگانیسم‌های زنده موجود در مواد غذایی است. این فرایند باعث از بین رفتن مخمرها، کپک‌ها، فرم رویشی و اشکال اسپوری باکتری‌ها هم می‌شود. بنابراین، این امکان را فراهم می‌کند که بتوان محصول را در دمای محیط برای مدت طولانی مثلاً بیش از ۶ ماه نگهداری کرد. دمای بالای فرایند استریلیزاسیون می‌تواند موجب بروز تغییرات شدید در ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی ماده غذایی شود. به‌همین دلیل در صنعت از فرایندهای دما بالا ـ زمان پائین (HTST) استفاده می‌شود. این کار از طریق فراوری محصول قبل از بسته‌بندی، که تحت عنوان فرایند اسپتیک (Aseptic) نامیده می‌شود، انجام می‌گیرد.

بحث کلاسی

در مورد تفاوت محصول اسپتیک با محصولات استریل شده در قوطی بحث کنید.

شکل ۴

مدت زمان مورد نیاز فرایندهای حرارتی ماده غذایی به عوامل زیر بستگی دارد:

ـ مقاومت حرارتی میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌های موجود در ماده غذایی؛

ـ شرایط حرارت‌دهی؛

ـ pH ماده غذایی؛

ـ اندازه ظرف؛

ـ وضعیت فیزیکی ماده غذایی.

اثر حرارت به ویژگی‌های حسی مواد غذایی

دناتوره شدن پروتئین‌ها (Denaturation)

مکانیسم اصلی کشندگی فرایند حرارتی ناشی از دناتوره شدن پروتئین‌ها است، که این امر می‌تواند منجر به نابودی فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه توقف متابولیسم سلولی شود. پاتوژن‌های موجود در مواد غذایی تنوع قابل توجهی از نظر مقاومت حرارتی دارند. برخی از آنها نظیر *کامپیلوباکتر*، *سالمونلا*، *لیستریا* و *اشرشیاکلی* حساس به حرارت بوده و به وسیله پاستوریزاسیون از بین می‌روند. در حالی که اسپورزاهایی نظیر *باسیلوس سرئوس* مقاومت حرارتی بالایی دارند و طی پاستوریزاسیون سالم باقی می‌مانند. در بین باکتری‌های بیماری‌زا اسپورهای *کلستریدیوم بوتولینوم* بیشترین اهمیت را دارند. علاوه بر باکتری‌های بیماری‌زا، غیرفعال نمودن میکروارگانیسم‌های مولد فساد مواد غذایی نیز حائز اهمیت است. این گروه از نظر مقاومت حرارتی تنوع قابل توجهی دارند.

طی فرایند و در حین نگهداری، تغییرات فیزیکی و شیمیایی در محصول به‌وجود می‌آیند که روی کیفیت آن از نظر خصوصیات حسی و ارزش تغذیه‌ای، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی رخ داده طی فرایند حرارتی، می‌توانند مطلوب و یا نامطلوب باشند. شدت فرایند حرارتی بسته به نوع محصول متفاوت است، از این رو تغییراتی که طی این فرایند به وقوع می‌پیوندد متفاوت خواهد بود.

ویژگی‌های مواد غذایی که طی فرایند حرارتی دچار تغییر می‌شوند عبارت‌اند از:

۱ بافت

در اثر حرارت‌دهی غشای برخی از سلول‌ها تخریب می‌شود و در نتیجه انسجام و چسبندگی بین سلول‌ها از بین می‌رود. این امر منجر به از بین رفتن تردی بافت این محصولات می‌شود. عامل دیگری که روی بافت محصولات غذایی حرارت دیده تأثیر دارد؛ دناتوراسیون پروتئین‌ها است. درنتیجه این پدیده حلالیت و قابلیت انعطاف پروتئین‌ها کاهش می‌یابد. و تغییرات زیادی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها به‌وجود می‌آید. بافت محصولات گیاهی در اثر فرایند حرارتی نرم‌تر می‌شود. حرارت می‌تواند بر سلول‌های پارانشیم و حفره‌های حاوی آب در گیاه تأثیر بگذارد و باعث چروکیده شدن و از دست رفتن بافت طبیعی سبزی‌ها شود. در اثر اعمال حرارتی غشای سلولی خاصیت نیمه‌تراوایی خود را از دست داده و در نتیجه آب سلول به‌راحتی حذف می‌شود. همچنین تبدیل کلاژن به ژلاتین و ذوب چربی‌ها باعث نرم‌تر شدن بافت حیوانی در اثر فرایند حرارتی می‌شود.

۲ رنگ

رنگدانه‌های طبیعی عموماً ترکیبات ناپایداری هستند که در اثر حرارت تجزیه می‌شوند. اما ثبات آنها به فاکتورهای مختلفی بستگی دارد. در میوه‌ها و سبزی‌ها در اثر حرارت‌دهی (مانند آنزیم‌بری با آب داغ) کلروفیل به فئوفیتین تبدیل می‌شود. کاروتنوئیدها ایزومره شده و بی‌رنگ می‌شوند و آنتوسیانین‌ها به رنگدانه‌های قهوه‌ای تجزیه می‌شوند.

نکته

تغییر رنگ خیار در فرایند تولید خیارشور از سبز به زیتونی، به سبب فئوفتینه شدن کلروفیل است.

پرسش

چرا هنگام پختن سبزی‌ها، مانند اسفناج توصیه می‌شود درب ظرف باز باشد؟

مقدار اکسیژن موجود در محصول و دمای نگهداری، دو پارامتر مؤثر در تجزیه رنگدانه‌ها هستند. در غذاهای گوشتی در اثر حرارت، رنگدانه قرمز اکسی میوگلوبین به مت میوگلوبین قهوه‌ای رنگ تبدیل می‌شود. از سوی دیگر، حرارت‌دهی می‌تواند منجر به تشدید واکنش میلارد از طریق اثر بر پروتئین‌ها و قندهای موجود در محصول شده و به این ترتیب باعث تغییر رنگ آن به قهوه‌ای یا سیاه شود.

۳ طعم و بو

عموماً فراوری مواد غذایی به کمک حرارت طعم‌های اصلی یعنی شیرینی، تلخی، ترشی یا شوری را به میزان قابل توجهی تغییر نمی‌دهد. در میوه‌ها و سبزی‌ها تغییر طعم در اثر واکنش‌های پیچیده‌ای به‌وجود می‌آید که عبارت‌اند از تخریب آمینواسیدها و تجزیه آنها، واکنش‌های میلارد، کاراملیزاسیون و اکسیداسیون چربی‌ها. تغییرات بو معمولاً در اثر خروج ترکیبات فرار به‌وجود می‌آیند. یکی از مهم‌ترین منابع ترکیبات فرار، اکسیداسیون چربی‌ها یا تند شدن اکسیداتیو آنها است. همچنین در اثر حرارت دادن ترکیبات پروتئینی، گاز H_2S و سایر گازهای بدبو از آمینواسیدهای گوگرددار حاصل می‌شوند.

۴ ترکیبات حساسیت‌زا و مواد ضد تغذیه‌ای

فرایندهای حرارتی موجب غیرفعال شدن ترکیبات حساسیت‌زا یا آلرژن در مواد غذایی می‌شوند. هر چند مشخص شده است که فراوری مواد غذایی ممکن است موجب ایجاد ترکیبات آلرژی‌زای جدید شوند و این امر دلیل حساسیت برخی افراد به مواد غذایی فراوری شده است.

فرایند حرارتی مواد غذایی ممکن است موجب تخریب، تغییر، پوشانیدن و یا آشکار نمودن بخش حساسیت‌زای پروتئین شده و بنابراین موجب کاهش، افزایش و یا عدم تأثیر روی حساسیت‌زایی آن ترکیب شود. در رابطه با اثر حرارت روی ترکیبات ضد تغذیه‌ای مشخص شده است که اغلب بازدارنده‌های پروتئازی موجود در محصولات گیاهی در اثر حرارت نابود می‌شوند که این مسئله موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها می‌شود. این تأثیر حرارت به‌ویژه در مورد سویا مورد توجه قرار دارد به‌طوری که بازدارنده تریپسین موجود در آن به حرارت حساس است. میزان نابودی این عامل به درجه حرارت، زمان حرارت‌دهی، اندازه ذرات و میزان رطوبت محصول بستگی دارد.

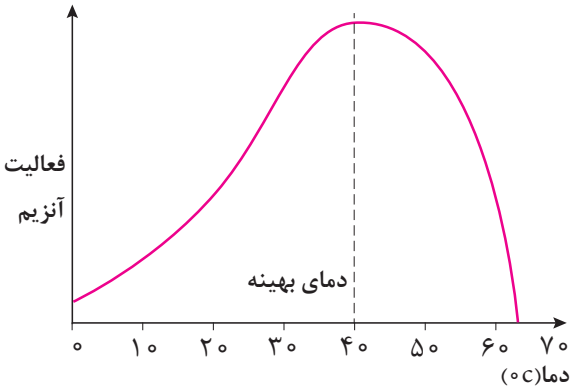
۵ ایجاد ترکیبات سمی

در اثر فرایند حرارتی مواد غذایی واکنش‌های مختلفی به وقوع می‌پیوندند که در برخی مواقع این واکنش‌ها منجر به تشکیل ترکیبات سمی و مضر در آنها می‌شوند. یکی از مهم‌ترین ترکیبات سمی که در اثر فرایند حرارتی مواد غذایی به‌وجود می‌آید اکریل‌آمید است.

اکریل‌آمید به‌عنوان یک ترکیب سرطان‌زا شناخته می‌شود و بیشتر در اثر فرایند حرارتی مواد غذایی در دمای بالاتر از ۱۲۰درجه سلسیوس به‌وجود می‌آید. اما در مواد غذایی خام و یا جوشانده شده، مشاهده نشده است. ترکیبات هیدروکربنه چند حلقه‌ای (PAH) نیز در مقادیر مختلف در اثر حرارت‌دهی مواد غذایی پروتئینی به‌ویژه با روش‌های سرخ کردن و کبابی کردن به‌وجود می‌آیند. مشخص شده است که این ترکیبات دارای پتانسیل جهش‌زایی و سرطان‌زایی هستند. همانند آکریل‌آمید هیچ‌گونه ترکیب هیدروکربنه چند حلقه‌ای در گوشت خام قابل تشخیص نیست. این امر نشان می‌دهد که این ترکیبات طی فرایند پخت تشکیل شده‌اند.

۶ اثر حرارت بر آنزیم‌ها

با افزایش حرارت، سرعت فعالیت آنزیم‌ها ابتدا افزایش یافته ولی با بالا رفتن دما آنزیم‌ها غیرفعال خواهند شد. دمایی که آنزیم بیشترین سرعت فعالیت خود را نشان می‌دهد، دمای بهینه آنزیم نامیده می‌شود. این دما بسته به نوع آنزیم متفاوت است. برای مثال آنزیم آمیلاز که موجب تجزیه نشاسته می‌شود تا دمای ۴۰درجه سلسیوس روند افزایشی و سپس روند کاهشی پیدا می‌کند. (شکل ۵)



شکل ۵ــ اثر دما روی میزان فعالیت آنزیم‌ها

اکثر آنزیم‌ها نسبت به حرارت حساس هستند. به‌طوری‌که به‌منظور غیرفعال کردن آنها از فرایند حرارتی موسوم به آنزیم‌بری (Blanching) استفاده می‌شود.

آنزیم‌بری نوعی فرایند حرارتی است که سبب غیرفعال شدن آنزیم‌ها شده و کیفیت ماده غذایی مانند عطر، طعم و رنگ بهتر حفظ می‌شود. در این عمل علاوه بر آنزیم‌ها تعدادی از میکروارگانیسم‌های سطحی نیز از بین می‌روند. همچنین بافت ماده غذایی نرم شده و از شکنندگی آن جلوگیری می‌شود. این فرایند به‌وسیله آب داغ و بخار انجام می‌شود. آنزیم‌بری با بخار سبب خروج ترکیبات مغذی کمتری از ماده غذایی می‌شود.

بیشتربدانید

گاهی از حساسیت حرارتی آنزیم‌ها به‌عنوان روشی برای تعیین صحت یک فرایند استفاده می‌شود. برای مثال غیرفعال شدن آنزیم فسفاتاز قلیایی به‌عنوان شاخص صحت انجام پاستوریزاسیون شیر، و غیرفعال شدن آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز شاخص صحت انجام فرایند آنزیم‌بری هستند.

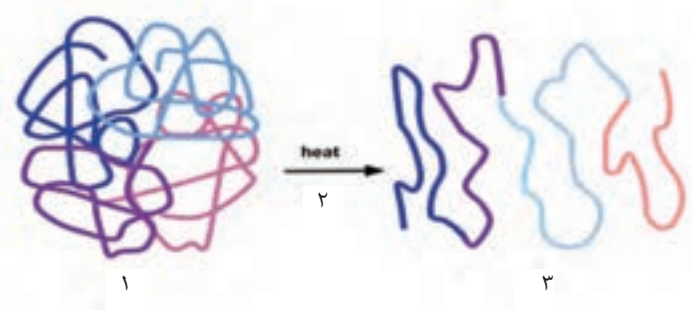
پرسش

اساس کار آزمون تعیین صحت پاستوریزاسیون شیر توسط آنزیم فسفاتاز قلیایی چیست؟

۷ مواد مغذی

فرایند حرارتی روی هرکدام از اجزاء ترکیبات مغذی تأثیرات متفاوتی دارد. اثرات این فرایندها روی ترکیبات مغذی عمده به شرح زیر است:

الف) پروتئین‌ها: نگهداری مواد غذایی در اثر حرارت موجب بروز تغییرات مطلوب و یا نامطلوب در کیفیت تغذیه‌ای پروتئین‌ها می‌شود. تغییرات حرارتی عمده در پروتئین‌ها عبارت‌اند از دناتوراسیون (تغییر در ساختمان سه بعدی)، تغییر در ویژگی‌های عملکردی، تغییرات شیمیایی و قابلیت دسترسی آمینواسیدها. طی دناتوراسیون ساختار تاخورده پروتئین باز می‌شود بدون اینکه پیوندهای کووالانسی آن شکسته شود، یعنی ساختارهای سوم و دوم باز می‌شوند بدون اینکه ساختار اول آن دچار تغییر شود. (شکل ۶)

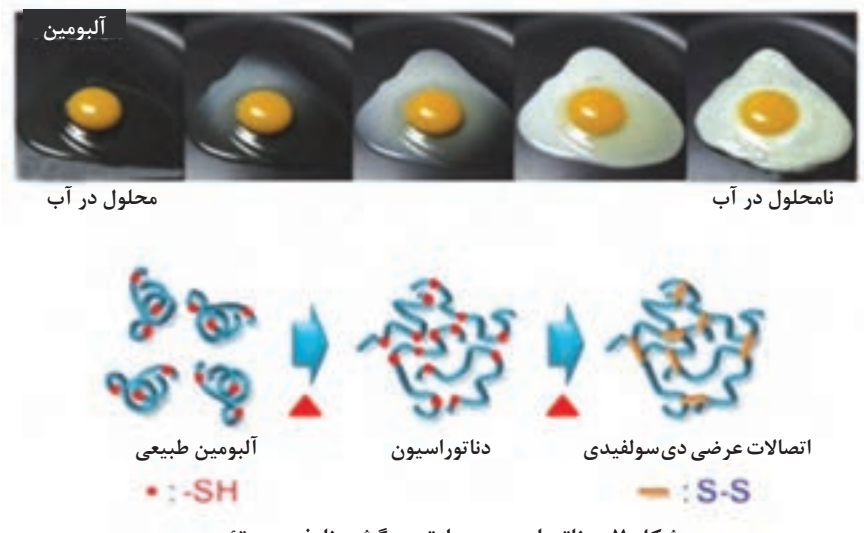


شکل ۶ــ اثر دناتوراسیون بر ساختمان پروتئین‌ها

دناتوراسیون عموماً موجب بهبود قابلیت هضم پروتئین‌ها توسط آنزیم‌های پروتئولیتیک می‌شود.
برخی از آمینواسیدهای ضروری مانند لیزین به حرارت حساس هستند به‌طوری که در اثر فرایند حرارتی (به‌ویژه حرارت‌دهی خشک) مقادیر قابل توجهی از آنها کاهش می‌یابند.
برخی اثرات دناتوراسیون پروتئین‌ها عبارت‌اند از:
ـ کاهش حلالیت و قدرت جذب آب؛
ـ افزایش حساسیت به عمل آنزیم‌ها؛
ـ کاهش فعالیت بیولوژیک؛
ـ افزایش ویسکوزیته.
حساسیت پروتئین‌ها به دناتوراسیون حرارتی به شدت وابسته به مقدار رطوبت محیط است. یعنی با افزایش رطوبت، شدت دناتوراسیون افزایش می‌یابد.

پرسش

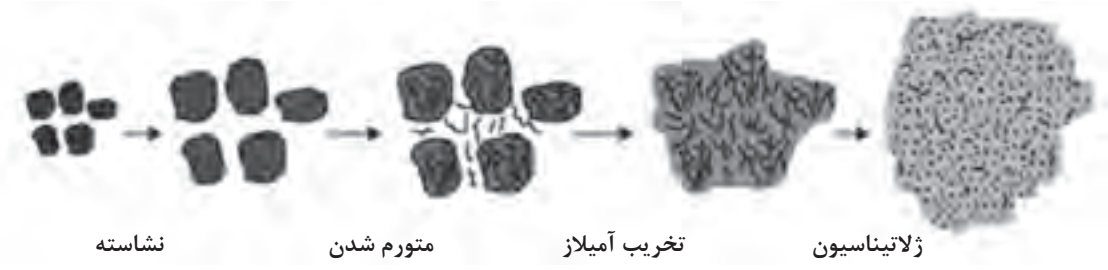
چرا فرایندهای حرارتی مرطوب اثر میکروب‌کشی بیشتری از فرایندهای حرارتی خشک دارند؟



شکل ۷ـ دناتوراسیون حرارتی برگشت‌ناپذیر پروتئین

دناتوراسیون در برخی از مواد غذایی مانند تخم‌مرغ مطلوب است، زیرا هم احتمال وجود سالمونلا در تخم‌مرغ خام وجود دارد و هم ماده‌ای به نام آویدین در سفیده تخم‌مرغ موجود است که اگر خام مصرف شود، می‌تواند با ویتامین بیوتین موجود در بدن ترکیب و مانع جذب آن شود. (شکل ۷)
ب) کربوهیدرات‌ها: کربوهیدرات‌ها نسبت به سایر اجزای مواد غذایی به فرایندهای حرارتی حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهند. حرارت دارای تأثیرات مشخص روی کربوهیدرات‌های مختلف است به‌عنوان مثال در مورد نشاسته، حرارت دادن و ژلاتینه شدن موجب افزایش قابلیت جذب آن می‌شود. یک مثال خوب در این مورد سیب‌زمینی است که به‌طور خام غیر قابل هضم است. سلولز، همی‌سلولز و پکتین که مسئول ایجاد

ساختمان و بافت در مواد غذایی گیاهی هستند می‌توانند به وسیله حرارت تجزیه شده و موجب نرم شدن بافت ماده غذایی و افزایش قابلیت خوراکی این قبیل مواد غذایی شوند. (شکل ۸)



شکل ۸ــ اثر حرارت روی نشاسته

ج) چربی‌ها: زمانی که چربی‌ها به‌ویژه چربی‌های غیراشباع در حضور هوا یا اکسیژن حرارت داده شوند دچار پدیده اکسیداسیون می‌شوند. در اثر اکسیداسیون، علاوه بر ایجاد ترکیبات فرار مولد عطر و طعم نامطلوب، اسیدهای چرب از حالت طبیعی سیس به حالت ترانس تبدیل می‌شوند. اسیدهای چرب ترانس از لحاظ تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی ترکیباتی نامطلوب هستند. به این ترتیب اکسیداسیون سبب کاهش ارزش تغذیه‌ای چربی‌ها خواهد شد.

همچنین طی سرخ کردن یک‌سری تغییرات فیزیکی و شیمیایی در روغن و ماده غذایی اتفاق می‌افتد. از نمونه‌های این تغییرات تولید اسیدهای چرب آزاد، هیدروپراکسیدها، اسیدهای چرب ترانس و پلیمریزاسیون تری‌گلیسیریدها است. هر چه درجه حرارت و زمان سرخ کردن بیشتر شود، شدت این تغییرات افزایش می‌یابد.

بحث کلاسی

در مورد تفاوت‌های دو نوع فرایند سرخ کردن سطحی و عمقی بحث کنید.

د) ویتامین‌ها: فرایند حرارتی عمدتاً اثر تخریبی روی ویتامین‌ها دارد. هرچند که شرایط حرارت‌دهی ملایم می‌تواند اثرات مفیدی روی دسترسی زیستی برخی ویتامین‌ها به‌ویژه بیوتین و نیاسین داشته باشد. ثبات ویتامین‌ها تحت شرایط مختلف متفاوت است. ویتامین C و تیامین حساس‌ترین ویتامین‌ها در برابر تخریب حرارتی هستند. البته تیامین حساسیت کمتری نسبت به ویتامین C دارد. فولیک‌اسید و پیریدوکسین نیز به تجزیه حرارتی حساس هستند. ویتامین‌های محلول در چربی ثبات حرارتی بالاتری دارند.

نکته

ویتامین C به آسانی ضمن پختن از بین می‌رود. به این ترتیب می‌توان میزان کاهش این ویتامین را به‌عنوان شاخص شدت فرایند پخت در نظر گرفت.

هـ) مواد معدنی: مواد معدنی معمولاً در شرایط حرارتی متداول پایدار هستند. اما ممکن است طی فرایند کنسروسازی بخشی از مواد معدنی از ماده غذایی خارج شده و به مایع داخل قوطی وارد شوند. همچنین برخی عناصر معدنی نظیر سدیم و کلسیم می‌توانند از مایع داخل قوطی یا محیط حرارتی (مانند آب بلانچر) به ماده غذایی نفوذ کنند.

واحد یادگیری ۲
تحلیل اثر روش‌های نگهداری غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی

افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی به‌طور سنتی با فراوری گرمایی به تنهایی یا توأم با روش‌های نگهداری شیمیایی و بیوشیمیایی امکان‌پذیر شده است. با این وجود فراوری گرمایی تا حدودی کیفیت محصول و تازگی آن را کاهش می‌دهد. بنابراین روش نگهداری ایده‌ال فرایندی است که با حداقل آسیب به ساختار ماده غذایی، میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال ساخته و واکنش‌های تخریب‌کننده را متوقف سازد.
همچنین برای به حداقل رساندن آسیب وارده به مواد غذایی حین نگهداری تا مصرف، تکنیک‌های بسته‌بندی مختلفی به بازار عرضه شده است. یکی از متداول‌ترین آنها تکنولوژی بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته یا MAP است. از بین فرایندهای غیرحرارتی تنها دو فرایند تشعشع یونی و فشار بالا، در مقیاس تجاری توسعه یافته‌اند.
امروزه برای به حداقل رسانیدن آسیب وارده به ماده غذایی، استفاده تلفیقی از چند روش نگهداری حرارتی و غیرحرارتی با شدت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این امر تحت عنوان تکنولوژی هردل (Hurdle Technology) شناخته می‌شود. به این معنا که با به‌کارگیری چند روش نگهداری به‌طور همزمان، میکروارگانیسم از چند جهت مورد حمله قرار می‌گیرد. بنابراین دیگر نیازی به استفاده از یک روش شدید نگهداری که آسیب زیادی به ماده غذایی وارد می‌کند وجود ندارد.

استانداردعملکرد

بررسی و تحلیل اثر روش‌های نگهداری حرارتی و غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران

اثر فناوری فشار بالا بر کیفیت مواد غذایی

امروزه مصرف‌کنندگان خواستار غذاهایی با حداقل فراوری به‌منظور حفظ مواد مغذی و نیز حفظ خواص حسی هستند که علاوه‌بر تأمین کالری و سیر کردن فرد، احساس لذت بردن از غذا را تأمین کند.

شکل ۱

فناوری استفاده از فشار بالا فرایند نسبتاً جدیدی در صنایع غذایی است که سبب غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها بدون ایجاد تغییرات مشخص تغذیه‌ای و طعمی می‌شود. فرایند حرارتی باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی زیادی در مواد غذایی می‌شود. مهم‌ترین آنها واکنش‌های تجزیه حرارتی است که منجر به بدطعمی، تخریب مواد مغذی و دیگر افت‌های کیفی در محصولات می‌شود. به‌همین دلیل مجموعه‌ای از روش‌های نگهداری غیرحرارتی مواد غذایی در حال پیشرفت و تکمیل هستند.

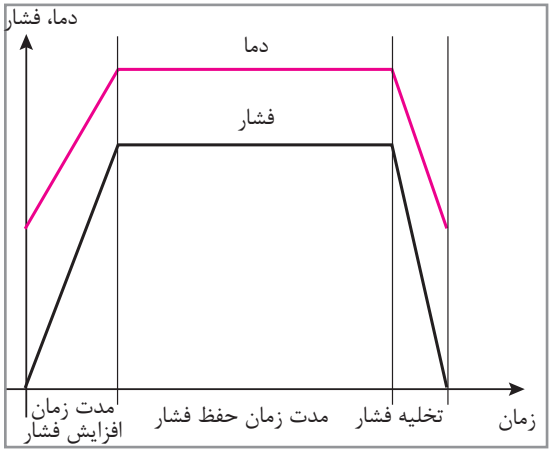
فرایند فشار بالا که با عنوان فرایند فشار هیدرواستاتیک بالا هم شناخته می‌شود عبارت است از اعمال فشار بر مواد غذایی جامد یا مایع در مقیاس بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مگاپاسکال.

نکته

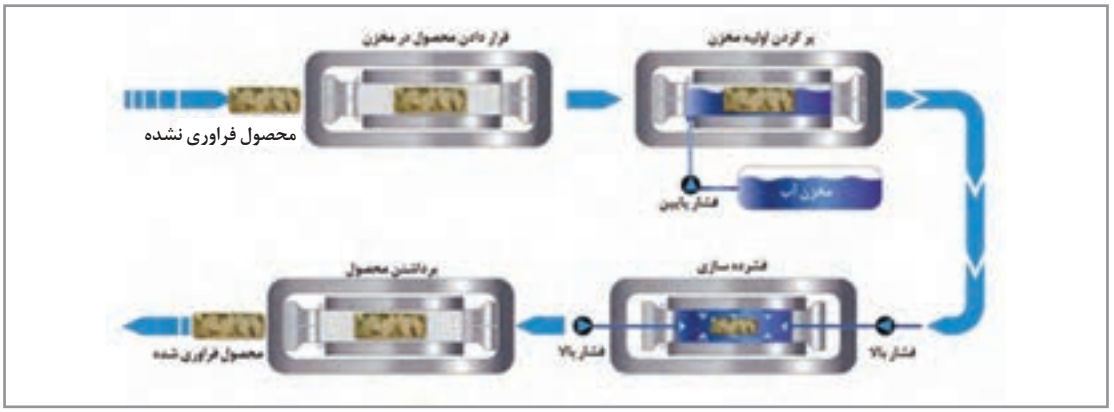
فشار هوا در سطح دریا، معادل یک اتمسفر و برابر ۰/۱ مگا پاسکال است.

دمای انجام این فرایند می‌تواند از زیر صفر تا ۱۰۰ درجه سلسیوس متغیر باشد. زمان اعمال فشار در مقیاس تجاری بین پالس‌های کسری از ثانیه تا حدود ۱۲۰۰ ثانیه متغیر است.

اساس استفاده از فشار بالا در فراوری مواد غذایی متراکم نمودن آب اطراف آنها است. در این روش ماده غذایی به مدت مشخصی تحت فشار بالا قرار می‌گیرد. زمان نگهداری در مخزن تحت فشار به نوع ماده غذایی و درجه حرارت فرایند بستگی دارد. در پایان زمان فراوری، فشار داخل مخزن حذف می‌شود تا مواد فراوری شده خارج شوند.

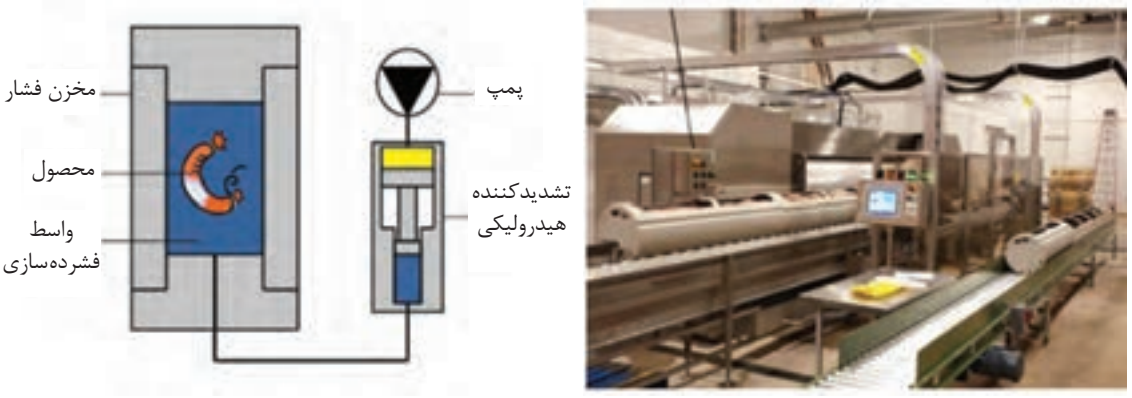


شکل ۲ــ منحنی فشار و دمای یک فرایند فراوری با فشار بالا



شکل ۳ـ مراحل فراوری با فشار بالا

یک سیستم فشار بالای صنعتی از یک محفظه فشار بالا، پمپ فشار و یک دستگاه کنترل‌کننده دما و یک سیستم کنترل جریان مواد تشکیل می‌شود که می‌تواند خودکار باشد. در این سیستم ابتدا ماده غذایی در یک ظرف استریل پر می‌شود و پس از درب‌بندی درون مخزن فشار قرار می‌گیرد. بدیهی است که جنس بسته‌بندی از مواد پلیمری ساخته می‌شود. چون فشار اعمال شده یکنواخت است و بسته‌بندی تغییر شکل نمی‌دهد.
پس از آن‌که مخزن فشار از مواد غذایی بسته‌بندی شده پر شد، درب آن بسته می‌شود و ماده ناقل فشار که در اغلب موارد، آب است به درون این دستگاه فرستاده می‌شود. (شکل ۴)



شکل ۴ـ اجزای یک سیستم فراوری با فشار بالا

اثر فشار بالا بر میکروارگانیسم‌ها

مطالعه اثر فشار بر موجودات زنده را بیولوژی فشار می‌نامند. فراوری فشار بالا از طریق ایجاد اختلال در عملکرد دیواره سلولی به میکروارگانیسم آسیب وارد می‌کند. به این ترتیب این فرایند در عملکرد ورود مواد مغذی به داخل سلول و خروج مواد زاید اختلال ایجاد می‌کند. بررسی‌ها نشان داده که باکتری‌های گرم منفی نسبت به اعمال فشار حساس‌تر از باکتری‌های گرم مثبت هستند. اسپورها نسبت به فرم رویشی میکروب‌ها مقاومت خیلی بیشتری در مقابل فشار بالا دارند. برای نابود کردن اسپورها با فشار بالا از تکنیک اعمال فشار پالسی استفاده می‌شود. به این ترتیب که اسپورها در اثر اعمال مقداری فشار جوانه‌زده و به سلول رویشی تبدیل می‌شوند و در مرحله بعد اعمال فشار بالا باعث غیرفعال شدن سلول‌های رویشی می‌شود.

نکته

برای نابود کردن اسپورها، نوعی فرایند حرارتی پالسی به نام تیندالیزاسیون وجود دارد.

مرحله رشد باکتری نیز در تعیین مقاومت آن در برابر فشار بالا عامل مهمی است. به‌طوری‌که سلول‌ها در فاز ثابت رشد مقاومت بیشتری نسبت به فاز لگاریتمی دارند.
برای افزایش میزان غیرفعال کردن میکروب‌ها و آنزیم‌ها می‌توان از ترکیب فشار هیدرواستاتیک بالا و حرارت استفاده کرد.

اثر فشار بالا بر دناتوراسیون پروتئین‌ها و غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها

فشار بالا سبب فعال و یا غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌شود. اثر این فرایند روی آنزیم‌ها با توجه به فشار، دما، زمان، رطوبت و pH متفاوت است. فشار نسبتاً کم (۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاپاسکال) می‌تواند برخی آنزیم‌ها را فعال کند، در حالی‌که فشار بالا (۴۰۰ تا ۱۰۰۰ مگاپاسکال) سبب غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌شود.
فشار بالا از طریق تغییر آرایش ساختمانی، مولکول‌های پروتئین را دناتوره می‌کند. فشار مورد نیاز برای دناتوراسیون پروتئین‌های چند زنجیره‌ای، بالاتر از پروتئین‌های تک زنجیره است.

نکته

مکانیسم دناتوراسیون پروتئین‌ها توسط فشار بالا با دناتوراسیون حرارتی آنها متفاوت است.

فشار بالا پیوندهای یونی و آب‌گریز (هیدروفوب) را در ساختمان پروتئین‌ها تخریب می‌کند. مولکول‌های DNA در فشار بالا پایدارتر هستند در حالی‌که دمای بالا باعث دناتوراسیون مولکول‌های DNA می‌شود. فشار اعمال شده در این فرایند تأثیر جزئی بر پیوندهای کووالانسی دارد. بنابراین مواد غذایی که در درجه حرارت‌های معمولی تحت فشار قرار می‌گیرند دستخوش تغییرات بسیار کمی می‌شوند.

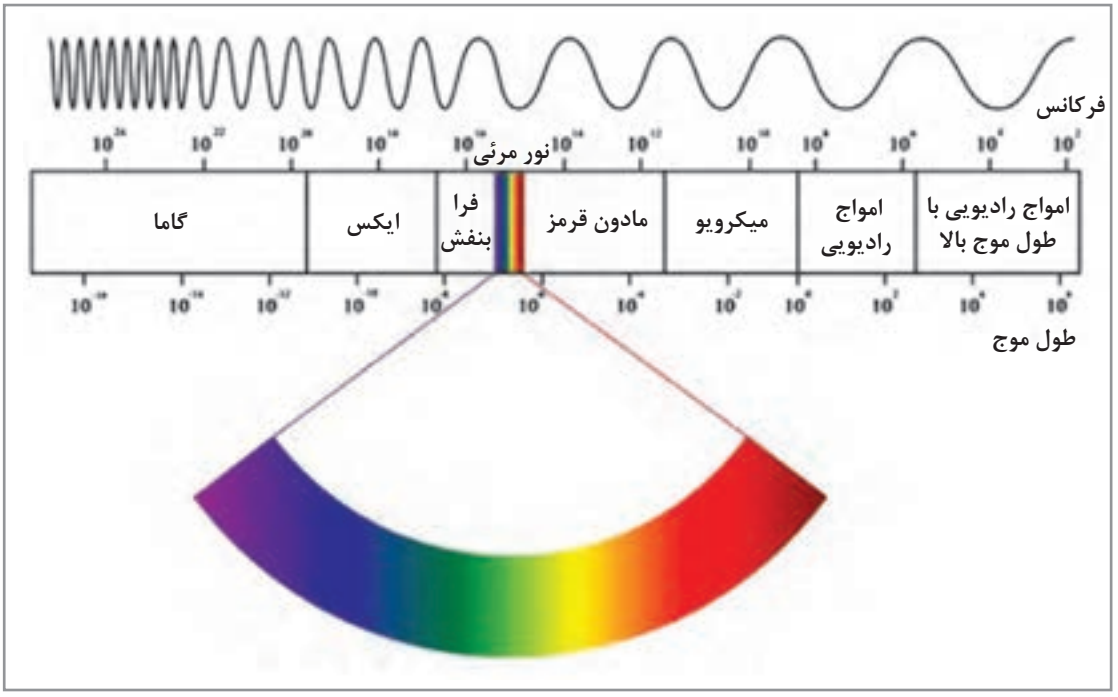
اثر فشار بالا بر ترکیبات مغذی مواد غذایی

مولکول‌هایی کوچک نظیر ویتامین‌ها و ترکیبات مولد عطر و طعم توسط فشار بالا بدون تغییر باقی می‌مانند. در حالی‌که ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، پلی‌ساکاریدها و اسیدهای نوکلئیک می‌تواند تغییر کند. فشار بالا سرعت واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد را کاهش می‌دهد. فرایند فشار بالا در دماهای متوسط اثر بسیار کمی بر رنگدانه‌های میوه‌ها و سبزی‌ها شامل، کلروفیل، آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها دارد.
تغییرات بافتی طی فرایند فشار بالا، اساساً به‌علت تخریب سلولی و تغییرات در پلیمرهای دیواره سلولی به‌علت واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی رخ می‌دهد. تغییرات در سفتی، نرمی و ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی بستگی به نوع ماده غذایی و اثر فشار دما بر ترکیبات شیمیایی آن دارد.
ویژگی‌های ارگانولپتیکی تغذیه‌ای و رئولوژیکی مواد غذایی توسط تیمار فشار بالا در مقایسه با فرایند حرارتی بهتر حفظ می‌شود. حفظ رنگ، آروما و حفاظت از ترکیبات مغذی از مزیت‌های این تکنولوژی برای صنعت غذا است.
همچنین، از نقطه نظر فراوری مواد غذایی، ویژگی منحصر به فرد کاربرد فشار بالا اعمال یکنواخت آن در سیستم‌های غذایی و در نتیجه عدم وابستگی آن به اندازه و شکل هندسی نمونه‌ها طی فراوری است. بسته‌بندی‌های انتخاب شده برای فشار هیدرواستاتیک بالا باید قابلیت انعطاف‌پذیری بالاتر از ۱۵ درصد تغییرات حجم را داشته باشند.
pH مواد غذایی ممکن است تحت تأثیر فشار تغییر کند. به‌عنوان مثال به ازای هر افزایش ۱۰۰ مگاپاسکال فشار، pH به میزان ۰/۲ در آب سیب کاهش می‌یابد.

همچنین بررسی‌ها نشان داده که اعمال فشار به ازای هر ۱۰۰ مگاپاسکال، باعث افزایش دما به میزان ۳ درجه سلسیوس می‌شود.
اعمال فشار بالا باعث کاهش فعالیت آبی و در نتیجه کاهش قابل ملاحظه در اثربخشی آن بر نابودی میکروارگانیسم‌ها می‌شود. با افزایش و یا کاهش دمای مواد غذایی نسبت به دمای محیط، میزان غیرفعال شدن میکروارگانیسم‌ها در حین اعمال فشار افزایش می‌یابد.
فرایند فشار بالا امروزه به سمت تجاری شدن پیش می‌رود، به‌طوری که فرصت‌هایی بی‌نظیر برای تولید و توسعه محصولات جدید را فراهم می‌کند. تکنولوژی فشار بالا می‌تواند عملکرد مولکول‌های پروتئین و کربوهیدرات را تحت‌تأثیر قرار داده و در نتیجه منجر به تولید محصولات نو و بهینه‌سازی فرایندهای تولید مواد غذایی شود.
محصولات غذایی که در سطح تجاری با این روش فراوری می‌شوند شامل ژله‌های میوه‌ای، آب‌میوه‌ها، سس‌های سالاد، کیک‌های برنجی و جگر است.

اثر پرتوتابی بر کیفیت مواد غذایی

پرتوتابی مواد غذایی توسط پرتوهای یونیزه برای کاهش بار میکروبی و آلودگی به حشرات، جلوگیری از جوانه‌زنی محصولات ریشه‌ای و افزایش عمر نگهداری محصولات انجام می‌شود.



شکل ۵ــ طیف امواج الکترومغناطیس

استفاده از پرتوهای یونیزه از حدود ۱۰۰ سال پیش به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه بوده و به‌عنوان یکی از ابزارهای افزایش زمان ماندگاری و ایمن‌سازی مواد غذایی مطرح شده است.
انواع پرتوهای یونیزه زیر برای فراوری مواد غذایی مجاز هستند:

- پرتو گاما حاصل از عناصر رادیواکتیو کبالت ۶۰ و یا سزیم ۱۳۷
- پرتو ایکس
- الکترون‌های با انرژی بالا، این الکترون‌ها به فرم اشعه بتا هستند. الکترون‌ها به سبب جرم و بار خود قابلیت نفوذ کمتری نسبت به پرتوهای الکترومغناطیسی یونیزه‌کننده دارند.

همه این منابع می‌توانند اثری مشابه را در هر ماده پرتودهی شده به‌وجود آورند. مهم‌ترین تفاوت بین این منابع قدرت نفوذ آنها است. پرتوهای ایکس و گاما قدرت نفوذ بالایی دارند در حالی‌که الکترون‌های پر انرژی تنها برای پرتودهی سطحی یا برای بسته‌های نازک مفید هستند.

پرسش

به چه عناصری رادیواکتیو گفته می‌شود؟

میزان انرژی جذب شده در واحد جرم فراورده‌های غذایی پرتوتابی شده به‌عنوان «دز جذب شده» بیان می‌شود. واحد بین‌المللی دُز جذب شده، گِری (Gray) است که معادل یک ژول انرژی در هر کیلوگرم ماده است. در این رابطه باید توجه شود که کمترین میزان پرتو دریافتی بتواند اهداف فنی مورد نظر را تأمین کند و نیز بیشترین مقدار پرتو دریافتی از مقدار توصیه شده برای ایمنی و سلامت مصرف‌کننده، کمتر باشد.
هنگامی‌که ماده غذایی پرتودهی می‌شود، انرژی جذب آن شده و منجر به برانگیختگی الکترون‌ها و یونیزاسیون اتم‌ها و مولکول‌ها می‌شود. به این ترتیب رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌شوند. میزان هرگونه تغییری در اثر پرتودهی به دز جذب شده بستگی دارد. این تغییرات می‌تواند حاصل تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم پرتو بر سلول هدف باشد. در مکانیسم اثر مستقیم یک جزء حساس مانند DNA در موجودات زنده به‌طور مستقیم توسط پرتو و یا اجزای یونیزه‌کننده صدمه می‌بینند. در حالی‌که در مکانیسم غیرمستقیم پرتو باعث رادیولیز آب شده و سپس ترکیبات حاصل از رادیولیز آب باعث تخریب سایر ترکیبات مواد غذایی می‌شوند. اثر غیرمستقیم نقش گسترده‌تری را ایفا می‌کند زیرا در غیاب آب برای ایجاد اثر کشندگی یکسان به دزهای خیلی بیشتری از اشعه نیاز است.

پرتوتابی، باکتری مضر برای سلامتی را از بین می‌برد و غذاهای ایمن‌تری تولید می‌کند.

شکل ۶

باکتری‌های گرم منفی به‌ویژه *سودوموناس* و *فلاوباکتر* حساس‌ترین باکتری‌ها به اشعه هستند. باکتری‌های گرم مثبت مقاومت بیشتری نسبت به اشعه دارند. همچنین مشخص شده که باکتری‌های اسپورزا مقاوم‌تر از انواع غیر اسپورزا هستند. مقاومت مخمرها بیشتر از کپک‌ها و مقاومت ویروس‌ها بسیار بیشتر از هر دوی این موارد است.

نکته

ترتیب مقاومت به اشعه: ویروس > مخمر > کپک > باکتری گرم مثبت > باکتری گرم منفی

آنزیم‌ها نسبت به اشعه بسیار مقاوم هستند به‌طوری‌که حتی دزهای استریل‌کننده اشعه گاما هم قادر به غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها نیستند. بنابراین برای جلوگیری از تغییرات نامطلوب، لازم است عملیات آنزیم‌بری محصول قبل از فرایند پرتوتابی انجام شود.

میکروب‌شناسان واژه‌های زیر را برای سطوح مختلف پرتودهی مواد غذایی تعریف کرده‌اند:

ـ راداپرتیزاسیون (Radapertization): معادل استریلیزاسیون با اشعه است. سطح متداول پرتو در این روش ۳۰ تا ۴۰ کیلوگری است.

ـ رادیسیداسیون (Radicidation): معادل پاستوریزاسیون با اشعه است. سطح پرتودهی در این روش ۲/۵ تا ۱۰ کیلوگری است.

ـ رادوریزاسیون (Radorization): به معنای کاهش قابل توجه تعداد میکروب‌های زنده عامل فساد با اشعه است. دز پرتو در این روش ۰/۷۵ تا ۲/۵ کیلوگری است.

شکل ۷

مطالعات گسترده‌ای در زمینه اثر ایمنی مواد غذایی پرتودهی شده نشان‌دهنده این واقعیت است که ترکیبات تولیدشده در اثر پرتوتابی همان ترکیباتی هستند که در سایر روش‌های فراوری مواد غذایی مثل پختن، کنسرو کردن و پاستوریزاسیون ایجاد می‌شوند و هیچ تفاوتی از نظر مصرف‌کنندگان ندارند.

شکل ۸ـ کاربردهای مختلف پرتوتابی

بررسی‌های کمیته مشترکی از کارشناسان سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان کشاورزی و مواد غذایی (FAO) و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) نشان داد که پرتودهی هر ماده غذایی تا دز مجموع ۱۰ کیلوگری هیچ خطر سم شناختی در پی نداشته و نیازی به آزمایش‌های بررسی سمیت وجود ندارد. به این ترتیب پرتودهی در چنین سطحی یک فرایند کاملاً آزمایش شده بوده و هیچ اثر زیان‌باری را نشان نداده است.

بررسی‌ها نشان داده که با توجه به خواص ضد باکتریایی و ضد انگلی، پرتوهای یونیزه‌کننده ابزاری مؤثر برای افزایش ایمنی و عمر نگهداری غذاهای گوشتی هستند. ترکیب پرتودهی با سایر فناوری‌ها مثل بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده، انجماد، سردکردن و پختن نشان داده است که پتانسیل قابل توجهی برای بهبود خواص کیفی و ایمنی گوشت‌های تازه و فرایند شده دارد. یکی از متداول‌ترین روش‌های تلفیقی، استفاده از پرتودهی با انجماد است. همچنین مشخص شده که ترکیب پرتودهی با یک حرارت ملایم می‌تواند در کنترل ارگانیسم‌های عامل فساد و افزایش ایمنی غذاهای خاصی مؤثر باشد. با وجود مزایای برجسته پرتودهی محصولات گوشتی و طیور، برخی جوانب کیفی وجود دارد که سبب محدودیت این فناوری در صنعت گوشت می‌شود. پرتودهی می‌تواند بوی خاصی در این محصولات ایجاد کند، اکسایش لیپیدها را تسریع کرده و رنگ گوشت را تغییر دهد. این موضوع به‌ویژه در پرتوتابی ماهی‌های پرچرب دارای اهمیت بیشتری است. در این‌گونه موارد برای کاهش اثرات نامطلوب پرتوتابی باید این فرایند تحت خلأ و یا در اتمسفر اصلاح شده انجام شود.

شکل ۹ـ پرتودهی مواد غذایی

پرتوتابی میوه‌ها و سبزی‌ها برای دستیابی به اهداف زیر انجام می‌پذیرد:

- افزایش عمر نگهداری با به تأخیر انداختن فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی؛
- کنترل کپک‌های ایجادکننده فساد؛
- غیرفعال‌سازی میکروب‌های بیماری‌زا؛
- از بین بردن آفات و حشرات؛
- جلوگیری از جوانه‌زنی محصولات غده‌ای مثل سیب‌زمینی یا پیاز حین نگهداری؛
- کاهش بار میکروبی ادویه‌ها و محصولات آجیلی.

محدودیت‌های اشعه دادن مواد غذایی

- ایجاد بوی نامطلوب در برخی فراورده‌ها به‌ویژه فراورده‌های پر چرب (پرتوتابی در حالت منجمد این اثرات را به‌شدت کاهش می‌دهد).
- عدم غیرفعال‌سازی سموم میکروبی، بنابراین غذاهایی که مستعد این آلودگی هستند باید قبل و بعد از فرایند با یکی از روش‌های ضعیف‌تر از استریلیزاسیون مثل سرد کردن، کاهش رطوبت و یا بسته‌بندی مناسب نگهداری شوند.
- عدم امکان نابودی ویروس‌ها با دزهای معمول اشعه
- نگرانی مصرف‌کنندگان، بیشتر مصرف‌کنندگان هنوز راجع به اشعه دادن مواد غذایی از دانش کافی برخوردار نیستند. آنها نگرانی‌هایی در مورد ارتباط غذاهای پرتوتابی شده با محصولات و اثرات رادیواکتیویته و نیز احتمال تشکیل ترکیبات شیمیایی با سمیت ناشناخته و ایجاد گونه‌های مقاوم به اشعه میکروارگانیسم‌ها دارند.
- ضرورت برچسب‌زنی محصولات پرتودیده.

طبق مقررات، پرتودهی را به‌عنوان یک افزودنی تعریف کرده‌اند نه یک فرایند، بنابراین غذاهای پرتودهی شده باید روی برچسب مشخص باشند.

بسیاری از دولت‌ها الزامات نشانه‌گذاری محصولات را به‌منظور آگاهی مصرف‌کنندگان مواد غذایی برای انتخاب محصولات پرتودهی شده یا نشده تعیین می‌کنند. الزامات برچسب‌گذاری بین کشورهای مختلف، متفاوت است. بسیاری از کشورها، درج علامت «Radura Logo» را در برچسب‌گذاری محصول پرتودهی شده الزامی اعلام کرده‌اند. در بعضی از کشورها درج عبارت «تیمار شده با پرتودهی» یا «تیمار شده با پرتوهای یون ساز» یا «تیمار شده با انرژی یون ساز» الزامی است.

شکل ۱۰ـ علامت بین‌المللی مواد غذایی پرتودهی شده

مزایای اصلی اشعه دادن مواد غذایی

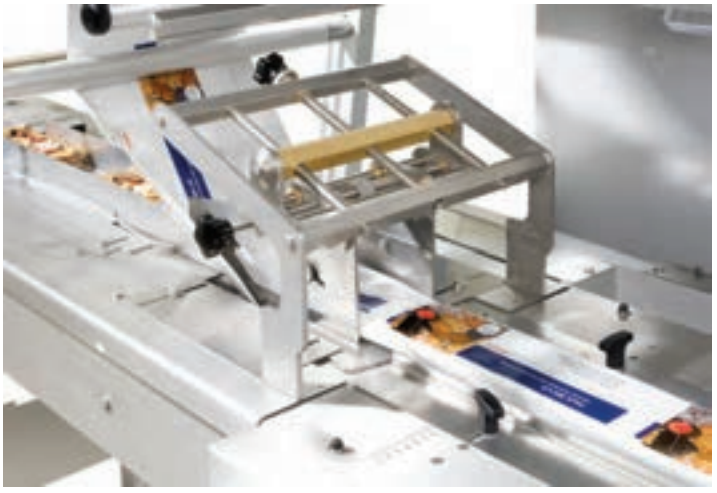
- عدم ایجاد آسیب حرارتی در محصول؛
- امکان پرتوتابی مواد غذایی منجمد و بسته‌بندی شده (غیر از بسته‌بندی‌های فلزی)؛
- امکان نگهداری مواد غذایی بدون استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی؛
- نیاز به انرژی بسیار کم؛
- تغییر کم در ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی؛
- امکان کنترل خودکار فرایند.

اثر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته بر مواد غذایی

از یک بسته‌بندی ماده غذایی انتظار می‌رود برای مدت هرچه بیشتر محتویات خود را با کیفیت ثابت نگهداری کند. اغلب مواد غذایی طی فرایند تولید از نظر شیمیایی و میکروبی به شرایط نسبتاً پایداری می‌رسند که با وجود یک بسته‌بندی مناسب این شرایط پایدار را می‌توان برای مدت طولانی‌تری حفظ کرد. اما برخی از مواد غذایی مانند میوه‌ها و سبزی‌های تازه شرایط فرایند حرارتی یا برودتی را تحمل نمی‌کنند و به‌دلیل زنده بودن تا مدت‌ها پس از چیده شدن عمل تنفس را انجام می‌دهند. این بدین معنی است که فعالیت‌های شیمیایی درون گیاه در حال انجام و تغییرات در گیاه ادامه دارد.

از طرف دیگر هدف تولیدکننده، عرضه این محصولات به‌صورت تازه و فراوری نشده است. در مورد برخی از این محصولات مانند خرمالو و کیوی یا موز می‌توان آنها را قبل از رسیدن کامل چید و یا در مورد خیار و مرکبات از مواد مومی برای پوشش سطح میوه و ایجاد سدی در برابر تنفس گیاه استفاده کرد و بدین ترتیب سرعت واکنش‌های شیمیایی درون گیاه را با محدودیت ورود اکسیژن، کُند کرد.

در بسیاری از محصولات مانند گوجه‌فرنگی یا کاهو و کرفس که عمر بسیار کوتاه و یا بافت حساس دارند و یا در مورد ماهی و مواد غذایی دریایی چنین روش‌هایی مناسب نیست. متخصصین صنعت بسته‌بندی مواد غذایی به این فکر افتادند که شرایط محیط اطراف محصول را به نحوی تغییر دهند که سرعت تنفس آن کاهش یابد. این کار ابتدا در انبارهای کنترل‌شده نگهداری مواد غذایی انجام می‌شد، به طریق مشابه طرح بسته‌بندی (Atmosphere Packaging Modified) MAP یا همان بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده ارائه شد.



شکل ۱۱ــ طرزکار دستگاه بسته‌بندی

اساس فرایند بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، بر کاهش میزان اکسیژن در بسته‌بندی استوار است. با کاهش اکسیژن در فضای بسته‌بندی، سرعت رشد ارگانیسم‌های هوازی و واکنش‌های اکسیداسیون کاهش می‌یابد و به این ترتیب زمان ماندگاری مواد، افزایش چشمگیری خواهد یافت. در این سیستم بسته‌بندی اکسیژن حذف شده را با نیتروژن (N_2) که گاز بی‌اثری است، جایگزین می‌کنند. گاهی مواقع از کربن‌دی‌اکسید (CO_2) استفاده می‌شود که باعث کاهش pH نیز می‌شود و به این ترتیب رشد باکتری‌ها را مهار می‌کند.

این سیستم ابتدا برای افزایش مدت ماندگاری گوشت و ماهی استفاده شده است ولی امروزه بیشتر در مورد میوه و سبزیجات تازه به کار می‌رود. در ایران نیز گرچه اغلب از سیستم وکیوم (خروج هوا) در بسته‌بندی‌ها استفاده می‌شود اما در چند سال اخیر با پیشرفت در روش‌های بسته‌بندی نوین و مطابق استانداردهای جهانی استفاده از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در حال گسترش است. چرا که براساس تحقیقات پژوهشگران تنها خروج اکسیژن از محیط برای حفظ و نگهداری ماده غذایی کافی نیست.

پرسش

چرا حذف کامل اکسیژن از بسته‌های نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها امکان‌پذیر نیست؟

تکنیک‌های MAP در حال حاضر در محدوده وسیعی از غذاهای تازه یا سرد شده شامل غذاهای نیم‌پخته، ماکیان و ماهی، پاستای تازه، میوه و سبزیجات و اخیراً قهوه، چای، غذاهای آماده و فراورده‌های نانوایی استفاده می‌شود.

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، به معنی جایگزین کردن هوای موجود در بسته با مخلوطی از گازهای متفاوت به‌طور معمول مخلوطی از کربن‌دی‌اکسید، نیتروژن و اکسیژن است. در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده هوای درون بسته ابتدا تخلیه نشده، سپس ترکیب گازهای مورد نظر، تحت فشار جایگزین آن می‌شود. بسته‌بندی MAP به ظاهر روش بسیار ساده‌ای است؛ خالی کردن هوای داخل بسته و جایگزین کردن آن با ترکیبی از گازها؛ اما در عمل پیچیدگی‌های تکنیکی زیادی هم دارد. تعیین نسبت گازها و نگه‌داشتن این ترکیب گازی درون بسته‌بندی چندان ساده نیست. میوه و سبزی‌های تازه موجودات زنده بوده و تنفس می‌کنند. اما شدت تنفس و به تبع آن سرعت واکنش‌های شیمیایی در همه آنها یکسان نیست. به‌طور مثال در مورد قارچ سرعت تنفس زیاد است و لذا این محصول بسیار فساد پذیر و دارای عمر کوتاه است اما در مورد پیاز و سیب‌زمینی تنفس آهسته است. به‌همین سبب فاکتور دما در ماندگاری محصولات مخصوصاً محصولاتی که بسته‌بندی MAP دارند بسیار مهم است. چرا که سرعت تنفس یعنی مصرف اکسیژن و تولید CO_2 با افزایش دما بالا رفته و با کاهش آن کم می‌شود. لذا واضح است که کاهش دما در افزایش ماندگاری این محصولات مؤثر است. برای اصلاح اتمسفر درون بسته اغلب از ترکیبات متنوع گازها استفاده می‌کنند.

از این تکنولوژی بسته‌بندی برای مواد غذایی دریایی که بسیار فسادپذیر هستند نیز استفاده می‌شود. در بسته‌بندی محصولاتی مانند ماهی هدف کاهش تنفس و فعالیت میکروارگانیسم‌هایی است که باعث فساد ماده غذایی می‌شوند. در بسته‌بندی این محصولات معمولاً از ۳۰ تا ۴۰ درصد N_2، ۲۰ درصد O_2 و ۳۰ تا ۴۰ درصد CO_2 استفاده می‌شود و در دمای صفر تا ۲ درجه سلسیوس نگهداری می‌شود. گاز CO_2 به‌دلیل ویژگی‌های مطلوبی که دارد در بسته‌بندی MAP بیشترین کاربرد را دارد.

از گاز CO_2 برای افزایش ماندگاری این محصولات استفاده می‌شود. این گاز باعث حفظ بهتر ویتامین‌ها در محصولات گوشتی می‌شود.

گاز CO_2 باعث کاهش pH محیط می‌شود و به‌علاوه به‌عنوان یک ضد میکروب عمل می‌کند و فعالیت آنها را کاهش می‌دهد. همچنین با جذب آب و هیدراته شدن دیواره سلول‌ها باعث به تعویق افتادن و خشک شدن محصول و افزایش شادابی آن می‌شود.

از دست دادن آب، موجب افزایش ترکیبات فیبری و خشبی شدن محصول می‌شود که مطلوب نیست.

کربن‌مونوکسید نیز برخی مواقع خصوصاً در بسته‌بندی‌های گوشت برای حفظ رنگ قرمز آن به کار گرفته می‌شود.

در مجموع از اثرات بسته‌بندی MAP بر ویژگی‌های حسی می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- باعث افزایش ماندگاری محصولات تازه می‌شود.
- خواص کیفی مطلوب را حفظ می‌کند.
- ظاهر بسته‌ها به‌دلیل امکان استفاده از فیلم‌های شفاف، جذاب و مشتری‌پسند است.

- بسته‌بندی بدون بو است و حمل و نقل و برچسب‌زنی آن آسان است.
- برای افزایش ماندگاری محصول از مواد نگهدارنده درون ماده غذایی استفاده نمی‌شود.

سیستم بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده دارای مزایای زیر است:

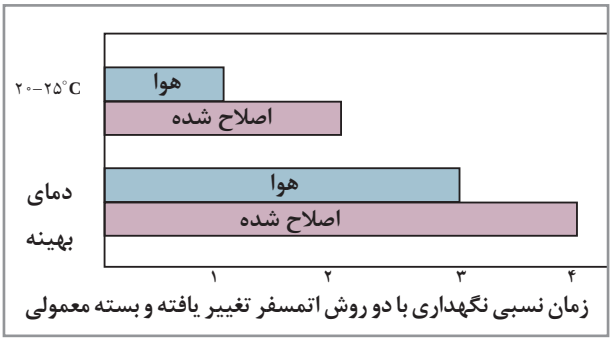
- طولانی کردن ماندگاری با حفظ خواص کیفی مطلوب؛
- پایین آوردن میزان ضایعات و فساد؛
- تازه نگه داشتن محصول بدون استفاده از مواد نگهدارنده؛
- برداشت محصول تازه در سطوح رسیدگی مورد نظر برای مصرف‌کننده؛
- کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل از طریق افزایش زمان انبارمانی محصول؛
- فراهم نمودن امکان بسته‌بندی محصولات برش خورده آماده مصرف؛
- صرفه‌جویی در مصرف انرژی (مانند عدم استفاده از فرایندهای حرارتی و برودتی).

معایب روش MAP عبارت‌اند از:

- بالا بودن هزینه؛
- حجیم‌تر بودن بسته‌ها و در نتیجه افزایش هزینه انبارداری؛
- امکان از بین رفتن محصول به دلیل انتخاب ترکیب نامناسب گاز؛
- امکان بروز تغییر در نسبت گازها طی نگهداری.

نکته

دمای محیط و ترکیب گازی داخل بسته، عوامل تأثیرگذار در روش نگهداری با اتمسفر تغییر یافته هستند.



شکل ۱۲

کاهش دما و استفاده از این روش باعث کاهش سرعت واکنش‌های شیمیایی می‌شود. شکل روبه‌رو به‌صورت شماتیک تأثیر دما را در عمر نگهداری نشان می‌دهد. (شکل ۱۲)

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده را نباید با بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده (CAP) اشتباه گرفت! در بسته‌بندی با اتمسفر کنترل‌شده نه تنها ترکیب گازها و نسبت آنها مشخص می‌شود بلکه با روش‌هایی سعی می‌شود نسبت این گازها همواره کنترل شود. این روش، حفظ کیفیت فراورده‌های غذایی تازه را بدون عملیات حرارتی و شیمیایی میسر می‌کند.

شکل ۱۳ــ نمونه‌ای از دستگاه‌های خط بسته‌بندی به روش اتمسفر اصلاح شده (MAP)

شکل ۱۴

مکانیسم بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP)

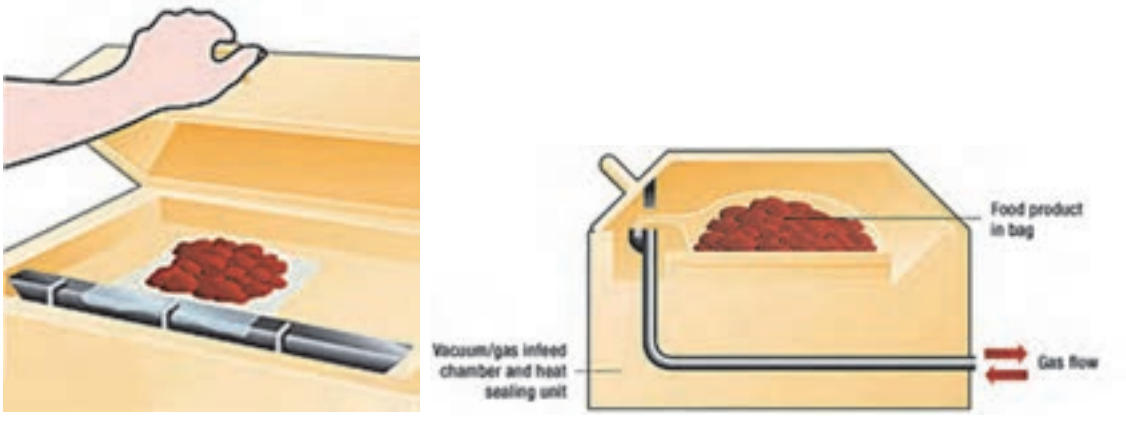
روال کلی در این روش به این شکل است که هوای بسته را تخلیه می‌کنند و سپس ترکیب گازی از قبل آماده شده (مرکب از گازهای نیتروژن، کربن‌دی‌اکسید و ...) را به جای آن به بسته تزریق می‌نمایند و بسته‌ها در لفاف‌های مقاوم به ورود اکسیژن بسته‌بندی می‌شوند.

لذا باید در ابتدا گاز با ترکیب مورد نظر آماده شود. برای این منظور می‌توان ترکیب مورد نظر را به‌طور آماده از کارخانجات تفکیک‌کننده هوا در کپسول‌های تحت فشار خرید. اما برای صرفه‌جویی در هزینه می‌توان گازهای سه‌گانه ازت، اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید را به‌صورت خالص تهیه کرد و به‌وسیله یک دستگاه میکسر گاز با نسبت مورد نظر مخلوط نمود. در این روش نیاز به ذخیره اتمسفر اصلاح شده در مخزن جداگانه نیست و می‌توان از مخلوط گاز به دست آمده به‌طور مستقیم در بسته‌بندی تزریق کرد.

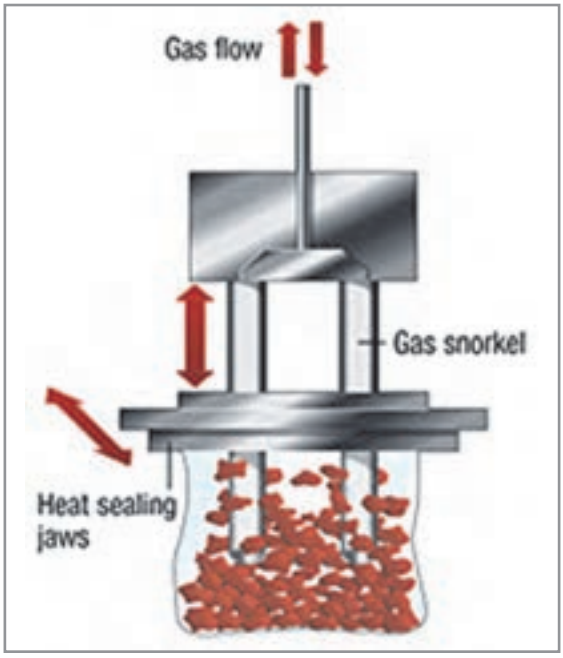
این کار توسط دستگاه‌های مختلفی انجام می‌شود که برخی از آنها در زیر تشریح می‌شوند:

الف) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) در اتاقک‌های خلأ VC (Vacuum chamber)

در این دستگاه‌ها، ابتدا مواد، داخل بسته‌های از قبل آماده شده قرار می‌گیرند، سپس هوای آنها تخلیه شده و ترکیب گازی مورد نظر جایگزین و درب بسته پرس می‌شود. در تصویر زیر به‌صورت شماتیک این دستگاه بسته‌بندی نشان داده شده است.



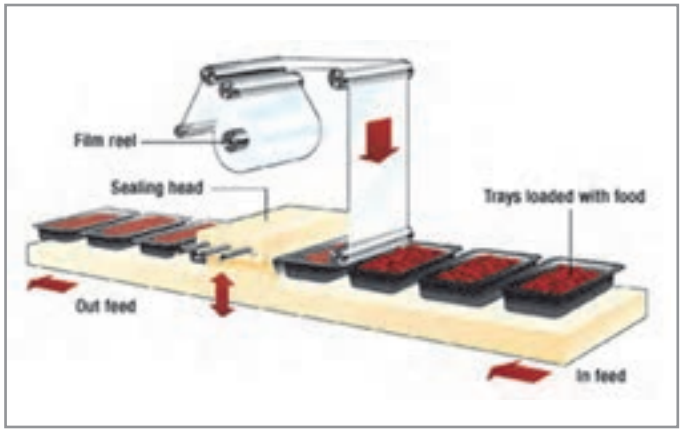
شکل ۱۵



شکل ۱۶

ب) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) توسط ST (Snorkel Type)

این دستگاه برای بسته‌بندی مواد غذایی فله به روش اتمسفر اصلاح شده (MAP) کاربرد دارد. دستگاه با ریختن مواد درون بسته‌ها گاز اطراف مواد را توسط لوله‌هایی تخلیه نموده و گاز جدید را به آن تزریق می‌نماید و سپس عمل بسته‌بندی را انجام می‌دهد. شماتیکی از عملکرد این دستگاه را می‌توانید در تصویر روبه‌رو مشاهده نمایید.



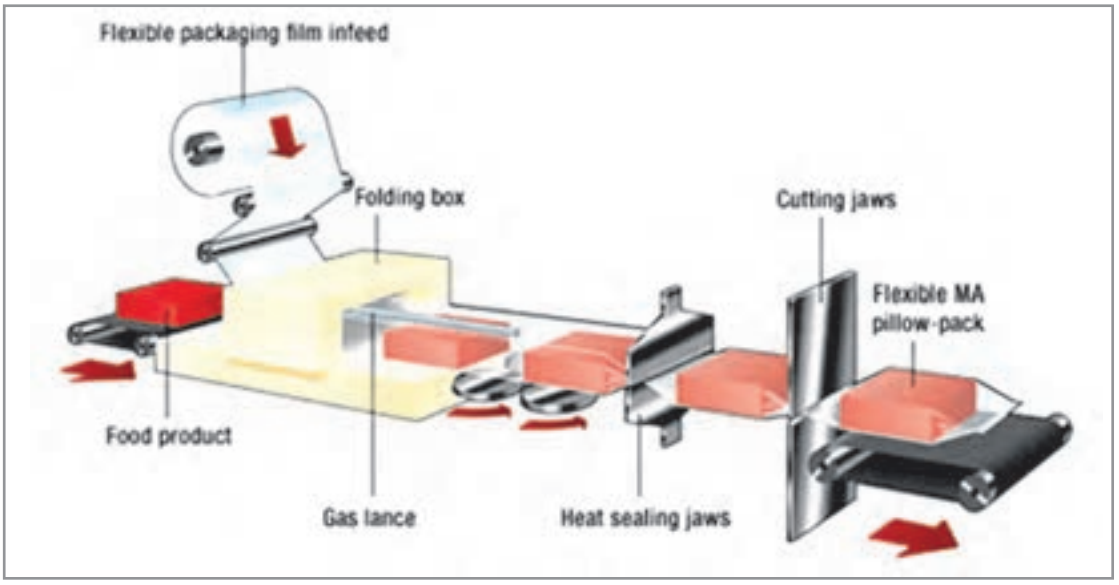
شکل ۱۷

ج) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) توسط (Tray lidding)

در این روش مواد داخل ظروف از قبل آماده شده، ریخته می‌شوند و سپس روکش مخصوص روی آنها قرار می‌گیرد، آن‌گاه وارد محوطه می‌شوند که توسط لوله‌هایی، هوای داخل بسته تخلیه و گاز جدید جایگزین می‌شود و در عین حال بسته‌بندی انجام می‌پذیرد.

د) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) توسط HFFS (Horizontal form-fill - seal)

این ماشین علاوه بر بسته‌بندی به روش اتمسفر اصلاح شده (MAP) قادر است، پاکت بسته‌بندی را از فیلم ورودی خود بسازد. در شکل زیر شاهد عملکرد این دستگاه هستید.



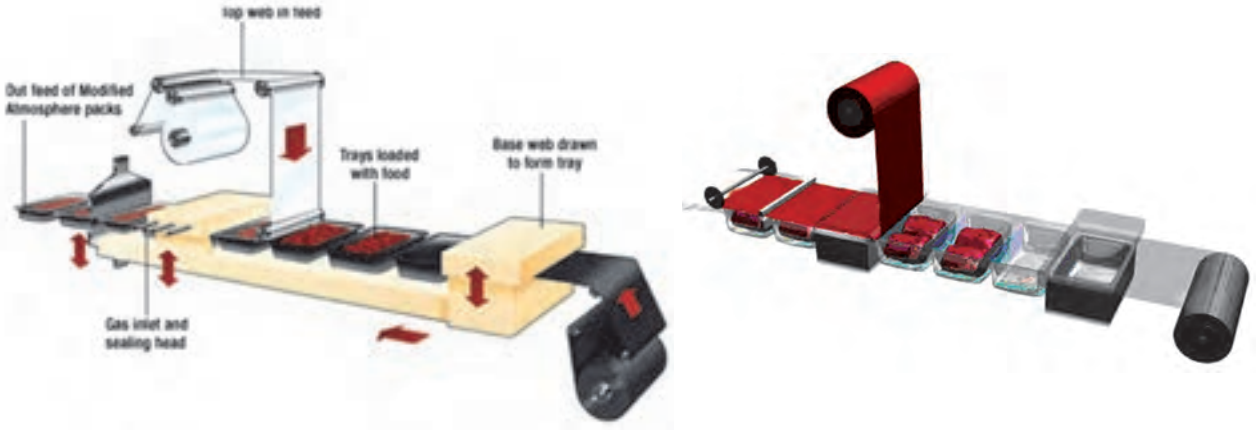
شکل ۱۸

هـ) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) توسط VFFS (Vertical form-fill - seal)

این دستگاه مشابه دستگاه قبلی است با این تفاوت که به‌صورت عمودی ساخته شده است و حرکت مواد در راستای عمودی است.

و) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) توسط TFFS (Thermoform-fill - seal)

این دستگاه، مشابه دستگاه Tray lidding عمل می‌کند تنها با این تفاوت که با یک دستگاه ترموفرمینگ قبل از آن ظروف مورد نیازش را می‌سازد بعد مواد درون آنها قرار می‌گیرند و آن‌گاه عملیات به همان شکل ادامه می‌یابد. در زیر نمونه‌ای از این دستگاه را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۱۹

فیلم‌های بسته‌بندی تحت خلأ

در این نوع بسته‌بندی باید از فیلم‌هایی استفاده کرد که علاوه بر شفافیت و زیبایی، قابلیت نفوذپذیری کمی در مقابل گازها داشته باشند و در ضمن خواص مکانیکی خوبی هم دارا باشند.

به‌طور معمول برای بسته‌بندی موادغذایی بیشتر از پلی اتیلن با چگالی کم (LDPE)، پلی وینیل کلراید (PVC)، اتیلن وینیل استات (EVA) و پلی‌پروپیلن خطی شده (OPP) استفاده می‌شود. این مواد نفوذپذیری بالایی دارند و مناسب بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نیستند. در این تکنولوژی از فیلم‌هایی با نام EMAP استفاده می‌شود که نفوذپذیری کمی داشته و قادر است ترکیب اتمسفری موجود در خود را برای مدت زیادی به همان شکل حفظ نماید.

فیلم‌ها و ترکیبات مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی به روش MAP باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- مقاوم به ضربه، سوراخ شدن و پارگی؛
- قابلیت مهر و موم شدن؛
- ضد غبار و ضد بخار بودن؛
- عدم نفوذپذیری به گازها و رطوبت.

مواد پلاستیکی به‌دلیل ویژگی‌هایی مانند فرم دهی نسبتاً آسان، وزن سبک، شفافیت مناسب، قابلیت دوخت حرارتی و مقاومت مناسب برای بسته‌بندی مواد غذایی به روش MAP مناسب هستند. از آنجایی که هیچ‌گونه پلاستیکی به تنهایی برای همه کاربردها در بسته‌بندی مواد غذایی کاملاً مناسب نیست، پیشرفت تکنولوژی پلیمری منجر به تولید پلاستیک‌هایی شده است که برای بسته‌بندی‌های مخصوص مواد غذایی مناسب‌تر هستند.

با انتخاب صحیح و دقیق هر یک از ترکیبات پلاستیکی، می‌توان بسته‌بندی‌های مناسبی برای کاربردهای مختلف طراحی و تولید کرد.

برای انتخاب یک ماده پلاستیکی مناسب برای بسته‌بندی به روش MAP باید به موارد زیر توجه کرد:

ـ **تماس با ماده غذایی:** مواد تشکیل‌دهنده فیلم‌ها و ظروف بسته‌بندی که با ماده غذایی در تماس هستند نباید به داخل غذا نفوذ کنند و باعث آسیب رساندن به سلامت مصرف‌کننده شوند.

ـ **عدم نفوذ پذیری نسبت به گازها و بخار آب:** ترکیبات بسته‌بندی مورد استفاده در MAP نباید نسبت به گازها و رطوبت نفوذپذیر باشند.

ـ **ویژگی‌های ظاهری:** شفافیت و ظاهر مناسب بسته‌بندی تأثیر قابل توجهی بر مشتری‌پسندی محصول دارد. به این منظور ظروف بسته‌بندی مختلفی در رنگ‌ها و طرح‌های زیبا در بازار موجود هستند.

ـ **ضد بخار بودن:** کندانس شدن بخار آب (بخار گرفتن) در سطح داخلی بسته‌بندی مواد غذایی زمانی رخ می‌دهد که دمای اطراف بسته کاهش یافته و دمای محتویات داخل بسته بالاتر باشد و اختلاف دما ایجاد شود. بخار گرفتن سمت داخلی فیلم از انتشار نور از قطرات کنداس شده رطوبت جلوگیری کرده و باعث از بین رفتن شفافیت بسته‌بندی شده و ظاهر نامناسبی ایجاد می‌کند که با استفاده از ترکیبات ضد بخار در لایه آخر فیلم بسته‌بندی (هم از داخل و هم از خارج) می‌توان از این اتفاق جلوگیری نمود.

ـ **ویژگی‌های مکانیکی:** مقاومت در برابر پارگی و سوراخ شدن و سهولت استفاده توسط ماشین بسته‌بندی از مهم‌ترین ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های بسته‌بندی محسوب می‌شود.

ـ **دوخت‌پذیری حرارتی:** دوخت حرارتی مؤثر و صحیح برای حفظ ترکیب گاز وارد شده درون بسته‌بندی بسیار ضروری و مهم است.

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 اول

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها،داوری،نمره‌دهی)	نمره
۱ـ تحلیل اثر روش‌های نگهداری حرارتی بر کیفیت مواد غذایی	بررسی و تحلیل اثر روش‌های نگهداری حرارتی و غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی مطابق استانداردهای سازمان ملی استاندارد ایران	بالاتر از حد انتظار	تحلیل و تعیین مکانیسم اثر فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی بر میکروارگانیسم‌ها، مواد مغذی و ساختار مواد غذایی	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	تحلیل اثر فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی	۲
۲ـ تحلیل اثر روش‌های نگهداری غیرحرارتی بر کیفیت مواد غذایی		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	تفکیک فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی نگهداری مواد غذایی	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				