دانشگاه آزاد اسلامی

واحد علوم و تحقیقات (تهران)

Science and Research Branch, Islamic Azad University

عنوان درس: اصول و نگهداری مواد غذایی

جزوه درسی سرفصل: تابش و روش‌های نوین نگهداری

مدرس: پرستو دامن افشان

نیمسال اول: ۱۴۰۵-۱۴۰۴

سرفصل تابش

مقدمه:

پرتو دهی، یکی از روش‌های غیرحرارتیِ نگهداری مواد غذایی می‌باشد که از مهم‌ترین اهداف آن می‌توان به افزایش مدت زمان ماندگاری، ضدعفونی کردن ادویه‌ها، غلات، میوه و همچنین کاهش میکروارگانیسم‌های عامل فساد اشاره کرد. پرتوها و تشعشات قادرند در مکانیسمی مشابه با حرارت دهی، میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زا را غیرفعال کنند. اگر چه اثبات شده، آنزیم‌ها در مقابل پرتودهی نسبت به حرارت‌دهی مقاوم‌تر هستند. معمولاً سموم قارچی نیز از طریق پرتودهی از بین نمی‌روند. بنابراین اگر ماده‌ی غذایی، آلوده به سمومی نظیر آفلاتوکسین باشد، توسط پرتودهی از بین نمی‌رود؛ بنابراین یک ماده‌ی غذایی بسته بندی شده، بدون اطمینان از اینکه، حاوی سم‌های مختلف می‌باشد یا نه را نمی‌توان با هدف غیرفعال کردن سموم، پرتودهی کرد؛ از این رو در بسیاری از موارد، بکار بردن ترکیبی از فرآیند حرارتی و پرتودهی توصیه می‌شود.

در سال ۱۹۵۸ برای اولین بار، استفاده از پرتودهی در صنعت غذا و کشاورزی، از طریق پرتودهی سیب زمینی آغاز شد. بعد از آن در سال ۱۹۶۲در آمریکا، استفاده از پرتودهی، جهت نابودی حشرات در غلات و همچنین استریل کردن بِیکن در ابعاد پایلوت انجام شد. در همان سال FDA، باتوجه به ایجاد جهش‌هایی در میکروب‌ها و حشرات غیرفعال شده‌ی غلات، خواستار بررسی ایمنیِ فرآیند شدند تا تاثیر سمیّت ثانویه در مواد غذایی را ارزیابی کنند و تقریبا تا سال ۱۹۶۸، فرایند پرتودهی متوقف شد. سال ۱۹۸۰ یک کمیته‌ی مشترکی از سازمان بهداشت جهانی و آژانس بین المللی انرژی اتمی، نتایج یک تحقیقات ده ساله را ارزیابی کرده و اعلام نموده‌اند که، استفاده از پرتودهی تا میزان حداکثر **۱۰کیلوگری** برروی موادغذایی بی‌ضرر است بنابراین از سال ۱۹۸۶در صورتیکه این میزان جهت پرتودهی استفاده شود، دیگر نیاز به ارزیابی‌های ایمنی زیستی نمی‌باشد. امروزه در بسیاری از کشورها، انواع مختلفی از محصولات پرتودهی شده وجود دارد و واحدهای پرتودهی موادغذایی تا سال ۱۹۹۲، در ۳۲ کشور جهان، نصب و راه اندازی شد و در ۵۰ کشور استفاده از آن قانونی اعلام شد. در کشورهایی نظیر هلند و بلژیک، از سال ۱۹۹۰، بیش از ۲۰ هزار تن ماده‌ی غذایی، پرتودهی شده است و از همین سال تقریباً صنعت پرتودهی، وارد محصولات غذایی شده و کشورهای پیشرفته در اولویت قرار دارد.

الزامات قابل توجه جهت پرتودهی محصولات غذایی:

۱. **پرتو مورد استفاده قادر به نفوذ در ماده غذایی باشد.**
۲. **در مدت زمان کوتاهی بتواند انرژی کافی و لازم را جهت پرتودهی تامین کند.**
۳. **به هیچ عنوان منابع و ترکیبات ثانویه در محصول ایجاد نکند.**
۴. **به هیچ عنوان نباید سبب بروز واکنش‌های شیمیایی یا سمّی شود.**
۵. **سرطان زا نباشد.**

۶. **اثر منفی برروی ویژگی‌های حسی و ارگانولپتیکی ماده‌ی غذایی نداشته باشد و ارزش تغذیه‌ای آن را کاهش ندهد.**

انواع پرتوهای مورد استفاده در پرتودهی:

منابع پرتودهی:

در میان منابع اشعه هرچقدر از امواج رادیویی به سمت گاما حرکت می‌کنیم انرژی و فرکانس آن افزایش می‌یابد و بنابراین اشعه **ایکس و گاما** امواج پرانرژی‌اند و در مقابل هرچقدر به سمت امواج پر انرژی حرکت کنیم طول موج کاهش می‌یابد.

- ✓ اشعه UV برای غیرفعال کردن میکروب‌های سطوح ماده غذایی کاربرد دارد و برای ضدعفونی کردن سطح دستگاه‌ها و تجهیزات از این اشعه استفاده می‌شود اما بدلیل قدرت نفوذ کم در ماده غذایی برای ضدعفونی کردن کاربردی ندارد.
- ✓ **اشعه ایکس نسبت به UV** از قدرت نفوذ بالاتری برخورد دار است و مقدار نفوذ آن با **پرتو گاما** برابر است اما از آنجاییکه نمی‌توان این اشعه را متمرکز کرد از این رو حداکثر ۱۰٪ انرژی آن به اشعه تبدیل می‌شود و مقدار زیادی از آن به هدر می‌رود و در نتیجه در فرآیندهای مواد غذایی کاربرد نداشته و عمدتاً برای پرتودهی از **پرتو گاما** برای محصولات غذایی استفاده می‌شود.

میزان نفوذ در ماده غذایی رابطه مستقیمی با انرژی پرتو دارد یعنی کارایی پرتودهی برای یک محصول به میزان انرژی جذب شده آن توسط ماده غذایی وابسته است که با واحد Gray اندازه‌گیری می‌شود. واحد گری به مفهوم جذب ۱ ژول به ازای هر کیلوگرم ماده غذایی می‌باشد و به این خاطر در کاربردهای غذایی میزان و دوز پرتودهی معمولاً بصورت کیلوگری (KG) بیان می‌شود و بر همین اساس پرتودهی در فرآیندهای نگهداری مواد غذایی بر حسب مقدار جذب انرژی در چند گروه طبقه بندی می شوند:

۱. **کم: 1 KG**
۲. **متوسط: 1-10 KG**
۳. **زیاد: 10-75 KG**

- ❖ هرچقدر قطعات زیستی (میکروب، اسپور و آنزیم) کوچکتر باشند، دوز مورد نیاز برای تخریب و نابودی آنها بیشتر خواهد بود بطوریکه در ارتباط با اسپور و آنزیم‌ها در مقایسه با میکروب‌ها ۳تا۷ برابر انرژی بیشتری برای غیرفعال سازی آنها نیاز است و آنزیم‌ها مقاوم‌ترین در پرتودهی‌اند.
- ❖ معمولا دوزهای پایین پرتودهی برای مهار رشد جوانه‌زنی در سیب زمینی، پیاز و سیر استفاده می‌شود و یا برای تاخیر واکنش‌های فیزیکوشیمیایی مثل تنفس و تخریب آنها از دوزهای پایین پرتودهی استفاده می‌شود.
- ❖ در دوز های متوسط می‌توان به نابودی میکروب‌های اسپوردار، کنترل میکروب‌های بیماری‌زا در ادویه‌ها اشاره کرد.

❖ **در دز های بالاتر از ۱۰ حتما باید ایمنی ثانویه ارزیابی شود.**

اثرات تابش:

۱.اثر بر ماده غذایی:

- تابش می‌تواند اثراتی را بر ساختار ماده غذایی داشته باشد. به عنوان مثال سفیده تخم مرغ به اشعه بسیار حساس است و در اثر تابش بافت آن آبکی می‌شود.
- امکان ایجاد رادیکال‌های آزاد در نتیجه پرتودهی به منابع چربی وجود خواهد داشت.
- از دیگر اثرات پرتودهی ایجاد طعم‌های نامطلوب در منابع غذایی نظیر شیر می‌باشد.
- اشعه می‌تواند موجب نابودی برخی ویتامین‌ها از جمله ویتامین C یا اسید آسکوربیک شود.

اسید اسکوربیک به عنوان آسیب پذیرترین ویتامین به اشعه شناخته می‌شود.

۲.اثر بر میکروارگانیسم‌ها:

- اگر pH محصول بالاتر از **۴.۵** باشد و ماده غذایی غیراسیدی باشد دوز و میزان اشعه گاما باید برای نابودی کلستریدیوم بوتولینوم به عنوان مقاوم ترین میکروب انتخاب شود.
- میزان اشعه گاما برای غیرفعال سازی کلستریدیوم بوتولینوم **4KG** و در حد متوسط است.
- معمولاً سلول‌های رویشی در مقایسه با اسپورها از مقاومت کمتری به اشعه برخوردارند.
- مخمرها و کپک ها با اشعه به آسانی نابود می‌شوند و حشرات و انگل‌ها نیز به کمترین میزان پرتودهی برای تخریب نیازمنداند.

۳.اثر بر آنزیم ها:

آنزیم‌ها در برابر تابش بسیار مقاوم هستند و در صورت استفاده از تشعشع باید ابتدا با روش های حرارتی، آنزیم را غیرفعال کرد و سپس فرآورده غذایی تحت تاثیر پرتودهی قرار داده شود.

***هرچقدر ارگان زیستی ریزتر باشد مقاومت بیشتری به اشعه دارد و در ماده غذایی آنزیم دار باید ابتدا آنزیم با فرایند حرارتی (بلانچینگ) آنزیم‌بری شده و سپس پرتودهی انجام پذیرد.**

مزایای استفاده از پرتودهی در صنایع غذایی:

۱.نیاز به تاسیسات مکانیکی پیچیده‌ای نیست.
۲.حفظ بهتر ارزش تغذیه‌ای و خصوصیات حسی ماده غذایی در مقایسه با سایر روش‌ها.
۳.عدم ایجاد آلودگی ثانویه.
۴.باقی نماندن هیچ سمی در ماده غذایی.
۵.ثبات کیفیت ماده غذایی.
۶.موثر در کنترل میکروب‌های عامل فساد.
۷.عاری نمودن ماده غذایی از باکتری‌های بیماری‌زا، مخمرها، کپک و حشرات.

۸.کنترل رسیدگی و جوانه زنی در میوه‌ها و سبزی‌های تازه.

معایب استفاده از پرتودهی در صنایع غذایی:

۱. برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها در اثر تابش خصوصیات بافتی خود را از دست می‌دهند.
۲. چربی‌ها در اثر اشعه امکان تولید رادیکال‌های آزاد را دارند که این امر سبب اکسیداسیون و ایجاد طعم تند در محصول غذایی خواهد شد.
۳. دوزهای بالای اشعه در ایجاد طعم‌های شدید و نامطلوب نقش خواهند داشت نظیر ایجاد بد طعمی در شیر.
۴. برخی ویتامین‌ها در فرآیند پرتودهی امکان تخریبشان وجود دارد.
۵. رنگ گوشت می‌تواند با پرتودهی تغییر کند.
۶. دوز پایین اشعه تمام اسپورهای باکتریایی را تخریب نمی‌کند.
۷. آنزیم ها در برابر اشعه مقاوم هستند و غیرفعال نمی‌شوند.

سرفصل تکنولوژی فشار بالا

مقدمه:

برای اولین بار در یک مرکز تحقیقاتی در آمریکا استفاده از تکنولوژی فشار بالا به عنوان روشی در فرآیند تولید و حفظ و نگهداری موادغذایی مورد بررسی قرار گرفت و اثر فشار را در نابودی میکروب‌ها و افزایش قابلیت نگهداری محصولات غذایی نظیر شیر، گوشت، انواع میوه‌ها و عصاره‌های آن‌ها را گزارش کردند. در ادامه یک شرکت ژاپنی انواعی از مربا را که تحت فرآیند تکنولوژی فشار بالا تولید شده بودند را روانه بازار کرد؛ این شرکت بعدها محصولات دیگری نظیر سس و ماست میوه‌ای عرضه نمود؛ طبق شواهد، محصول تولید شده با روش فشار بالا از نظر عطر، طعم و بافت و ارزش تغذیه‌ای کیفیت بالاتری نسبت به محصول تولید شده با سایر روش‌های متداول داشت. به عنوان مثال عصاره مرکبات با این روش علاوه بر حفظ عطر و طعم تازه خود، ویتامین C آن نیز بدون کاهش در میزان، حفظ شد اما از نظر قیمت، قیمت این محصولات معمولاً ۳تا۴ برابر محصولات تولید شده با روش‌های معمولی گزارش شد. اخیراً در آمریکا انواع محصولات فرآوری شده با این روش تولید و عرضه شده است.

❖ **تاثیر تکنولوژی فشار بالا بر میکروارگانیسم‌ها:**

اعمال فشار زیاد، تغییراتی را در میکروب‌ها از طریق تغییر در مورفولوژی سلولی، مکانیسم‌های ژنتیکی، واکنش‌های بیوشیمیایی و پوشش اسپور بوجود می‌آورد؛ طبق تحقیقات، غشا سلولی مهم‌ترین مکانی‌ست که در آن آسیب وارد می‌گردد.

- در فشار بالای 1000atm نابودی سریع بسیاری از باکتری‌های رویشی صورت می‌گیرد اما اسپور باکتری‌ها می‌تواند حتی فشارهای بالاتر از 12000atm را تحمل کرده و زنده بماند. احتمال می‌رود پوشش اسپور دلیل وجود این مقاومت به فشار بالا باشد.
- باکتری ها در مرحله رشد حساسیت بیشتری به فشار از خود نشان می‌دهند و سریعتر نابود می‌شوند. بطورکلی فشاری معادل 350MPa در حدود ۳۰ دقیقه یا 400 MPa در حدود ۵ دقیقه تعداد سلول‌های رویشی باکتری، مخمر و کپک‌ها به میزان ۱۰ سیکل لگاریتمی کاهش می‌دهد.

❖ **تاثیر تکنولوژی فشار بالا بر آنزیم**

اثر فشارهای زیاد بر آنزیم‌ها می‌تواند متفاوت باشد یعنی فشار ممکن است سبب غیرفعال شدن یا فعال شدن آنزیم گردد. به عنوان مثال فشار زیاد از فعالیت آنزیم تریپسین و کربوکسی پپتیداز ممانعت می‌کند در حالیکه بر روی فعالیت آنزیم سلولاز تاثیر مثبت دارد. اثر فشار بر آنزیم‌ها به pH، ترکیب سوبسترا و حرارت بستگی دارد. به عنوان مثال آنزیم فنول اکسیداز قارچ و سیب زمینی مقاوم‌تر از آنزیم فنول اکسیداز در زردآلو می‌باشد و باید توجه شود که با پارگی غشا سلولی تماس آنزیم و سوبسترا آسان‌تر شده و می‌تواند اثرات خاص و مخربی را بدنبال داشته باشد.

مزایا تکنولوژی فشار بالا:

۱. **عدم آسیب حرارتی:** این تکنولوژی می‌تواند در حرارت کم و معمولی انجام شود و آسیب حرارتی به ماده غذایی وارد نمی‌شود؛ اگر فشار با حرارت کم اعمال شود نابودی میکروبی بهتر انجام می‌شود اما این اثر نابود کننده ممکن است ثابت و مشخص نباشد.

۲. **مدت زمان فرآیند کوتاه:** در این روش گرمایش و سرمایش وجود ندارد و فشار اعمال شده لحظه‌ای و همزمان به تمام اجزا و ذرات منتقل می‌شود و با سپری شدن مدت زمان لازم، فشار از محیط برداشته شده و حذف می‌گردد و از این رو مدت فرآیند از سایر روش‌ها کوتاه‌تر می‌باشد.

۳. **امکان استفاده همه اشکال هندسی ماده غذایی:** چون اثر فشار بر اجزا یکنواخت است شکل هندسی ماده غذایی و ظرف آن نقشی در فرایند نداشته و نمی‌تواند از این جهت مشکل زا باشد.

معایب تکنولوژی فشار بالا:

۱. از این تکنولوژی برای مواد غذایی اسیدی نظیر مرباها استفاده می‌شود اما در مرباهای اسیدی نیز با pH کمتر از ۴.۶ باید دقت شود که اعمال فشار کافی باشد زیرا ساکاروز در غلظت بیش از ۵۵٪ نقش محافظت کننده‌ای را مقابل نابودی قارچ‌ها نشان می‌دهد.

۲. این فرآیند می‌تواند سبب تغییرات پیچیده در ساختمان بیوپلیمرها (پروتئین و نشاسته) شود و ساختمان مولکولی پروتئین را باز و دگرگون کند.

۳.تکنولوژی فشار بالا هزینه بر است. ساخت سیستم‌های ایجاد کننده فشار زیاد بسیار پرهزینه است. طبق گزارشات، در یک برآورد، هزینه مربوط به یک کارخانه آبمیوه ۲۰ برابر هزینه مربوط به سایر سیستم‌های معمول با ظرفیت مشابه می‌باشد.

روش های اعمال فشار:

در فشار بالا بعلت نظافت بهتر و انعطاف بیشتر روش های غیرمداوم بر مداوم ارجحیت دارد. در روش غیرمدوام ماده غذایی در محیط مایع (معمولاً آب) قرار داده شده و فشار محیط **مستقیم، غیر مستقیم و یا با حرارت** افزایش داده می‌شود.

۱.در روش مستقیم فشار با پیستونی بر محفظه‌ای حاوی عامل انتقال فشار به ماده (معمولاً آب) صورت گرفته است. بدلیل داشتن تحرک و جابه‌جایی در این روش احتمال آسیب وجود داشته و از این روش در مقیاس‌های صنعتی استفاده نمی‌شود.

۲.در روش غیرمستقیم، مایع دریافت کننده فشار (معمولاً آب) در تانکی جدا از محفظه فشار با پمپی به محفظه انتقال داده می‌شود و مشکل ذکر شده در روش مستقیم وجود ندارد.

۳.در روش حرارتی، با اعمال حرارت بر مایع انتقال دهنده فشار (معمولاً آب) انبساط و افزایش فشار مایع صورت می‌گیرد. این روش اساساً برای موادی مناسب است که استفاده از فشار توام با بکارگیری حرارت باشد و نیازمند به کنترل درجه حرارت آن است.

- در تمام روش های ذکر شده با جریان عامل گرمازا یا سردکننده در اطراف محفظه اعمال فشار می‌توان درجه حرارت را در حد مطلوب نگه داشت.
- در صورتیکه ماده غذایی قابل پمپ شدن باشد می‌توان آن را به صورت بسته بندی نشده و بدون استفاده از مایع انتقال دهنده فشار در اثر فشار بالا قرار داد. البته در این حالت پس از طی مدت زمان لازم برای اعمال فشار باید تحت شرایط استریل بسته بندی ماده در ظروف استریل انجام شود.

سرفصل:حرارت دادن اهمی

مقدمه:

مواد غذایی که دارای آب و یون‌های نمک هستند می‌توانند جریان الکتریسیته را انتقال دهند، اما در عین حال از خود مقاومتی در برابر عبور این جریان نشان می‌دهند که این مقاومت سبب ایجاد حرارت در ماده غذایی مربوطه می‌شود. میزان این مقاومت تعیین کننده سرعت حرارت دیدن ماده غذایی می‌شود. این روش ایجاد حرارت را حرارت دادن اهمی می‌گویند. امروزه حرارت دادن با سیستم‌های مداوم بسیار مورد توجه و درخور اهمیت است. استفاده از این سیستم‌ها در مورد مایعات خالص چندان مشکل و مسئله خاصی نخواهد داشت، اما زمانی که درون مایع تکه‌هایی از مواد جامد باشد، مسائلی از جمله کم‌حرارت دیدن یا حرارت اضافی دیدن به خصوص در مورد محصولات کم اسید مطرح می‌باشد. این موضوع به شکل عاملی بازدارنده در راه توسعه فرایند حرارتی آسپتیک در آمده است. حرارت دادن اهمی می‌تواند برخی از مسائل و محدودیت‌ها را در این رابطه برطرف کند.

برای استفاده از این روش حرارت دادن، ماده غذایی از میان دو صفحه که به عنوان دو الکترود عمل می‌کنند و یک جریان متناوب با فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز بین آن‌ها برقرار است، به صورت مداوم عبور می‌کند. در اکثر موارد، ماده مورد نظر از میان چندین مجموعه الکترود عبور می‌کند که هر یک از آن‌ها درجه حرارت را در حد خاصی افزایش می‌دهند. با توجه به اینکه ممکن است یون‌های فلزی از الکترودها جدا شوند و به درون ماده غذایی راه یابند، سطح الکترودها با لایه‌ای از ماده‌ای که از ورود یون‌ها به ماده غذایی جلوگیری کند، پوشش داده می‌شود. بعد از حرارت دادن، می‌توان محصول را در یک سیستم تبادل حرارتی مداوم سرد کرد و سپس به صورت آسپتیک داخل ظروفی که از قبل استریل شده پر نمود. معمولاً این روش هم در مورد محصولات با اسیدیته کم و هم محصولات با اسیدیته زیاد قابل استفاده می‌باشد. حرارت دادن اهمی برخلاف سایر روش‌های حرارت دادن از نظر نفوذ و ایجاد گرما در عمق ماده غذایی محدودیتی ندارد. البته در روش اهمی، تماس بین الکترود ها و ماده غذایی ضروری است.

باید توجه شود که مقاومت ماده غذایی در برابر جریان الکتریسیته با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. در ضمن با تغییر در وضعیت محصول نظیر ژلاتینه شدن نشاسته، پاره شدن دیواره سلولی و یا خارج شدن هوا از محصول، ماده غذایی دستخوش تغییر می‌شود.

روش حرارت دادن اهمی، دارای مزایای مختلفی می‌باشد. از جمله:

الف) کارایی سیستم حرارت دهنده اهمی از نظر مصرف انرژی ۹۰ تا ۹۳ درصد می‌باشد.

ب) در این تکنولوژی، سطح حرارت دهنده وجود ندارد. از این رو، مسئله جرم گرفتگی در سطوح مطرح نمی‌باشد و به دلیل توزیع یکنواخت حرارت در تمام سیستم، اجزای حساس به حرارت آسیب نمی‌بینند. از این سیستم می‌توان برای حرارت دادن مایعی که حاوی تکه‌های جامد تا اندازه ۲/۵ سانتی متر به خوبی استفاده نمود.
ج) شروع و خاتمه عملیات سریع و در واقع به صورت لحظه‌ای می‌باشد. همچنین، ضرایب انتقال حرارت مواد یا اجزا نقش محدود کننده‌ای در فرایند حرارتی نداشته و از این نظر نیاز به انجام محاسبات خاصی نمی‌باشد.
د) کنترل فرایند ساده است و عملیات به آرامی صورت می‌پذیرد و ماده دستخوش تغییر و یا پارگی که در سیستم‌های متداول نظیر تبادل‌گرهای حرارتی است نمی‌شود.
ه) درجه حرارت تا آن اندازه بالا می‌رود که برای انجام فرایند UHD مناسب است.
و) برای انجام عملیات به صورت مداوم مناسب بوده و به خصوص برای محصولات ویسکوز که انتقال حرارت در آن‌ها به خوبی انجام نمی‌شود، کاملاً مناسب می‌باشد.
ز) سرمایه اولیه برای سیستم حرارت دهنده اهمی کمتر از سیستم ماکروویو است و هزینه نگهداری آن نیز کم است البته کمتر بودن سرمایه لازم اولیه و کم بودن هزینه نگهداری ممکن است همیشه در کاربردهای صنعتی این سیستم تحقق نیابد.