معرفی فنّاوری‌های نوین در صنعت بسته‌بندی

مصطفی امام پور[1*]، رامین هاشمی طباطبایی[2]، سید عبدالله حسینی شرقی[3]

تاریخ دریافت مقاله: خردادماه ۱۳۹۲
تاریخ پذیرش مقاله: مردادماه ۱۳۹۲

چکیده

در سال‌های اخیر روش‌های جدید فراوری مواد غذایی به شدّت مورد توجّه قرار گرفته‌اند و از آن جایی که شماری از این فنّاوری‌ها ممکن است نیازمند فراوری غذاها در داخل بسته‌بندی خود باشند، شناخت واکنش‌ها و تعاملات مابین بسته و خود فرایند، حائز اهمیت است. هدف اصلی این مقاله، مرور اطّلاعات موجود در منابع اطّلاعاتی مختلف در مورد اثرات روش‌های مختلف فراوری غذاها روی بخش‌های ذیل است:

الف- خواص ساختاری، مکانیکی و بازدارنده جنس‌های رایج مورد استفاده در بسته‌بندی‌های غذایی.

ب- رفتار کاهشی افزودنی‌های مورد استفاده در فیلم‌های بسته‌بندی پلاستیکی.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی، فنّاوری نوین[4]، میدان‌های پالس الکتریکی[5]، فشار بالا، حرارت‌دهی اهمیک[6] و مایکروویو[7].

۱- مقدمه

استفاده از روش‌های جدید فراوری غذاها مانند استفاده از فشار قوی، اشعه یا پرتوافکنی، میادین الکتریکی قوی و میدان پالسی شدید در صنایع غذایی رو به گسترش است و دلیل این گسترش نیاز عمومی به بهداشت بیشتر در فراوری غذاها برای دستیابی به فرآورده‌های غذایی باکیفیت و ایمن‌تر می‌**باشد**. محققان هنوز هم در حال بررسی اثرات این روش‌های جدید روی میکروارگانیسم‌ها و غذاها هستند.

فرایندهایی نظیر فشار بالا، پرتو افکنی و ازن[8] ممکن است نیازمند فراوری غذاها در بسته‌های خود باشند. به علاوه، شماری از این روش‌های جدید را می‌توان در گندزدایی یا استریل[9] نمودن بسته‌ها نیز استفاده کرد. موفّقیّت اغلب روش‌های نگه‌داری غذاها به حفاظت از غذای فراوری شده در شرایط و وضعیت‌های نامطلوب زیست محیطی بستگی دارد که اغلب این وظیفه را بسته‌بندی خود به انجام می‌رساند. مشخصات جنس بسته‌بندی‌ها مانند خواص و ویژگی‌های مکانیکی و بازدارنده برای اخذ تصمیم در مورد نوع جنس استفاده شده در بسته‌های انواع مختلف غذاها بسیار اهمیت دارند. اگر غذا در شرایط و وضعیت‌های فراوری مختلف باشد خواص فیزیکی و یا شیمیایی بسته‌ها نیز تغییر می‌کند و اصلاح و بهبود خواص و ویژگی‌های بسته‌ها می‌تواند روی کیفیت فرآورده‌های غذایی بسته‌بندی شده اثرگذار

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد حفاظت و اصلاح چوب دانشگاه آزاد اسلامی کرج و مدیر کمیته استاندارد مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی.
(* نویسنده مسئول: emampourmos@yahoo.com)
۲و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

4- New technology
5- Electric field pulse
6- Overall heat ahmyk
7- Microwave
8- Ozone
9- Sterill

باشد. در این مقاله، اطّلاعات موجود در ادبیات موضوع در مورد اثرات روش‌های نوظهور فراوری غذاها روی جنس بسته‌بندی‌های رایج در بسته‌های غذایی مرور شده است[۱].

۲- فرآوری با میدان‌های پالس الکتریکی

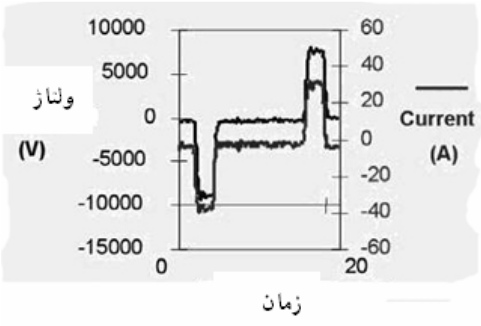
فرآیند میدان‌های پالس الکتریکی یک روش نگهداری مواد غذایی بدون استفاده از حرارت است که با استفاده از انفجار الکتریکی باعث غیر فعال شدن فعالیت‌های میکروبی (با حداقل و یا عدم تغییر در خصوصیات کیفی ماده غذایی) می‌شود. این فرآیند می‌تواند در مایعات و شبه مایعات مورد استفاده قرار گیرد.

میدان‌های الکتریکی با پالس‌های قوی[1](PEF) فرآیندی است که با اعمال پالس‌های با ولتاژ بالا توسط دو الکترود در مواد غذایی صورت می‌گیرد. این فرآیند در حرارت معمولی در مدّت زمان هر متر از ۱ ثانیه اعمال می‌شود و سبب به حداقل رساندن میزان از دست رفتن انرژی و ارزش‌های تغذیه‌ای آن بر اثر حرارت دادن مواد غذایی می‌شود. فرآیند PEF به دلیل جلوگیری از تغییرات نامطلوب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی بهتر از فرآیند مواد غذایی با استفاده از حرارت است. [۲]

اساس این روش اعمال انرژی الکتریکی با استفاده از میدان الکتریکی و ایجاد روزنه در غشای سلول می‌باشد که به آن حفره‌زایی الکتریکی الکتروپوراسیون[2] می‌گویند. هرچند سازوکار این فرآیند هنوز به درستی شناخته نشده است، این نظریه پیشنهاد می‌کند که میدان الکتریکی خارجی یک پتانسیل انتقال غشایی اضافی که بزرگ‌تر از پتانسیل طبیعی سلول است، ایجاد می‌کند و هنگامی که پتانسیل کلی غشاء به حد بحرانی حدود ۱ ولت رسید پاره شدن اتفاق می‌افتد که می‌تواند به صورت برگشت‌پذیر یا قابل ترمیم و برگشت‌ناپذیر یا غیر قابل ترمیم باشد.

۲-۱- نحوه عملکرد میدان‌های پالس الکتریکی

در این فرآیند، محصول مابین دو الکترود با ولتاژ بالای ۲۰ تا ۸۰ کیلو ولت قرار داده می‌شود. به کار بردن ولتاژ بالا در این میدان الکتریکی باعث غیر فعال شدن میکروارگانیسم‌ها میکروب‌ها می‌شود. بعد از اعمال فرآیند، غذا به صورت اسپتیک[3] بسته‌بندی شده و تحت دمای پایین انبارداری می‌شود(شکل ۱).



شکل ۱- نمایش مقدار ولتاژ مصرف شده در واحد زمان

۲-۲- نقش و کاربرد میدان‌های پالس الکتریکی در محصولات غذایی

کاربرد فنّاوری پالس‌های الکتریکی نتایج موفّقیّت‌آمیزی در پاستوریزه کردن غذاهایی همانند شربت‌ها، شیر، ماست، سوپ‌ها و تخم مرغ مایع داشته است، اما کاربرد این فنّاوری در محصولات غذایی که حباب هوا تشکیل نمی‌دهند و توانایی کمی در هدایت الکتریسیته دارند، محدود شده است. حداکثر اندازه ذرّات مایع باید کوچک‌تر از اندازه روزنه موجود در محل اثر باشد تا نتیجه پالس‌های الکتریکی رضایت‌بخش باشد. فرآیند میدان‌های پالس الکتریکی یک فرآیند پیوسته بوده که برای محصولات جامدی که قادر به پمپ شدن نیستند، مناسب نمی‌باشد. این فرآیند همچنین برای افزایش راندمان استخراج محتویات سلولی از سلول‌های گیاهی(مثلاً استخراج شکر از چغندر قند) به کار می‌رود. میدان‌های پالس الکتریکی همچنین در کاهش حجم ماده جامد(لجن) در آب‌های آلوده کاربرد پیدا کرده است.

1- Pulsed flectric field
2- Electroporation
3- Aseptic

۲-۳- مدّت ماندگاری محصولات فرآیند شده با میدان‌های پالس الکتریکی

به طور کلی، مدّت زمان ماندگاری محصولات فرایند شده با میدان‌های پالس الکتریکی قابل مقایسه با ماندگاری محصولات فرآیند شده با عمل پاستوریزاسیون[1] است. پاستوریزه کردن با این فرآیند، میکروارگانیسم‌ها را از بین می‌برد و همچنین بسیاری از آنزیم‌ها را غیر فعال می‌کند. برای محصولات مایعی که تحمل دمای پاستوریزاسیون را ندارند، این فرآیند می‌تواند مفید واقع شود[۳].

۲-٤- نحوه نگهداری محصولات فرآیند شده با میدان‌های پالس الکتریکی

به طور معمول، اغلب محصولات غذایی باید در سردخانه گذاشته شوند که برای محصولاتی مانند شیر این امر ضروری می‌باشد و برای محصولات اسیدی ضرورتی ندارد ولی با نگه‌داری در سردخانه می‌توان ماندگاری عطر و طعم را افزایش داد.

۲-۵-کاربرد میدان‌های الکتریکی پالسی در فرآیندهای مواد غذایی

به کارگیری فرایند میدان‌های پالس الکتریکی(PEF) یک روش نوین و امید بخش برای فرآیندهای غیر حرارتی در مواد غذایی است. این فرآیند جایگزین خوبی برای روش‌های سنتی نفوذ پذیری غشای سلولی همانند روش‌های حرارتی و همچنین شیمیایی برای از بین بردن آنزیم‌ها می‌باشد. در این تحقیق اثر تعدادی از شاخص‌های فرآیند بر روی نفوذپذیری غشای سلولی غذاهای مختلف با میدان‌های پالس الکتریکی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. عمل میدان‌های پالس الکتریکی در آزمایشگاه به صورت غیرپیوسته و مستقل انجام شد و سلول‌های غذایی در معرض شدّت‌های مختلف پالس‌ها قرار گرفتند.

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سلول‌های فرآیند شده و فرایند نشده به عنوان یک روش جهت شناسایی نفوذپذیری غشای سلول‌ها به طور مرتّب انجام گرفت. قابلیت هدایت الکتریکی به عنوان روشی برای پی بردن به شدّت فرایند انجام شده نیز معرفی شد.

در یک تعداد پالس ثابت، سطح آستانه از نفوذپذیری غشای سلولی به دست آمد. در ۱۰ پالس برای سلول‌های سیب زمینی قدرت میدان الکتریکی لازم برای نفوذپذیری ۱ کیلوولت بر ثانیه و برای سیب مقدار ۱/۵ کیلوولت بر ثانیه به دست آمد. با به کار بردن حد آستانه قدرت الکتریکی برای سلول‌های سیب و سیب زمینی، کل نفوذپذیری غشاء در تعداد پالس ۵۰۰ به دست آمد.

همچنین احتمال کاربرد میدان‌های پالس الکتریکی به عنوان یک پیش تیمار برای خشک کردن به وسیله هوای داغ مورد بررسی قرار گرفت. با توجّه به شدّت فرآیند انجام شده، کاربرد میدان‌های پالس الکتریکی در خارج کردن مقدار آب اولیه که نتیجه گسیختگی غشا بود اندازه‌گیری شد. در ولتاژ ۱/۵ کیلو ولت بر سانتی‌متر با افزایش تعداد پالس از ۱۰ تا ۱۰۰ نرخ خروج آب بیشتری مشاهده شد در حالی‌که افزایش رضایت بخشی در افزایش نرخ آب در پالس‌های بالاتر مشاهده نشد. با این وجود، میدان‌های پالس الکتریکی فقط بر روی نرخ اولیه خروج آب تأثیر گذاشتند و در مراحل نهایی از دست دادن آب تفاوتی میان نمونه‌های پیش تیمار شده با میدان‌های پالس الکتریکی و نمونه‌های غیر تیمار شده مشاهده نشد[٤].

۲-٦- اساس روش میدان‌های الکتریکی پالسی

قرار دادن سلول‌های بیولوژیکی(گیاهی، حیوانی و یا میکروبی) در معرض میدان الکتریکی شدید (کیلو ولت بر سانتی‌متر) به شکل پالس‌های خیلی کوتاه(میکرو تا

1- Pasteurization

میلی‌ثانیه) باعث تغییر شکل موقت و یا دایمی به صورت سوراخ‌هایی در غشای سلولی می‌شود.

پدیده الکتروپوریشن[1] باعث سوراخ شدن غشای سلول می‌شود یعنی افزایش نفوذپذیری با اعمال شدّت فرایند بالاتر باعث تخریب کامل غشای سلول می‌شود. این پدیده هنوز به طور کامل شناخته شده نیست. مدل‌های زیادی برای این پدیده پیشنهاد شده است از جمله: افزایش پتانسیل انتقال، فشردگی الکترومکانیکی غشای سلولی و تغییر در خصوصیات شکلی لیپید[2] یا پروتئین مولکول. محققین در سال ۱۹۷٤ این پدیده را تحت عنوان "شکستن دی الکتریک" مطرح کردند. طبق این مدل در حالت عادی، مقدار پتانسیل انتقال در دو طرف غشا دو برابر می‌باشد. در واقع مقدار بارهای مثبت و منفی در دو طرف غشا مقدار ثابتی بوده و باعث ایجاد پتانسیلی در این حد می‌شود. با افزایش یا کاهش مقدار بارها در هر کدام از دو طرف غشاء، سلول در جهت جبران این کاهش یا افزایش موجب حفظ گرادیان غلظت می‌شود. با قرار دادن دو طرف غشاء در معرض یک پتانسیل بیرونی و در نتیجه افزایش پتانسل انتقالی سلول نیز مقدار بار فضای درونی غشا را جهت جبران این تعادل افزایش می‌دهد. در نتیجه با افزایش این پتانسیل به تدریج غشاء فشرده شده و در یک مقدار خاص که حد بحرانی نامیده می‌شود، غشاء به صورت برگشت‌پذیر دچار تغییر شده و منافذی بر روی آن ایجاد می‌شود. با افزایش مقدار پتانسیل، غشاء کاملاً فشرده شده و در نهایت منجر به تخریب کامل غشاء می‌شود. با تخریب غشاء، مواد درون سلول به خارج نشت کرده و سلول نابود می‌شود[۵].

۳ - فرآوری با استفاده از فشار بالا

روند رو به رشد جمعیت جهان، تأمین غذا را به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل روز دنیا مطرح کرده است. در این راستا علوم غذایی و فنّاوری‌های مرتبط با آن‌ها جایگاه ویژه‌ای یافته و تأثیرشان در رفع معضل غذا، امری انکارناپذیر تلقی می‌شود. روش‌های نگه‌داری مواد غذایی ضمن حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری غذا، تولید، عرضه و تجارت آن را تسهیل نموده و بنابراین از اهمیت شایانی برخوردار است. به منظور حذف(و یا به حداقل رساندن) عوامل کاهش‌دهنده کیفیت مواد غذایی که از فرایندهای حرارتی ناشی می‌شوند، استفاده از روش‌های غیرحرارتی مواد غذایی در حال گسترش است.

الف – روش‌های غیرحرارتی

مواد غذایی را می‌توان با روش‌های غیر حرارتی نظیر استفاده از فشار هیدرواستاتیک[3] بالا، میدان مغناطیسی نوسان‌کننده، میدان‌های الکتریکی پالسی با شدّت جریان زیاد، پالس‌های نوری شدید، تشعشع، مواد شیمیایی، مواد بیوشیمیایی و فنّاوری تلفیقی فراوری نمود. در این تحقیق ضمن تشریح هر یک از روش‌های مذکور، اثر آن‌ها بر کیفیت مواد غذایی(ویتامین‌ها، مواد مغذّی ضروری و مواد مولد طعم)، تولید مواد بد طعم و عمر انبارمانی بررسی خواهد شد.

الف-۱- روش‌های غیر حرارتی فرآوری مواد غذایی شامل:

- افزودن مواد نگه دارنده.
- پرتودهی.
- فیلتراسیون[4].
- فنّاوری فشار بالا.

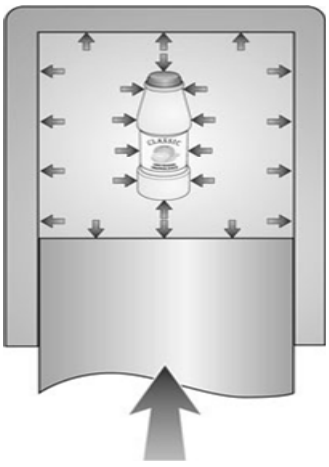
ب- روش‌های حرارتی.

در بین انواع روش‌های نگهداری موادغذایی، استفاده از گرما از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و از دیرباز مورد استفاده قرار گرفته است. اثر حرارتی در جلوگیری از سه نوع فساد میکروبی، شیمیایی و فیزیکی مؤثر می‌باشد. در رابطه با فساد میکروبی، از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماریزا در اثر حرارت دادن و بعد از آن بسته‌بندی صورت می‌گیرد به ویژه حرارت با از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماریزا مانع فساد میکروبی می‌شود[٦].

1- Cell electroporation
2- Lipid
3- Pressure hydrostatic
4- Filtration

۳-۱- تعریف فرآیند فشار بالا

فرآیند فشار بالا(HPP[1]) یک روش جدید برای نگه‌داری مواد غذایی می‌باشد. بررسی عملکرد این روش از یک قرن پیش با کارِ هایت[2] در اواخر قرن ۱۹ آغاز گردید و در سال ۱۹۹۰ اولین ماده غذایی تولید شده توسط این فرآیند به بازار عرضه گردید. این فرآیند غیر حرارتی به سه روش مداوم، غیر مداوم و پالس‌دار انجام می‌شود و با تأثیر بر میکروارگانیسم‌ها، واکنش‌های آنزیمی و بیوشیمیایی سبب افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی می‌گردد(شکل ۲). این روش با توجّه به مزایایی از جمله: کاهش مصرف نگه‌دارنده‌ها و فرآیندهای حرارتی، سالم‌سازی یکنواخت فرآورده، جلوگیری از واکنش‌های شیمیایی نامطلوب، صدمات ناشی از فرآیند انجماد، حفظ ارزش غذایی و ویژگی‌های ارگانولپتیک[3] فرآورده مورد توجّه بسیار قرار گرفته است. هرچند هزینه سرمایه‌گذاری، بالا و نیاز به تجهیزات پیشرفته از چالش‌های این روش است که مستلزم انجام تحقیقات کاربردی می‌باشد[۷].



شکل۲- اعمال فشار بالا بر مواد غذایی

۳-۲- مزایای فنّاوری فشار بالا

بررسی‌های انجام گرفته، نشان می‌دهد کاربرد روش‌های غیرحرارتی نگه‌داری مواد غذایی نظیر استفاده از روش فشار بالا با توجّه به مزایای آن‌ها نظیر کاهش مصرف نگه‌دارنده‌های شیمیایی و صدمات در حین فرآیندهای حرارتی، دستیابی به محصولاتی با ارزش غذایی بالاتر، جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب شیمیایی(میلارد[4]، تخریب ویتامین‌ها و مواد طعم‌دهنده)، طراحی فرآورده‌های جدید با خصوصیات عملکردی تازه و دستیابی به اهداف تکنیکی(حفظ رنگ، ژلاتیناسیون[5]، تأثیر بر ساختار چربی‌ها و پروتئین‌ها) روز به روز در صنعت در حال گسترش است زیرا به کمک این روش، می‌توان بدون استفاده از نگه‌دارنده‌های شیمیایی، عمر ماندگاری مواد غذایی را افزایش داد. به علاوه با کمترین آسیب به ارزش غذایی فرآورده در حین فرآیند، محصولاتی سالم، غنی و ایمن به مصرف‌کننده عرضه نمود[۸]. این مزایا عبارتند از:

- عملکرد یکنواخت در تمام محصول.
- غیرفعال کردن همه یا اغلب MOها.
- بهبود خواص تغذیه‌ای.
- صرفه‌جویی در انرژی.
- بی‌تأثیر بودن اندازه نمونه در زمان فرایند.

۳-۳- مکانیسم

در فرایند فشار بالا، تولید فشار از طریق تراکم مستقیم یا غیر مستقیم و یا با اعمال حرارت بر ماده واسطه فشار(اکثراً آب با درصد اندکی روغن) می‌باشد. در این فرایند ماده غذایی در یک ظرف استریل[6] پر می‌شود و در مخزن فشار قرار می‌گیرد.

1- High pressure processing
2- Hite
3- Organoleptic

٤- قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی

5- Gelation
6- Sterill

لفافی که برای بسته‌بندی مواد غـذایی فـرآوری شـده در فشار بـالا توصـیه مـی‌شـود کـوپلی‌مـراتیلن[1] وینیـل الکـل و پلی‌وینیل الکل مـی‌باشـد. پـس از پـر شـدن مخـزن از مـاده غذایی، ماده واسطه به داخل تزریـق مـی‌گـردد. مـدّت زمـان اعمال فشار بستگی بـه نـوع مـاده غـذایی و درجـه حـرارت فرآیند دارد و در پایان فشار مخزن حذف شده و ماده غـذایی خارج می‌گردد.

روش استفاده از فشار بالا می‌تواند به چنـد روش شـامل روش‌های سرد، گرم و داغ انجام شود.

– **روش سرد:** در ابتـدا بـرای فلـزات، سـرامیک، کـربن، گرافیت[2] و پلاستیک به کار می‌رفت سپس در صـنایع غـذایی استفاده شد که به دو صـورت خـشک و مرطـوب اسـت. در روش مرطوب، ماده مستقیماً با واسطه فشار در ارتباط اسـت ولی در روش خشک مـاده توسـط یـک محفظـه پلاسـتیکی پوشیده می‌شود و محصول به صورت بسته‌بندی شده است.

– **روش گرم:** در این روش از افزایش درجه حرارت تـا حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گـراد اسـتفاده مـی‌شـود. ایـن روش زمانی صورت می‌گیرد که یک واکنش شیمیایی در حال انجام گرفتن باشد[۹].

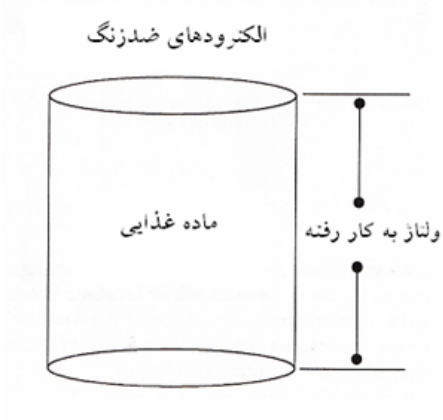
– **روش داغ:** در این روش از دماهای بالا حـدود ۲۲۰۰ درجـه سـانتی‌گـراد و فـشار ٤۰۰۰–۱۰۰۰ اتمـسفر اسـتفاده می‌شود. واسطه می‌تواند یـک گـاز مثـل آرگـون[3]، نیتـروژن، هلیوم[4] یا هوا باشد. زمان فرایند هم ۱۲–٦ ساعت است.

۳-٤- اجزای یک سامانه فشار بالای صنعتی

کشور اصلی تولیدکننده تجهیزات تحت فشار بالا، کـشور ژاپن است. تجهیزات تولیدکننده فشار هیدرواستاتیک بالا بـه اشکال گوناگونی وجود دارد. به‌طور کلی این تجهیزات شامل دو قسمت فرآیند و کنترل است. بخش فرآیند شـامل مخـزن تحت فشار، پمپ و سامانه حرارتی است. بخـش کنتـرل نیـز بـرای کنتـرل فرآینـد فـشار، درجـه حـرارت و زمـان قابـل برنامه‌ریزی است. در فرآیند فشار هیدرواستاتیک بالا، ابتدا ماده غذایی در یک ظرف استریل پر شده و پس از محکـم شدن در آن، در مخزن فشار قرار می‌گیرد تا فشار موردنظر اعمال گردد(از آنجایی کـه فـشار اعمـال شـده یکنواخـت است لذا بسته‌بندی تغییر شکل پیدا نمی‌کند). پس از آنکـه مخزن از مواد غذایی پر و در آن مـسدود شـد، مـاده ناقـل فشار به داخل آن تزریق می‌شود (در اغلب سامانه‌هـا مـاده ناقل فشار، آب است). در این روش، ماده غذایی در مـدّت زمان مشخصی تحت فشار بالا قرار می‌گیرد که این مـدّت زمان با توجّه به نوع ماده غذایی و درجه حـرارت فرآینـد، متغیر است.

٤- حرارت‌دهی اهمیک

حرارت‌دهی اهمیک، فرایندی است کـه در آن جریـان برق متناوب از ماده غذایی عبور می‌کند و ماده غـذایی بـه عنوان مقاومت عمل کرده و حرارت مـی‌بینـد. ایـن شـیوه حرارت‌دهـی نیـازی بـه انتقـال گرمـا نـدارد زیـرا انـرژی الکتریکی به طور مستقیم در ماده غـذایی تبـدیل بـه گرمـا می‌شـود. میـزان حـرارت ایجـاد شـده در مـواد، تـابعی از مقاومت الکتریکی مـواد غـذایی و پتانـسیل بـه کـار رفتـه است(شکل ۳).



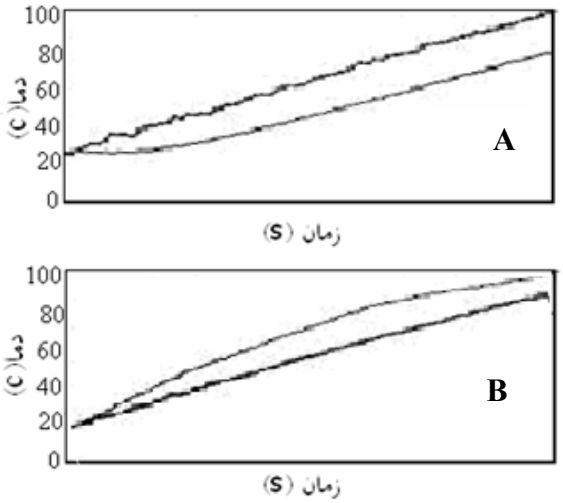
شکل ۳- حرارت‌دهی اهمیک بر روی مواد غذایی

1- Copolymer ethylene
2- Graphit
3- Argon
4- Helium

در مورد مواد غذایی ذرّه‌ای که درون سیّالات معلّق‌اند، در طول حرارت‌دهی به روش معمول، انتقال حرارت به سیّال سریع‌تر از ذرّات جامد است و سیّال زودتر به دمای استریلیزاسیون می‌رسد در حالی که مرکز ذرّات جامد هنوز به دمای استریلیزاسیون نرسیده است و باید زمان بیشتری حرارت ببیند. در نتیجه آسیب جدّی به کیفیت محصول وارد می‌شود و ارزش تغذیه‌ای آن کاهش پیدا می‌کند[۱۰].

فرایند OH، حرارت‌دهی مواد غذایی را با سرعت بالایی انجام می‌دهد(از چند ثانیه تا چند دقیقه). حرارت‌دهی اهمیک، امکان استفاده از روش‌های HTST[1] و UHT[2] را برای مواد غذایی ذرّه‌ای معلّق در سیّالات و سیّالات ویسکوز[3] را بدون آسیب به کیفیت و ارزش تغذیه‌ای آن‌ها فراهم می‌کند که این ویژگی در حرارت‌دهی به روش معمول به سختی به دست می‌آید.

در(شکل٤) میزان انتقال حرارت به سیّال غذایی و ذرّات معلّق در آن را در دو شیوه حرارت‌دهی معمول و OH نمایش می‌دهد.



شکل ٤- نمایش میزان انتقال حرارت به سیّال غذایی و ذرّات معلّق در آن را در دو شیوه حرارت‌دهی معمول و OH

1- High temperature/short time
2- Ultra high temperature
3- Viscos

٤-١- هدایت الکتریکی

این عامل برای مواد غذایی مختلف متفاوت است. هدایت الکتریکی برای اکثر مواد غذایی با افزایش دما افزایش پیدا می‌کند. برای اینکه بتوان از حرارت‌دهی اهمیک استفاده کرد، مواد غذایی باید به اندازه کافی آب و الکترولیت[4] داشته باشند تا بتوانند جریان الکتریسیته را از خود عبور دهند. هدایت الکتریکی مواد، تابعی از محتوای یونی آن‌ها می‌باشد. برای افزایش هدایت الکتریکی خیساندن یا بلانچینگ[5] مواد جامد در محلول‌های نمکی(به عنوان یک عملیات مقدماتی قبل از OH) یا اضافه کردن اسید و سایر الکترولیت به کار می‌رود. اگر σ[6] صفر باشد(چربی‌ها و روغن‌ها) حرارت‌دهی OH امکان‌پذیر نیست. اگر محصول ترکیبی از ذرّات جامد و مایع باشد، هدایت الکتریکی همه فازها مورد توجّه قرار می‌گیرد[۱۱].

میزان حرارت‌دهی ذرّات در یک سیّال به عوامل زیر بستگی دارد:

i) هدایت الکتریکی فازهای سامانه.

ii) حجم نسبی فازها.

چون هدایت الکتریکی ذرّات، پایین‌تر از سیّالات است. با افزایش غلظت ذرّات در فرمولاسیون، این ترکیبات سریع‌تر از سیّال حرارت می‌بینند، چون با افزایش غلظت، مسیر حرکت انرژی الکتریکی در سیّال پیچیده‌تر می‌شود و در نتیجه ذرّات انرژی بیشتری دریافت می‌کنند. بنابراین با تغییر غلظت ذرّات می‌توان الگوهای حرارتی را تنظیم نمود.

δ وابستگی حساسی را به تعادل اجزاء نشان می‌دهد و باید برای هر فرمولاسیون جداگانه اندازه‌گیری شود. در مورد δ مایعات شاخص‌هایی مانند: دما، فرکانس و عناصر موجود مؤثرند و برای δ مواد جامد علاوه بر موارد ذکر شده، ساختار میکروسکوپی بافت نیز مؤثر است.

4- Eelectrolyte
5- Blanching
٦- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی تابعی از ساختار مواد است و اغلب با حرارت‌دهی(یا پخت) تغییر می‌کند که واکنش مواد مختلف به این فرایند متفاوت است. هرچند در بعضی از غذاها تأثیر کلی حرارت‌دهی ممکن است خصوصیات هدایت الکتریکی را به مقدار کمی تغییر دهد. مثلاً در طول بلانچینگ سبزیجات و تخریب سلولی محتوای سیتوپلاسم[1] آزاد می‌شود و محتوای یونی کاهش پیدا می‌کند در نتیجه هدایت الکتریکی کم می‌شود. در نقطه مقابل، همان طور که گفته شد اگر بلانچینگ در محلول نمک صورت گیرد، محتوای یونی و در نتیجه هدایت الکتریکی سبزیجات افزایش پیدا می‌کند[۱۲].

اما در مورد مرغ یا قارچ، حرارت‌دهی آن‌ها در محلول نمک، افزایش هدایت الکتریکی را به دنبال ندارد. علت این امر، نوعی جمع‌شدگی و کاهش تخلخل در بافت این مواد است که علی‌رغم افزایش محتوای یونی به علت کم بودن تحرک و نفوذ یونی‌ها به درون بافت، هدایت الکتریکی کاهش پیدا می‌کند.

در میان دلایل تغییر هدایت الکتریکی، ناپایداری غشاء سلولی به عنوان علت اصلی ذکر شده است، اما عوامل دیگر مانند ترکیدن سلول، الکتروپوریشن، جمع‌شدگی بافت، تغییر فاز، آب‌زدایی، ژلاتینه شدن نشاسته، غلظت و تحرک یون‌های نمکی، مقدار رطوبت و سیّالیّت آن، PH حضور چربی و سایر مواد غیر هادی، روی تغییر هدایت الکتریکی مؤثر می‌باشند[۱۳].

٤-۲- حرارت‌دهنده اهمیک

سامانه‌های حرارت‌دهنده تجاری با توان الکتریکی برون ده ۷۵ تا ۷۵۰ kw طراحی شده‌اند که ظرفیت آن‌ها بین ۷۵۰ تا ۳۰۰۰ kg/h متغیر است. این سامانه‌ها بیشتر جهت فرایند HTST,UHT مایعات غذایی حاوی ذرّات و مایعات ویسکوز قابل پمپ شدن توسعه یافته و به کار می‌روند. این سامانه‌ها شامل سه بخش اصلی هستند:

۱- بخش حرارت‌دهی.

۲- تأمین‌کننده نیروی برقی.

۳- تابلوی کنترل.

بخش حرارت‌دهی از لوله استیل ضد زنگی ساخته شده است که الکترودها به آن متصل هستند و تعداد آن‌ها چهار عدد یا بیشتر است و قسمت خارجی این الکترودها توسط مواد عایق مانند پلی‌وینیلیدین[2] پوشش داده شده‌اند. این لوله‌ها به صورت عمودی نصب شده‌اند و الکترودها هم به صورت عمود بر لوله‌ها(جریان مواد) قرار گرفته‌اند.

ماده غذایی توسط پمپ از پایین وارد این لوله‌ها می‌شود. در این قسمت جریان برق متناوب از منبع برق در بین الکترودها و در نتیجه در درون ماده غذایی جریان پیدا می‌کند و سبب گرم شدن محصول و افزایش دمای آن تا دمای فرایند می‌گردد. در این ستون‌ها فشار کافی اعمال می‌شود تا از عدم جوشیدن محصول اطمینان حاصل شود. این فشار برای استریلیزاسیون در ۱٤۰°c می‌تواند تا ٤bar باشد[١٤].

پس از رسیدن مواد غذایی به دمای فرایند(دمای استریلیزاسیون) به قسمت لوله نگهداری منتقل می‌گردد و در آن جا مدّت زمان لازم جهت رسیدن به استریلیزاسیون کافی را سپری می‌کند. پس از این مرحله، سیّال به قسمت سردکننده پمپ می‌شود و تا دمای مناسب خنک می‌شود. خنک کردن می‌تواند با استفاده از جریان آب سرد در خارج از لوله‌ها باشد. هم چنین می‌توان یک بخش سرد کردن مقدماتی را بعد از لوله نگهداری در نظر گرفت که در آن ماده استریل شده با خوراک ورودی تبادل گرما می‌کند و بعد با آب سرد تا دمای پایین‌تری سرد می‌شود. پس از این مرحله، محصول وارد تانک‌های نگهداری و بعد پرکن اسپتیک می‌شود[۱۵].

٤-۳- کاربردهای حرارت‌دهی اهمیک

این روش می‌تواند جهت حرارت‌دهی سیّالات حاوی ذرّات درشت مانند سوپ‌ها، ورقه‌ها و تکّه‌های میوه درون شربت‌ها و سس‌ها و حرارت‌دهی مایعات حساس به

1- Cytoplasm

2- Polyvinylidene

حرارت به کار رود همچنین این فرایند برای حرارت‌دهی مواد غذایی پروتئینی که در اثر فرایند حرارتی تمایل به دناتوره شدن[1] و انعقاد دارند، مفید است. برای مثال تخم مرغ مایع با این روش در کم‌تر از یک ثانیه حرارت‌دهی می‌شود(بدون منعقد شدن) و آنزیم‌های موجود در آب‌میوه‌ها با این روش غیر فعال می‌شوند(بدون تأثیر روی طعم آن‌ها).

از کاربردهای دیگر حرارت‌دهی اهمیک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پاستوریزه کردن غذاهای ذرّه‌ای جهت پر کردن داغ.
- حرارت‌دهی ابتدایی محصولات غذایی قبل از استریلیزاسیون درون قوطی.
- فرآوری اسپتیک محصولات غذایی با ارزش افزوده بالا برای انبارسازی و توزیع در دمای معمولی.
- تولید بهداشتی غذاهایی با ارزش افزوده بالا برای انبار کردن و توزیع در دمای سرد.
- استریلیزاسیون و پاستوریزاسیون محصولات غذایی ویسکوز و مواد حاوی ذرّات درشت (تا ضخامت۲۵mm).
- بلانچینگ.
- تبخیر و آب‌گیری.
- تخمیر.
- استخراج.
- ذوب کردن یخ.
- پوست‌گیری.
- حرارت‌دهی مجدّد مواد غذایی بسته‌بندی شده.

۵- نتیجه گیری

افزایش سریع جمعیت و نیاز به غذا به عنوان رکن اصلی تأمین احتیاجات بشر، بسیاری از کشورهای جهان سوم را بر آن داشته است که به توسعه سطح کشت و تأمین مواد غذایی مورد نیاز خود اقدام بنمایند. به کار گرفتن فنّاوری مدرن کشاورزی و بهره‌مندی از روش‌های نوین نگهداری، بسته‌بندی مواد غذایی و صنایع گوناگون تبدیلی به عنوان مکمل یکدیگر جهت رفع نیازهای بشر ضروری است. همه ساله بیش از یک پنجم فرآورده‌های غذایی کشورهای جهان سوم به صورت ضایعات بر اثر فساد ناشی از عوامل گوناگون در مراحل مختلف برداشت، پس از برداشت، بسته‌بندی، توزیع و مصرف از بین می‌رود. این رقم در برخی از کشورهای جهان سوم به پنجاه درصد نیز می‌رسد، به طوری که شمار قابل توجّهی از مردم این کشورها برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز خود در تنگنا هستند. البته در کشورهای پیشرفته صنعتی نیز درصدی از مواد غذایی در مرحله مصرف ضایع می‌گردد.

با توجّه به این که صنعت غذا در ایران رشد بسیار فزاینده و مطلوبی داشته است و رفته رفته خود را برای حضوری پرقدرت در بازارهای شدیداً رقابتی دنیا آماده می‌کند، امید است که با سربلندی شاهد حضور محصولات غذایی ایران در تمام دنیا باشیم. موضوع کاربرد فنّاوری‌های نوین و نوظهور در بخش صنایع غذایی، از جمله موضوعاتی است که در کشور کمتر به آن توجّه شده است و اغلب فرآیندهای متداول در کارخانه‌های کشور، قدیمی و سنتی بوده و بدون رعایت اصول علمی مهندسی صنایع غذایی صورت می‌گیرد. البته این موضوع در کشورهای دیگر نیز پیشرفت زیادی نداشته است و امید است با ارایه روش‌های ذکر شده در این پروژه، با رویکردی جدید به این موضوع نگاه شود و با توجّه به نوع مواد اولیه، فرایند تولید و محصول نهایی، بتوان از بین فنّاوری‌های جدید بسته‌بندی بهترین روش را انتخاب کرد و به منظور دستیابی به حداکثر بازدهی، کاهش ضایعات و با توجّه به مسائل اقتصادی، می‌توان از یک یا چند روش به صورت ترکیبی نیز استفاده نمود. برای دستیابی به این هدف، نیاز به آگاهی از انواع فنّاوری‌های نوین و شناخت مزایا، معایب و کاربرد هر کدام از این روش‌ها می‌باشد.

1- Denatured

فرآیند دو نیم شدن اتصال وسط با یا بدون شکستن پیوندهای پپتیدی می‌باشد.

گسترش بسته‌بندی‌های نوین گامی است به سوی تحقق یافتن اهداف صنعت بسته‌بندی و بهبود نگه‌داری مواد غذایی به طوری که به مصرف‌کنندگان آگاهی لازم را در مورد محصول می‌دهد، همچنین تولیدکنندگان را به تولید محصولات با کیفیت بیشتر تشویق می‌کند که تقاضای بیشتری را به دنبال خواهد داشت. امید است که پیشرفت‌های بیشتری در این صنعت حاصل و معایب موجود رفع شوند، مشکلات حاصل از مواد غذایی آلوده به حداقل رسیده و امنیت غذایی کافی در همه کشورها ایجاد شود.

٦- منابع

۱. پور جعفری س. ایمنی و بهداشت در فرآیند تأمین مواد اولیه و جیره‌های نظامی به منظور تحقق سلامت، کیفیت و امنیت غذایی. مجموعه مقالات همایش نقش بهداشت و سلامت در امنیت ملّی. صفحه ۱۳۹-۱۳۲. ۱۳۸٤.

۲. فرج زاده د. فرماندهی و مدیریت تغذیه. مجموعه مقالات همایش علمی کاربردی نقش بهداشت و سلامت در امنیت ملّی. صفحه ۱۵۱-۱٤۰. ۱۳۸٤.

۳. امام پور،م. «افزایش زمان ماندگاری بسته‌های غذا به روش جریان الکترومغناطیسی». فصلنامه علمی- ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی، سال سوم، شماره ۱۳، صفحه ۲۱-۱٤. بهار ۱۳۹۲.

4. Natick Pam Administration(NPA). Operational rations. Department of nutrition of defense ministry(USA). 6:3-21. 2004.

5. Tatiana N.Koutchma,Larry J. Forney, Carmeni. Moraru. Ultraviolet Light in food technology principles and applications.CRC press. 2009.

6. Ioannis S. Arvanitoyannis. irradiation of food commodities: techniques, applications, Detection, legislation, safety and consumer opinion. Academic press is an imprint of Elsevier. 2010.

7. Peter Wambura, Martha Verghese. Effect of pulsed ultraviolet light on quality of sliced ham. LWT - food science and technology. 2011

8. R. yaun, B. Efficacy of ultraviolet treatments for the inhibition of pathogenes on the surface of fresh fruits and vegetables. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirments for the degree of masters of science in food science and technology, virginia,16-45. 2002.

9. Allende, A., Artes, F. "Uv-c radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed LolloRosso" lettuce. Food research international, 36 , 739-746 . 2003.

10. Barka, E.A., S. Kalantari, J. Makhlouf and J. Arul. Impact of UV-C irradition on the cell wall degrading enzymes ripening of tomato fruit. Food chem. 48:667 671. 2003.

11. Gonzalez-Aguilar, G., C.Y. Wang and G.Y. Buta. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. J. Sci. Food Agr. 84:415- 422. 2004.

12. Joyce, D.C., A.J. Shorter and P.D. Hockings. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturation. Sci. Hort. 91:81-99. 2001.

13. Zeynep B. Use of ozone in the food industry(2002). Mendez F.Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance(2003).

14. L.J. Mason. A new control strategy for stored grain(2002) Jin-gabkim. USE of ozone to inactivate microorganisms on lettuce (1998).

15. Mendez F. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. 2003.

16. L.J. Mason. A new control strategy for stored grain. 2002.

آدرس نویسنده

تهران- میدان صنعت – خیابان هرمزان – خیابان پیروزان جنوبی- نبش کوچه پنجم – ساختمان اسراء- مرکز مطالعات و پژوهش‌های لحستیکی – کمیته استاندارد.