افزایش زمان ماندگاری بسته‌های غذا به روش جریان الکترومغناطیسی

مصطفی امام پور[1*]، محسن رحمتی[2]، نازنین زند[3]

تاریخ دریافت مقاله: آذر ماه۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

چکیده

استفاده از میدان الکترومغناطیسی القایی با فرکانس بالا[4](EMI) یکی از روش‌های مورد استفاده در مراکز تحقیقاتی و صنایع غذایی دنیا است. این روش به عنوان یک روش شناخته شده مناسب برای از بین بردن باکتری‌های ناشی از فساد مواد غذایی بدون استفاده از حرارت است. در این روش، به سبب عدم استفاده از حرارت در استریل[5] مواد غذایی، طعم و مزه مواد غذایی تغییر نمی‌کند. به علت افزایش محدودیت‌های اعمالی در قوانین بهداشتی و منظور کاهش خطرات و آسیب‌های وارده به بسته‌های مواد غذایی، در آینده پیش‌بینی می‌گردد تا تقاضا برای استریلیزاسیون[6] مواد غذایی به روش EMI به صورت گسترده در صنعت بسته‌بندی افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی

مواد غذایی، بسته‌بندی الکترومغناطیسی و استریلیزاسیون.

۱- مقدمه

امروزه برای بسته‌بندی مواد غذایی به خصوص گوشت و مرغ پخته شده از بسته‌های قابل انعطاف پلاستیکی چندلایه لمینه[7] با آلومینیوم استفاده می‌شود. این بسته‌ها در معرض فساد میکروارگانیسم‌های پاتوژن[8] به خصوص باسیل‌ها[9] و کلستریدیوم‌های[10] هوازی و بی‌هوازی در دو وضعیت مزوفیل[11] و ترموفیل[12] هستند. این تهدید در بسته‌بندی‌هایی که مقدار اسیدیته[13] پایین(PH 4-5) و رطوبت بالا دارند، بسیار جدّی‌تر است زیرا رشد عوامل آسیب‌زا و خطرناک در این موارد سریع‌تر می‌باشد. اگرچه فرایند حرارت‌دهی(120 ^{o}C, 20 min) موجب از بین رفتن میکروارگانیسم‌های فعال در بسته‌بندی‌های مواد غذایی می‌شود؛ اما این فرایند خود می‌تواند موجب از بین رفتن برخی پروتئین‌ها و مواد فیزیولوژیکی[14] مفید در مواد غذایی شده و از طرفی کاهش طعم، مزه و تغییر شکل ظاهری این مواد را نیز به همراه داشته باشد. از سوی دیگر استفاده از فرایندهای حرارتی موجب ایجاد آسیب و نشتی در لفاف‌های بسته‌بندی مواد غذایی شده که این مسئله، موجب به وجود آمدن آلودگی‌های ثانویه بیشتر در مواد غذایی درون بسته‌بندی خواهد شد.[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته حفاظت و اصلاح چوب – دانشگاه آزاد اسلامی- کرج و مدیر کمیته استاندارد مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی.

(* نویسنده مسئول: emampourmos@yahoo.com)

۲- کارشناس ارشد مواد و تکنولوژی‌های پیشرفته و مشاور در تهیه و تدوین استانداردهای صنعتی و نظامی.

۳- استادیار گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی ورامین.

4- Electromagnetic induction
5- Sterill
6- Sterility
7- Laminate
8- Microorganisms
9- Bacill
10- Clostridium
11- Mesophile
12- Thermophil
13- Acidity
14- Physiological

۲- تاریخچه

از جمله موفقیت‌های کاربردی گزارش شده روش EMI استفاده از آن در صنعت میکروب‌زدایی شیر می‌باشد. امواج الکترومغناطیسی در نخستین مرتبه برای میکروب‌زدایی شیر در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گرفت. با شناسایی کوچک‌ترین تغییرات در خواص فیزیکی و شیمیایی شیر، واحد عیب‌یاب سامانه میکروب‌زدایی، خط تولید را به حالت آماده به کار[1] در آورده و شیر را به خط دیگری جهت کنترل منتقل می‌کند[2].

مهم‌ترین مزایای کاربرد این دستگاه جهت کاهش بار میکروبی شیر خام عبارتند از:

۱. کاهش بار میکروبی شیر به میزان ۱۰۰٪.
۲. عدم پخت پروتئین.
۳. عدم کاهش لاکتوز[3] و چربی.
٤. عدم تغییر مزه، عطر و رنگ در شیر.
۵. کاهش بسیار زیاد انرژی مصرفی دستگاه.
٦. کاهش چشم‌گیر هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری در کل سامانه.[۲]
۷. عدم ایجاد حرارت در سامانه.
۸. خام بودن شیر ورودی و خروجی از جهت خواص فیزیکی و شیمیایی.
۹. افزایش سالم‌سازی شیر تا ٦۰٪.

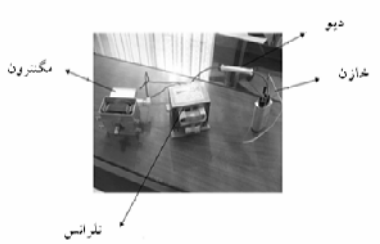
با استفاده از این مزیت‌ها و ارزش قابلیت‌های مورد انتظار در این روش بود که مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی را بر آن داشت که به تحقیق بیشتر این فرایند و استفاده از قابلیت‌های دیگر آن بپردازد. اکنون نتایج و دستاوردهای حاصل از این تحقیق و پژوهش که مورد ثبت مجامع علمی و حقوقی کشور نیز رسیده است طی این مقاله بیان شده است.

۳- شرح روش انجام کار دستگاه الکترومغناطیس با فرکانس بالا(EMI)

به دلیل وجود مشکلات و نارسایی‌های موجود در روش‌های حرارتی است که از روش‌های جدید میکروب‌زدایی در فرآیند بسته‌بندی مواد غذایی از جمله روش الکترومغناطیسی با فرکانس بالا(EMI) استفاده زیادی می‌شود. در روش EMI بدون آنکه ارزش تغذیه‌ای و یا طعم و مزه مواد غذایی آسیب دیده یا کاهش یابد، تمامی میکروارگانیسم‌های مضر در فرایند میکروب‌زدایی در حین بسته‌بندی از بین خواهند رفت. در این روش، بسته‌های مواد غذایی در داخل یک میدان الکترومغناطیسی با فرکانس بالا(2-15GHz) که توسط یک ولتاژ القایی[4](1-20 kV) ایجاد می‌شود، قرار می‌گیرند.[۳] میدان مغناطیسی القایی که مواد غذایی در آن قرار می‌گیرند عموماً دمایی در حدود ٤۰ درجه سانتی‌گراد دارد و انرژی مصرفی آن بسیار کم می‌باشد و این امواج الکترومغناطیسی در طیف مطمئن بی‌خطر برای انسان می‌باشد و استفاده از این محدوده فرکانسی امواج مغناطیسی توسط کمیسیون مواد غذایی[5]FCC مورد تأیید قرار گرفته است.(شکل ۱) اولین مزیت استفاده از این روش، آن است که در فرایند استریلیزاسیون، انتقال حرارت به صورت یکنواخت و متعادل به بسته‌های غذایی منتقل می‌شود. نکته حائز اهمیت در این روش، آنست که لفاف‌های مورد استفاده برای بسته‌بندی مواد غذایی، باید قابلیت عبور امواج مایکروویو[6] از خود را داشته و از طرفی، دارای نقطه ذوب بالا باشند. استفاده از برخی بسته‌بندی‌ها با جنس ترکیبی، می‌تواند در این روش مورد توجّه قرار گیرد؛ اما در این حالت، موضوع انتقال حرارت و گرما از مواد غذایی به ظرف و تغییر دمای مواد غذایی در این وضعیت باید مورد توجّه قرار گیرد. همچنین ظروفی از جنس فلزات ترکیبی

1- Stand by
2- www.ASKco.org
3- Lactose
4- Indvction voltage
5- Food chemicals codex
6- Microwave

نیز برای بسته‌بندی مواد غذایی با این روش عرضه می‌شوند. فویل‌های آلومینیومی و قوطی‌های با ضریب انتقال حرارت بالا نیز می‌توانند موجب انتقال حرارت به مواد غذایی بسته‌بندی شده شوند.[٤] در برخی از موارد، تأثیر امواج فرکانس بالای میدان الکترومغناطیسی بر کلستریدیوم[1] و باسیل‌هایی که در بسته‌بندی‌های مواد غذایی وجود دارند به میزان کافی نخواهد بود زیرا این باسیل‌ها به صورت مقاوم به حرارت هستند، به همین دلیل از ترکیب روش EMI و یک فرایند پیش حرارتی مناسب استفاده می‌شود؛ در این وضعیت باید توجّه نمود که این حرارت نباید موجب تغییر در مزه، طعم و خواص غذایی درون بسته‌بندی گردد. همچنین باید پدیده مهاجرت و اثرات نامساعد کلی آن بر مواد غذایی نیز مورد توجّه و مطالعه قرار گیرد، زیرا دمای نامساعد، موجب افزایش سرعت پدیده مهاجرت می‌شود. همچنین در تعیین دمای پیش گرم باید توجّه نمود که باسیل‌ها و کلستریدیوم در یک دمای معین رشد، تکثیر و حیات خواهند داشت و در دمای کمتر یا بیشتر از آن، قادر به انجام آن کارها نخواهند بود. از طرفی باید در نظر گرفت که در دماهای پایین‌تر و بالاتر از دمای مناسب، رشد و کشت باکتری‌ها ممکن است سبب بروز پدیده مهاجرت و افزایش چربی‌ها شود.[٥] در این تحقیق برنج و چند خورش(به صورت جداگانه) در لفاف‌های قابل انعطاف، بسته‌بندی شده و سپس با روش EMI استریل گردید. در مرحله بعد در صورت نیاز، از تلفیق حرارت و EMI جهت استریل خورش‌ها در نگه‌داری طولانی مدّت استفاده شده است.(شکل ۲)



شکل ۱- اجزای تشکیل‌دهنده دستگاه EMI

شکل ۲- دستگاه فرایند بسته‌بندی به روش EMI

٤- معرفی مواد اولیه بسته‌بندی

پلی‌مرها را برحسب خواص حرارتی می‌توان به دو دسته‌ی بزرگ تقسیم کرد:

۱- پلی‌مرهای ترموپلاستیک[2]

۲- ترموست[3]

از نظر اقتصادی نیز دو گروه پلی‌مرهای پرمصرف و مهندسی وجود دارند که فقط تعداد محدودی از پلی‌مرهای موجود برای بسته‌بندی مناسب می‌باشند. بیشتر مواد خام پلاستیک‌هایی که در بسته‌بندی مصرف می‌گردند در صنعت پتروشیمی تولید می‌شوند و درصدی از مواد نفتی که به پلاستیک تبدیل می‌شوند در مقایسه با میزانی که برای سوخت یا حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند، بسیار ناچیز بوده و برحسب نوع منبع حدود ۱/۵ تا ۳ درصد می‌باشد که تنها جزئی از این پلاستیک‌ها در بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند.[٦]

هر پلی‌مر، ساختاری منحصر به فرد دارد و نام شیمیایی آن نیز مشخص است. بعضی از نام‌ها، برحسب طول زنجیر پلی‌مر می‌باشد، اما نام‌های صنعتی معمول، عمدتاً ترکیبی از نام‌های تجاری، معمول و اختصارات می‌باشد.(جدول ۱)

1- Clostridium

2- Thermoplastic

3- Thermoset

متأسفانه از آن جایی که بیشتر این نام‌ها به صورت سلیقه‌ای انتخاب شده‌اند، لذا پلی‌مرهای یکسان ممکن است به نام‌های مختلفی شناخته شوند که این مسئله در برخی از موارد، باعث بروز اشتباه خواهد شد.[۷] به عنوان مثال« استایروفوم[1]» نام یک نوع پلی‌استایرن انبساط یافته می‌باشد. این پلی‌مر عمدتاً به عنوان عایق به کار می‌رود، لذا استفاده از استایروفوم در بسته‌بندی صحیح نخواهد بود(واژه «یونولیت[2]» نیز مصداق همین اشتباه است). سلوفان[3] نامی تجاری برای سلولز اصلاح شده است که در سال ۱۹۳۰ انتخاب شد و این محصول تا سال ۱۹۵۰ به عنوان تنها ماده پلی‌مری شفاف که در بسته‌بندی به کار می‌رفت، شناخته می‌شد. در حالی که امروزه، استفاده از سلولز[4] اصلاح شده، بسیار ناچیز می‌باشد و لذا استفاده از کلمه سلوفان برای فیلم‌های شفاف، کاملاً اشتباه خواهد بود[5]. ساختار چند لایه، ماده‌ای مرکب است که از ترکیب سطوح دو یا چند لایه حاصل می‌شود. اغلب ساختارهای چندلایه، در اصل برای افزایش قدرت یا استحکام طراحی شده بودند. امروزه مواد گوناگونی که در دسترس هستند و فنّاوری‌های مختلفی که برای ترکیب این مواد وجود دارند، اغلب ساختارها را برای ارایه خواص کاربردی ویژه‌ای امکان‌پذیر می‌سازند.[۸]

دو یا چند ماده را می‌توان با یکدیگر ترکیب کرد و ساختارهای مختلفی به دست آورد. هر چند کیفیت‌های کارکردی مورد نیاز و هزینه‌ی ترکیب مواد، در عمل دامنه‌ی کار را محدود می‌کند. (شکل ۳) خواص لایه‌ها اغلب در ساختارهای نهایی با یکدیگر ترکیب می‌شوند و ممکن است با خواص عامل ترکیبی تکمیل شوند. بیشترین مواد مورد استفاده و خواص منتقل شده به ساختارها را می‌توانید در(جدول۱) مشاهده کنید[6].

1- Styrofoam
2- Unolit
3- Selofan
4- Cellulose
5- Briston J.H., Katan L. L,1989; Piringer 0.G., Baner A. L;2000
6- Sweeting J. 0,1968; Driver W.E ,1979; Hiemenz P.C., 1984;Athalye A.S ,1992

شکل ۳- پر کردن مواد غذایی در پاکت‌ها به روش دستی

۵- فرایند اجرای پاستوریزاسیون به روش EMI

پس از انتخاب نوع لفاف، در مرحله‌ی اول، خوراک گوشت مرغ و گوساله پس از پخت، داخل این نوع پاکت پر شد و در مرحله‌ی دوم، نمونه‌ها به صورت خورش قیمه و قورمه سبزی بودند که داخل این نوع پاکت بسته‌بندی گردیدند. البته لازم به ذکر است جهت استریل این فرآورده‌های غذایی از روش‌های مرسوم در صنایع غذایی استفاده نشده است[7] و با توجّه به آنکه پژوهشگران علم غذا، همواره به دنبال روش‌هایی بوده‌اند که آنان را به ایده‌آل‌های صنعت نزدیک سازد، تیم تحقیق بر آن شد تا از یک روش غیرحرارتی[8] با توجّه به مزایای فوق‌العاده‌اش استفاده نماید. کاربرد الکترومغناطیس به عنوان یک پدیده نوین در سابقه‌ی صنعت غذایی نشان می‌داد که علاوه بر حفظ خواص کمی و کیفی محصول، از حیث اقتصادی نیز موجب صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف انرژی و هزینه‌ها خواهد شد[9]، لذا تصمیم گرفته شد تا از روش EMI برای این منظور استفاده نمایند.[۹]

7- Dunn J.E., Pearlman J.S. ,1989
8- Nonthermal
9- Datta A. K., et al,1991; Datta A. K., et al,1992; Datta A. K., et al,1994; Zand N,2010; Zand N,2011

جدول ۱- معرفی برخی پلی‌مرهای مورد استفاده برای بسته‌بندی مواد غذایی

مخفف	نام کامل و ژنریک	نام‌های تجاری و جایگزین
BOPP	Biaxial oriented polypropylene	Aclar
CTFE	Clorotrifluoroethylene	
CPET	Crystallized PET	Elvax
EEA	Ethylene-ethyl acrylate	EVOH
EPS	Expanded polystyrene	
EVA	Ethylene-vinyl acetate	
EVAL	Ethylene-vinyl alcohol	
HIPS	High impact polystyrene	
LDPE	Low-density polyethylene	
LLDPE	Linear low- density polyethylene	
OPP	Oriented polypropylene	
MPE	Metallocene polyethylene	
PA	Polyamide	nylone
PAN	Polyacrylonitrile	
PEN	Poly(ethylene naphthalate)	
PC	Polycarbonate	
PE	Polyethylene	
PET	Poly(ethylene terephthalate)	polyester.Mylar
PETG	Poly(ethylene terephthalate) glycol	
PP	Polypropylene	
PS	polystyrene	
PTFE	Polytetrafluoroethylne	Teflon
PVAC	Poly(vinyl acetate)	PVA
PVAL	Poly(vinyl alcohol)	PVOH
PVC	Poly(vinyl chloride)	
PVDC	Poly(vinylidene chloride)	Saran

تمام پلی‌مرهایی که در(جدول ۱) آمده است جزء پلی‌مرهای ترموپلاستیک پرمصرف می‌باشد.

۵-۱- اساس کار

اساس کارکرد این دستگاه با توجّه به این که تمامی ذرّات موجود در طبیعت دارای یک رزونانس[1] خاص ارتعاشی می‌باشند، با اندازه‌گیری این رزونانس و القاء با یک میدان مغناطیس با فرکانس 2-15GHz و ولتاژ 5-40KV، میکروارگانیسم از حالت رزونانس خارج شده و خواص آن کاملاً متفاوت خواهد بود. در این میدان، میکروارگانیسم‌ها را با شکاف دادن دیواره سلولی آن‌ها نابود می‌کنند و سرعت نابودی میکروارگانیسم‌ها با افزایش شدّت میدان مغناطیسی و زمان تماس ماده غذایی با میدان الکترومغناطیسی افزایش می‌یابد[2].

مشخصات و ویژگی‌های مؤثر در فرآیند الکترومغناطیسی:

ایجاد شدّت خاصی از میدان الکتریکی پالسی می‌تواند میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها را نابود کند که به این شدّت خاص، حد آستانه می‌گویند. براساس نظریه انقطاع دی الکتریک، میدان الکتریکی خارجی یک اختلاف پتانسیل الکتریکی در غشاء سلولی القاء می‌کند که به پتانسیل انتقال غشایی[3] معروف است. وقتی که پتانسیل انتقال غشایی به حد آستانه و یا بحرانی برسد، منافذی در غشاء سلول ایجاد می‌کند و در نتیجه، نفوذپذیری در غشای سلول افزایش می‌یابد. چنانچه اگر قدرت میدان الکتریکی خارجی مساوی و یا کمی بیشتر از حد بحرانی باشد، تغییر ایجاد شده در غشای سلولی، قابل برگشت است و حد آستانه پتانسیل انتقال غشایی به نوع میکروارگانیسم و محیطی که در آن قرار دارد، بستگی دارد.[۱۰]

مشخصه‌های استفاده از این دستگاه عبارتند از:

۱. ایزوله بودن کامل محیط و کاربر نسبت به سامانه انرژی(کنترلر اتومات میزان انرژی مصرفی).

۲. مجهّز بودن سامانه به سنسور[4] هوشمند تشعشع الکترومغناطیسی.

۳. طراحی و نصب دو دستگاه باکتومتر[5] بر روی سامانه.

٤. کنترل هوشمند[6].

۵. مجهّز بودن دستگاه به سامانه هوشمند عیب‌یاب.

٦. بهره‌مندی از رایانه کمکی برای کنترل عملکرد دستگاه در مواقع بروز خطا.

۷. CIP[7] تمام هوشمند PLC[8].

۸. عدم ارتباط الکتریکی و فیزیکی المان‌های دستگاه با مواد غذایی.

۹. دارای دبی 100~2500 CC/sec .

۱۰. کل توان مصرفی 7~21Kw.

در سامانه‌های مدل، اثر سایر عوامل بر ترکیبات تشکیل‌دهنده محیط به حداقل می‌رسد. فرآیند استفاده از میدان‌های الکتریکی در سامانه‌های مدل را می‌توان جهت مواد غذایی حقیقی حاوی چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها[9] و سایر ترکیبات به‌کار برد. سیل[10] و همیلتون[11] میکروارگانیسم‌های اشریشیاکلی[12]، میکروکوکوس لایزودیکتیکوس سارسینالوته[13]، باسیلوس سوبتیلیس[14]، باسیلوس سرئوس[15]، باسیلوس مگاتریوم[16]، کلستریوم ولشای[17]، ساکارومایسس سرویسیه[18] و کاندیدایوتیلس[19](محیط کشت حاوی اکثر میکروارگانیسم‌های گوشت و مرغ است) معلّق شده در

1- Resonance
2- Mudgett R. E. 1982 ; Mudgett R.E., Schwartzberg H. G. 1987; Metaxas R., Meredith R. J, 1988
3- Trans membrane potential
4- Sensor
5- Bactometer
6- Micro processor
7- Cleaning in place
8- Programmable logic controller
9- Carbohydrate
10- Cyl
11- Hamilton
12- Escherichia coli
13- S.lutea
14- Bacillus subtilis
15- Bacillus cereus
16- B.megaterium
17- Cl.welchi
18- Saccharomyces cervisiae
19- Candida utilis

محلول خنثی کلرید سدیم[1] را در شدّت میدانی بین 25-5 kv/cm قرار دارند و پالس‌های القایی به شکل مستطیلی کوتاه با زمان(50- 500KHZ)2-20Msec و فواصل طولانی بین پالس‌ها، افزایش دما را به حداقل می‌رساند. ساکارومایسس سرویسیه حساس‌ترین و میکروکوکوس لایزودیکتیکوس مقاوم‌ترین آن به میدان می‌باشد. [۱۱] در طی فرآیند، محیط الکترولیز[2] می‌شود؛ امّا تأثیری بر نحوه‌ی عملکرد دستگاه ندارد. در فرکانس زیر GH20 امواج به شکل مربعی دارای بیشترین تأثیر هستند[3].در آزمایشات انجام شده بر روی آبمیوه‌ها به خصوص آب سیب و آب پرتقال توسط میدان‌های الکترومغناطیسی به این نتیجه رسیده‌اند که نه تنها ترکیبات شیمیایی ویتامین تغییر نکرده بلکه به لحاظ طعم و مزه نیز با آبمیوه تازه قابل مقایسه است حتّی زمانی که به مدّت ۱۰ روز در شرایط یخچال مانده است.[۱۲] در حالی که آبمیوه پس از ٤ روز مقبولیت خود را از دست می‌دهد. البته این روش بر ویتامین گروه A و گروه C اثری نداشته است و همچنین در این دسته از آب‌میوه‌ها غلظت کلسیم[4]، منیزیم[5]، سدیم و پتاسیم[6] به شدّت کاهش یافته است. هر چند حضور سدیم و پتاسیم در محیط فرآیند، اثری بر سرعت غیر فعال شدن میکروبی ندارد در حالی که کاتیون‌های[7] دو ظرفیتی منیزیم و کلسیم نوعی نقش حفاظتی در مقابل فرآوری با میدان الکتریکی ایفا می‌کنند[8].در فرآوری مواد غذایی به کمک میدان‌های مغناطیسی ممکن است، حرارت تولید شود. به همین منظور در داخل سامانه، وسیله‌ای جهت خنک کردن تعبیه می‌شود. قوی‌ترین میدان الکتریکی که می‌توان در محفظه ایجاد نمود 30KV/cm می‌باشد. در میدان‌های قوی‌تر از این میدان، سبب تجزیه هوای بالای نمونه غذایی می‌شود. کاربرد پالس‌های مربع مستطیلی(پله) معمولاً دارای تأثیر بهتری می‌باشند. سرعت غیر فعال شدن میکروب‌ها در میدان الکتریکی پالسی با افزایش دما، اختلاف پتانسیل بحرانی، مقاومت غشاء و الاستیسیته[9] غشاء برای تغییر شکل از حالت طبیعی به حالت مسطح کاهش می‌یابد و سرعت غیر فعال شدن میکروارگانیسم‌ها زیاد می‌شود[10].[۱۳]

دی‌مترو[11] معتقد است تجزیه غشاء در میدان الکتریکی به دلیل خواص ویسکوالاستیک[12] آن می‌باشد و به نظر می‌رسد که غشاء در سه مرحله تجزیه می‌شود[13]:

۱) افزایش نوسانات سطح غشاء.

۲) تجدید آرایش مولکولی که باعث عدم پیوستگی غشاء می‌شود.

۳) گسترش منافذ که موجب تجزیه مکانیکی سلول می‌شود.

٦- نتیجه گیری

با اعمال فرآیند پاستوریزاسیون برای میکروب‌زدایی غذاهای سنتی ایران مانند: برنج، خورش قیمه و قورمه سبزی و خوراک مرغ، نتیجه‌ی مثبت حاصل شد. این نتیجه‌ی مثبت همراه با افزایش زمان ماندگاری در زمان نگه‌داری این مواد غذایی موجب گردید تا شرایط لازم برای مقادیر عوامل مؤثر در عملکرد این روش نظیر مقدار فرکانس، ولتاژ، حرارت، زمان نگه‌داری بسته در میدان مغناطیسی و جنس بسته‌ها تثبیت گردند. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌ها در شرایط مزوفیل و ترموفیل پس از بسته‌بندی و اجرای فرآیند EMI بر آن‌ها، کاملاً سلامت بسته‌ها و افزایش زمان ماندگاری در محیط معمولی را تأیید می‌نمایند.

1- Chloride sodium
2- Electrolyte
3- McElhaney R.N, Souza K.A. ,1976; Knorr D., el al,1994; Kotnik T., Miklavcic D,2000
4- Calcium
5- Magnesium
6- Potassium
7- Cation
8- Jayaram S., Castle G.S.P, 1992; Neumann E.,et al, 1998; Kotnik T., Miklavcic D,2000
9- Elasticity
10- Kummrow M., Helfrich W,1991
11- Dimetor
12- Viscoelastic
13- Metaxas R., Meredith R. J.,1988 a,b ,Mortazavi A.,et al, 2002 b

آزمایشات ذائقه‌پذیری انجام شده بر روی نمونه‌ها پس از گذشت زمان ماندگاری توسط گروه‌های برگزیده به روش تصادفی و اخذ نظرات مصرف‌کنندگان این مواد غذایی در مورد طعم، رنگ، بو، مزه و بافت آن‌ها نیز حفظ این خواص پس از اعمال فرآیند EMI را تأیید می‌کنند.

۷- منابع

1. Bindu I.,Srinivasa Gopal T.K., Unnikrishnan Nair T.S. "Ready-to-eat mussel processed in retort pouches for the retail and export market". packaging technology and science. volume 17, Issue 3,–p.113-117, 2004.
2. Institute of standards and industrial research of Iran (ISIRI) No 2326, Canned food - specification and test methods, 1 nd .Revision, Karaj – IRAN, 2003a.
3. Institute of standards and industrial research of Iran (ISIRI), No 3139, Low acid canned food –Causes of microbial spoilage,1 nd .Revision, Karaj – IRAN, 2003b.
4. Institute of standards and industrial research of Iran (ISIRI), No 8758, Pre packaged and prepared foods. Chopped meat's can. Specifications and test methods,1 nd. Revision, Karaj – IRAN, 2003c.
5. Institute of standards and industrial research of Iran (ISIRI), No 3191, Flexible pouches, 1 nd .Revision, Karaj – IRAN, 2005.
6. Jay J.M., Vilai J.P., Hughes M.E. "Profile and activity of the bacterial biota of ground beef held from freshness to spoilage at 5 - 7 1C. Int". J. Food microbial., 81, – p. 105 -1113, 2003.
7. Mortazavi A., Kasshani N. M., Ziaolhagh H. "Food microbiology (W.C.Frazier)".1 rd edition, Ferdowsi University Press, – p. 209 – 297, 2002.
8. Mortazavi A., Motamed Z., Ziaolhagh A. H., "Nonthermal preservation of food". 2 rd Edition, ferdowsi university Press, – p. 85 – 274, 2002.
9. Ozdemir M. "Food packaging lecture notes". Gebze institute technology, Gebze kocaeli, turkey, – p. 101 – 143, 2001.
10. Piringer 0.G., Baner A. L. "Plastic Packaging (Interactions with food pharmaceuticals)". WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim, Germany, p. 68 – 243, 2008.
11. Piyasena P., Dussault C., Koutchma T., Ramaswamy H.S., Awuah G.B. "Radio frequency heating of foods: principles, applications and related properties-a review". Crit. Rev. Food Sci. Nutr.43,– p. 587 – 600, 2003.
12. Yang R.J., Li S.Q., Zhang Q.H. "Effects of pulsed electric fields on the activity of enzymes in aqueous solution". J. Food Sci. 69, –p. 241 – 248, 2004.
13. Zand N., Foroudi F., Mailova E. and V.Voskanyan A. "Combination of high frequency electromagnetic fields with pre heat to inactivate mesophil microorganisms of flexible packed cooked chick and cooked chick meal". African Journal of microbiology research. Vol. 4(23), – p. 2468-2478, 2010 b.

آدرس نویسنده

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