معرفی روش‌های جدید پروسس برقی گوشت و محصولات گوشتی

پوهنیار نصیراحمد سروری

دیپارتمنت تکنالوژی و حفظ‌الصحه مواد غذایی، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان
ایمیل: nasirsarwary97@gmail.com

چکیده

از آن‌جایی‌که گوشت به سرعت فاسد می‌شود، نگهداری آن به‌مدت طولانی بدون تغییرات نامطلوب توسط روش‌های سنتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بناءً، با استفاده از تکنالوژی‌های جدید می‌توان امکان نگهداری طویل‌تر و باکیفیت‌تر را فراهم نمود. پروسس برقی در سال‌های اخیر شاهد پیشرفت‌های تکنالوژیکی زیادی بوده است. تحریک برقی (Electrical stimulation) و جریان میدان‌های برقی (Pulsed electric fields) تکنالوژی پروسس برقی هستند که به‌عنوان روش غیرحرارتی طبقه‌بندی می‌شوند؛ زیرا اثرات اصلی آن‌ها به‌دلیل افزایش حرارت در ماده‌ی غذایی نیست. تحریک برقی یک تکنالوژی اساسی در تکنالوژی گوشت است. درحالی‌که گرمایش مایکروویف و گرمایش با فرکانس رادیویی کاربردهای تجاری موفقی در گرم کردن، یخ‌زدایی گوشت‌ها و پختن دارند. گرمایش اهمیک احتمالاً در آینده شاهد کاربردهای بیشتری خواهد بود زیرا هزینه‌ی کم‌تر و جایگزینی با انرژی کارآمدتر برای تکنالوژی مایکروویف و فرکانس رادیویی است.

اصطلاحات کلیدی: گوشت؛ نگهداری؛ پروسس برقی؛ کیفیت؛ حرارت

Introducing New Methods of Electroprocessing in Meat and Meat Products

Jr. Teaching Asstt. Nasir Ahmad Sarwary

Department of Food technology & Hygiene, Faculty of Veterinary Sciences, Kabul University, Kabul, Afghanistan
Email: nasirsarwary97@gmail.com

Abstract

Thus, meat spoils quickly, it is not possible to preserve it for a long time without undesirable changes by traditional methods. Therefore, by using of new technology, it is possible to provide longer and better-quality maintenance. Electroprocessing has seen many technological developments in recent years. Electrical stimulation (ES) and pulsed electric fields (PEF) are electroprocessing technologies categorized as non-thermal method, as their main effects are not due to an increase in temperature within the foodstuff. Electrical stimulation is an established technology in meat processing, while microwave heating and radio frequency heating have successful commercial applications in tempering, defrosting of meats and cooking. Ohmic heating is likely more applicable in the future as it has lower cost and more energy-efficient alternative to microwave and radio frequency technologies.

Keywords: Meat; Preservation; Electroprocessing; Quality; Temperature

مقدمه

گوشت یکی از مهم‌ترین منابع پروتیین حیوانی محسوب می‌شود. گوشت غنی از پروتیین‌های ارزش‌مند که حاوی امینواسیدهای ضروری برای بدن (چون در بدن انسان ساخته نمی‌شود) مانند: هیستیدین، ایزولوسین، لوسین، متیونین، تریپتوفان و هم‌چنین چربی‌ها که به‌عنوان یک منبع انرژی‌زا برای بدن محسوب شده و حاوی اسیدهای چرب مانند: نیلولئیک اسید، لینولنیک اسید و ارشیدونیک اسید می‌باشند و مواد معدنی مانند: فاسفات‌ها، سلفات‌ها و ویتامین‌ها به‌خصوص ویتامین‌های گروپ B و کاربوهایدریت (گلایکوجن) است. نگهداری گوشت با مهار رشد مایکروارگانیزم‌ها، کندسازی فعالیت انزایمی و جلوگیری از اکسیدیشن اسیدهای شحمی که باعث ترشیدگی می‌شوند، صورت می‌گیرد. عوامل زیادی بالای مدت زمان نگهداری محصولات گوشتی با حفظ مصوونیت و کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد (۱).

معرفی تکنالوژی‌های پروسس برقی

در عملیات پروسس مواد غذایی، انرژی برقی را می‌توان مستقیماً به مواد غذایی اعمال کرد (به‌عنوان مثال؛ گرمایش اهمیک، تحریک برقی یا جریان میدان‌های برقی) یا تبدیل به انرژی الکترومقناطیسی (مانند فرکانس رادیویی یا شعاع مایکروویف) که به نوبه‌ی خود می‌تواند با غذاها تعامل برقی داشته باشد. این انرژی برقی به‌طور کلی باعث حرکت تحت‌حجروی در غذاها می‌شود که می‌تواند منجر به گرمایش قابل توجه (یعنی گرمایش برقی) شود و هم‌چنین می‌تواند برای اعمال مواد غذایی جهت ایجاد تغییرات ساختاری با حداقل حرارت شود (به‌عنوان مثال اعمال غیرحرارتی) (۲).

جدول ۱: خلاصه شرایط پروسس برقی و کاربرد آن در پروسس غذا (۲)

	تکنالوژی	شرایط پروسس و کاربردها
غیرحرارتی	تحریک برقی (ES)	• ولتاژ-پایین (۱۰۰V≥ اوج) • ولتاژ-متوسط (۳۰۰V≥ اوج) • ولتاژ-بالا (بالاتراز V ۱۱۴۳ اوج) کاربرد: گوشت گاو و بره (تسریع شروع شخی)
	جریان میدان های برقی	استفاده ولتاژهای بسیار بالا DC (۱۰۰۰۰۰V≥) با جریان کوتاه در تکرارهای بالاتر از (۱۰۰۰ Hz) برای زمان کوتاه (اکثراً ۱> ثانیه). کاربرد: نفوذپذیری غشای حجروی که منجربه غیرفعال شدن میکروبی و اختلال در حجره می‌شود که می‌تواند برای تسریع انتقال مورد استفاده قرار گیرد (مثال: عصاره، پختن، خشک کردن)
حرارتی (گرمایش‌برقی)	گرمایش اهمیک (OH)	۵۰۰-۵۰ V مستقیماً با تکرار Hz ۵۰-۲۵۰۰۰ به مواد غذایی اعمال می‌شود. کاربرد: پروسس حرارتی و گرمایشی غذاها
	گرمایش فرکانس رادیویی (RF)	انرژی برقی به انرژی مقناطیسی تابشی RF با فرکانس ISM بین ۱۳,۶-۴۰,۷MHz تبدیل می‌شود. کاربرد: پروسس حرارتی و گرمایشی غذاها
	گرمایش مایکروویف (MW)	انرژی برقی به انرژی مقناطیسی تابشی MW در فرکانس ISM بین ۸۹۶ و ۲۴۵۰MHz تبدیل می‌شود. کاربرد: پروسس حرارتی و گرمایشی غذاها

پروسس غیرحرارتی برقی گوشت

تحریک برقی (Electrical Stimulation) و جریان میدان‌های برقی (Pulsed Electric Field) تکنالوژی‌های پروسس برقی هستند که به‌عنوان روش‌های غیرحرارتی طبقه‌بندی می‌شوند؛ زیرا اثرات اصلی آن‌ها افزایش حرارت داخل ماده‌ی غذایی نمی‌باشد (۲).

۱. تحریک برقی (Electrical stimulation)

تحریک برقی به‌عنوان یک عملیه‌ی پروسس شامل عبور جریان برق از لاشه‌ی حیوانات تازه‌ذبح شده است و به‌طور گسترده از دهه‌ی ۱۹۵۰ به بعد برای تسریع شروع جمود نعشی و برای اصلاح‌سازی مراحل گلایکولایتیک استفاده می‌شود که تحریک برقی از طریق تسریع شخی بعد از مرگ می‌تواند به‌طور قابل توجهی در لاشه‌ی حیوانات گوشتی پدیده‌ی سرد شدن را کوتاه کند و در نتیجه عدم سفت شدن گوشت را کاهش دهد. تحریک برقی باعث پایین آمدن سریع pH گوشت توسط تجزیه‌ی گلایگوجن به لکتیک اسید می‌گردد که در نتیجه‌ی پایین آمدن pH گوشت، اکثر باکتری‌ها در گوشت از بین می‌روند (۳).

پروسس تحریک برقی (ES) برای اولین بار در نیوزیلند در دهه‌ی ۱۹۷۰میلادی توسعه یافت. و امروزه تحریک برقی (ES) به‌عنوان یک روش کاربردی شناخته شده است (۴). که عمدتاً در صنایع گوشت گاو و بره استفاده می‌شود. بر اساس برخی مطالعات تحریک برقی (ES) در گوشت خوک نیز کاربرد دارد. اگر تحریک برقی (ES) به درستی و همراه با سایر روش‌های کشتار و سرد کردن استفاده شود؛ از رنگ پریدگی، نرمی و ترشح آب‌گوشت جلوگیری می‌کند. انگیزه‌ی اصلی تجاری کاربرد این روش تسریع تردی برش‌های گوشت و کاهش تنوع در کیفیت خوراکی گوشت می‌باشد. تحریک برقی شامل عبور جریان متناوب برقی از طریق لاشه‌ی یک حیوان تازه‌ذبح‌شده برای تسریع روند شخی لاشه از طریق دو مرحله می‌باشد. در طول تحریک، ماهیچه‌ها به شدت منقبض می‌شوند و سرعت گلایکولایز را با کاهش سریع (pH) عضله افزایش می‌دهند (۵).

پس از تحریک، توسط حرارت و ولتاژ تغییر در سرعت کاهش pH رخ می‌دهد. اثرات بیوکیمیایی و فزیکی(ES) در مورد حساسیت گوشت گاو و گوسفند به‌طور گسترده توسط هوانگ و همکاران در سال ۲۰۰۳ میلادی مورد بررسی قرارگرفت. اثر تردکنندگی (ES) به (الف) ضعیف شدن فایبرهای عضلاتی در نتیجه‌ی اختلال در شبکه مایوفیبریلار توسط انقباضات شدید عضلاتی ایجاد می‌شود، (ب) افزایش فعالیت پروتئیزهای اسیدی، (ج) حقیقتاً لاشه‌های تحریک‌شده‌ی برقی سریع‌تر و در

حـرارت بالاتر وارد سختی مـی‌شوند که متعاقباً سرعت تردی را تسریع می‌کند و از تحریک ناشی از سرما جلوگیری می‌کند (٦).

طیف وسیعی ویژه‌گی‌های دیگر کیفی گوشت از جمله رنگ گوشت، ثبات رنگ و خواص اتصال به آب نیز تحت تأثیر این مداخله‌ی لاشه قرار مـی‌گیرد. گزینه‌های پروسس/درمان (ES) به‌طور سنتی به تحریک ولتاژ پایین (Low Voltage Stimulation، معمولاً حداکثر ۱۰۰≤ ولت) و تحریک ولتاژ بالا (High Voltage Stimulation، معمولاً بلندتر از ۱۱۴۳ ولت) طبقه‌بندی می‌شوند. اگرچه روش جدیدی در استرالیا بر اساس ولتاژ متوسط توسعه داده شده است که تحریک ولتاژ متوسط (Medium Voltage Stimulation، نقطه اوج ۳۰۰ ولت) با استفاده از فرکانس‌های متناوب می‌باشد (۷).

هر دو نوع تحریک دارای مزایا و معایب نیز می‌باشند. اگرچه فرض بر این است که یک ولتاژ بسیار بالا جهت به تأخیر انداختن خون‌روی و تحریک برقی نیاز است. طیف گسترده‌یی از ترکیبات برای پارامترهای ES (یعنی ولتاژ، جریان برقی و عرض پالس، تعداد، قطبیت، شکل موج و فرکانس) در حال حاضر وابسته به نیازهای خاص بازار در کشتارگاه‌ها اعمال می‌شود (۸).

جدول۲: کاربرد تکنالوژی (ES) در گوشت حیوانات مختلف (۳)

نوع	ولتاژ مورد استفاده
بره/گوسفند	۲۵۰ / ۳۶۰۰
بز	۱۰۰
گوساله	۳۲ / ۳۰۰
گاومیش	۷۰۰
فیلمرغ ماده	۵۷۰
مرغ بریانی	۴۵۰
گاووزن	۹۵
شتر (لاما)	۳۰۰
خوک	۱۱۰ / ۵۵۰

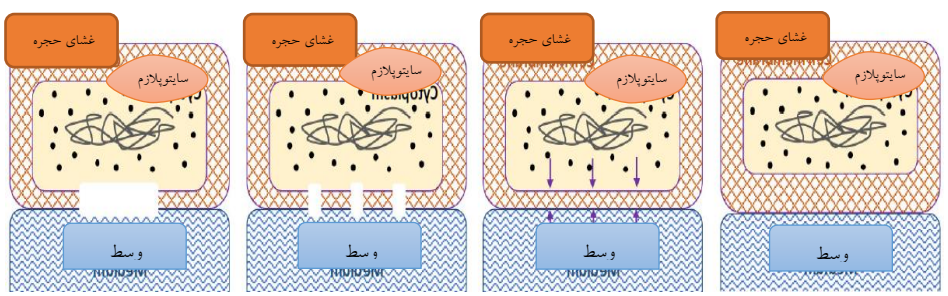
۲. جریان میدان برقی با استفاده از ولتاژ بالا (High-voltage pulsed electric fields)

برخلاف تحریک برقی، جریان میدان برقی (Pulsed Electric Field) یک تکنالوژیی است که در اصل برای رفع نیازهای صنعت گوشت توسعه نیافته است. ولی در سال‌های اخیر علاقه به‌کاربرد جریان میدان برقی(PEF) در پروسس گوشت افزایش یافته است که این تکنـالوژی می‌تواند باعث تغییرات

کوچک ساختاری در گوشت شود و در نتیجه خواص عمل‌کـردی و کیفی گوشت را تقویت بخشد (۱۰،۹).

تکنالوژی PEF را می‌توان در محصولات گوشتی برای اهداف مختلف از جمله افزایش نفوذ حجروی برای افزایش تردی گوشت، کاهش بار میکروبی گوشت جهت افزایش موعد نگهداری و حفظ مواد مفر گوشت در زمان ذخیره‌سازی به‌کار برد. تکنالوژی PEF می‌تواند به‌طور قابل توجهی آزادسازی انزایم و گلایکولایز را بهبود بخشد که در نتیجه باعث پروتیولایز شده و برای تردی گوشت ضروری است (۱۱).

تأثیر کشندگی PEF به عوامل مختلفی مانند قدرت میدان الکتریکی، زمان درمان، هم‌چنین به خود میکروارگانیزم، حرارت درمان و ویژگی‌های محیط بستگی دارد. به‌طور کلی، افزایش تعداد جریان غیرفعال‌سازی میکروبی را افزایش می‌بخشد، اما هم‌چنین می‌تواند باعث گرم شدن قابل توجه محصول شود. هنگامی‌که جریان میدان برقی اعمال شده از مقدار عادی به حالت بحرانی فراتر می‌رود، این عمل باعث پارگی حجره میکروارگانیزم می‌شود و منافذ بزرگی قرار شکل (۱) در غشای حجره به‌دلیل افزایش شدت میدان برقی و یا مدت زمان جریان ایجاد می‌شود (۱۲).



الف: غشای حجروی دست نخورده | ب: فشرده سازی غشا | ج: شکست برگشت پذیر غشا | د: شکست غیر قابل برگشت با منافذ بزرگ

شکل ۱: حجره باکتری در حالات مختلف شدت میدان برقی. الف: (عدم PEF)، ب: (شدت کم PEF)، ج: (شدت متوسط PEF)، د: (شدت بحرانی PEF) (۱۲)

جهت غیـــرفعال‌ســازی حجرات میکروبی بزرگ‌تر به قـــدرت میدانی کم‌تر نیاز اسـت ولی برعکس جهت غیرفعال‌سازی حجرات کـــوچک میکروبی به قدرت میدانی شدیدتر نیاز است. علاوه براین، حجرات در فاز رشد خود نسبت به حجرات مشابه در فاز تأخیری یا ساکـن حساس‌تر هستند (۱۲).

(PEF) شامل تولید یک میدان برقـی بین دو الکترود است که شکاف درمان محفظه (PEF) در محصول قرار می‌گیرد. این میدان برقی به‌طور مستقیم با بزرگـی اختلاف پتانسیل (V) و با فاصله (cm) بین الکترودهـا نسبت معکوس دارد و مسئول نفوذپذیری برگشت‌پذیر/غیرقابل برگشـت غشای حجروی است. در این مورد، مطمئناً

یک جریان برقی در سطح مقطع محصول ایجاد می‌شود، اگرچه این اثر اصلی نیست. از نظر پارامترهای پروسس، (PEF) با جریان‌های ولتاژ بالا با مدت زمان در محدوده‌ی میکروثانیه تا ملی‌ثانیه برای تولید میدان‌های برقی با قدرت‌های مختلف نظربه هدف خاص استفاده می‌شود (۱۰،۹).

بنابراین، توجه به پیچیدگی ساختار و اندازه‌ی یک حجره ماهیچه اسکلیتی در مقایسه با یک حجره میکروبی یا گیاهی مهم پنداشته شده است؛ چون‌که پروسس تبدیل ماهیچه به گوشت و هم‌چنین تنوع باالقوه در مواد خام بیشتر است. هدف کاربرد (PEF) در گوشت و محصولات گوشتی تمرکز بالای قطع ساختار حجروی برای تأثیرگذاری بر رسیدگی و افزایش انتقال عظیم برای (الف) تسریع حذف آب در طول خشک شدن، (ب) تسریع در جذب محتوا مانند عوامل پخت، ادویه‌ها و تقویت‌کننده‌های طعم، (ج) افزایش انتشار مالیکولی در عوامل اتصالی آب (Water-binding) برای اصلاح ویژگی‌های اتصال آب است. اگر (PEF) روی گوشت اعمال شود و جریان میدان برقی از میزان بحرانی فراتر رود، می‌تواند بر فایبرهای عضلاتی تأثیر بگذارد و در نتیجه باعث بهتر شدن کیفیت ویژگی‌های کاربردی گوشت؛ مانند تردی، رنگ و ظرفیت نگهداری آب شود (۱۰).

جدول ۳: خلاصه‌ی اطلاعات جدید از تحقیقات منتشر شده در مورد کاربرد (PEF) در گوشت و محصولات گوشتی (۲)

عضله	قوه میدان برقی(kV/cm)	تعداد جریان	وسعت جریان	دفعات(Hz)	انرژی(kJ/kg)	حرارت(°C)
سینه مرغ	۱,۳۶	۴۰	۲	م ن	م ن	اطاق
ماهیچه دست گاو	۳,۵	۱۰۰	م ن	۲۰	م ن	م ن
شانه و ران خوک	۰,۵-۵	بالاتر از ۱۱۱۱۱	۴۰۰-۱۰	متفاوت	۲۵-۱	م ن
سینه مرغ	۳,۷۵-۱۵	۱۵۰-۵۰	۱۰	۵	م ن	۴
لگن خاصره	۱,۱-۲,۸	۳۰۰-۱۵۲	۲۰	۲۰۰-۵	۲۲۵,۸-۱۲,۷	۴
کمر و ماهیچه ران	۰.۲۷-۰,۵۶	بالاتر از ۲۷۲۶	۲۰	۹۰-۲۰	بالاتر از ۷۳,۲	م ن
بالای کمر(بین کمر و گردن)	۰,۲-۰,۵۶	۱۵۲۸-۳۰	۲۰	۵۰-۱	۳۴,۳۳-۰,۰۵	۴
لگن خاصره	۱,۴	۱۰۳۲	۲۰	۵۰	۲۵۰	۴
بالای کمر(بین کمر و گردن) خوک	۱,۲-۲,۳	۳۰۰-۱۵۰	۲۰	۲۰۰-۱۰۰	م ن	۴
بالای کمر(بین کمر و گردن)گاو	۱,۴	۶۰۰-۳۰۰	۲۰	۱۰	۵۰-۲۵	۴
سینه خام و منجمد فیلمرغ	۳-۱,۱	۳۰۰-۱۰۰	۲۰	۱۱۰-۵	۱۹۴-۱۱	۴ و ۱۸-
کمر و ماهیچه ران گاو	۱۰-۵	م ن	م ن	۹۰-۲۰	م ن	م ن
کمر و ماهیچه ران گاو	۰,۵۶-۰,۲۸	۲۷۲۴-۶۰۷	۲۰	۹۰-۲۰	۷۰,۱-۳,۲	۲۴
کمر گاو	۰,۷۳-۰,۵۸	م ن	۲۰	۹۰	۱۹,۳-۱۶,۲	
کمر و ماهیچه ران گاو	۰,۵۸-۰,۵۰	مجموعه	۲۰	۹۰	م ن	
کمر و ماهیچه ران گاو	۰,۴۸-۰,۳۲	درمان های PEF	۲۰	۹۰	۷۰,۸-۱۷,۵	

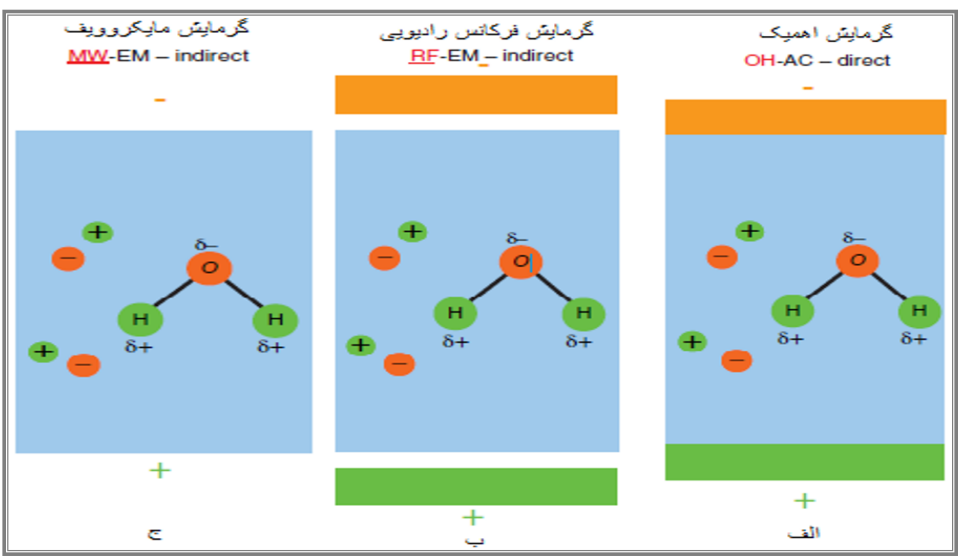
*م ن (مشخص نشده)

پروسس حرارتی برقی گوشت

گرمایش اهمیک (Ohmic Heating)، گرمایش مایکروویف (Microwave) و گرمایش فرکانس رادیویی (Radio Frequency) تکنالوژی‌های پروسس برقی هستند که حرکت قابل‌توجهی را در سطح میکرومالیکولی یک ماده‌ی غذایی القا می‌کنند و اثر قاطع آن تولید حرارت ناشی از اصطکاک است. بررسی تحقیقات علمی کنونی و نشریه ۱۸۳۸م نشان می‌دهد که به‌ترتیب ۳,۲٪، ۱۲,٦٪ و ۸۴,۲٪ از این انتشارات مربوط به (OH)، (RF) و (MW) تکنالوژی‌های گوشت است. از نظر تعداد انتشارات در سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۷۳، برای گرمایش میگاوات تقریباً ۱۰-۲۰ نشریه وجود داشت. ولی این تعداد از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۷ و نیز از این سال به بعد به‌طور چشم‌گیری به ۹۰-۱۱۰ نشریه در سال افزایش یافته است که هریک اهمیت این تکنالوژی را بیان می‌کند (۲).

میکانیزم‌های گرمایشی

(OH) اصطلاحی است که برای توصیف گرمایش مستقیم مقاومت برقی محصولات غذایی استفاده می‌شود درحالی‌که گرمایش (MW) و (RF) شامل تبدیل انرژی برقی به شعاع الکترومقناطیسی است که به نوبه‌ی خود با محصول تعامل می‌کند و منجربه تولید حرارت می‌شود. شکل (۲) تفاوت بین این تکنالوژی‌ها را نشان می‌دهد که در سه مستطیل پایین برای محصولات گوشتی نمایش داده شده است و سه نکته‌ی اصلی در مورد این نمودار به شرح زیر است:



شکل۲: تصویری از تفاوت‌های کاربردی بین گرمایش اهمیک، فرکانس رادیویی و مایکروویف(۲)

(الف) فرکانس Hz ۵۰-۲۵۰۰۰ (کم‌ترین). (ب) فرکانس MHz ۴۰,۷-۱۳,٦ (متوسط). (ج) فرکانس MHz ۸۹٦-۲۴۵۰ (بالاترین).

EM (Electromagnetic waves) امواج الکترومقناطیسی و AC (Alternating current) جریان متناوب را نشان می‌دهند.

محصول شکل (۲ الف) به‌صورت اهمیک گرم می‌شود. محصول شکل (۲ ب) توسط تابش (RF) گرم می‌شود درحالی‌که محصول در شکل (۲.ج) توسط تابش (MW) گرم می‌شود (۲).

(OH) شامل عبور جریان برقی از یک محصول غذایی است (بنابراین، تماس مستقیم الکترود و محصول ضروری است یا محصول باید در بسته‌بندی مناسب هادی برق بسته‌بندی شود تا جریان به ماده‌ی غذایی عبور کند). در شعاع (RF) و (MW)، انرژی برقی به شعاع الکترومقناطیسی تبدیل می‌شود. این شعاع به نوبه‌ی خود از طریق یک جفت الکترود که محصول را لمس نمی‌کنند، در گرمایش (RF) یا از طریق یک حفره‌ی کوره در گرمایش (MW) به محصول اعمال می‌شود و گرمایش (RF) و (MW) می‌توانند به بسته‌بندی نفوذ کنند. هر سه تکنالوژی میدان‌های برقی با نواحی مثبت و منفی را تولید می‌کنند که آیون‌های جداشده و نواحی چارچ‌دار دو قطبی را جذب/دفع می‌کنند. این اصطکاک ناشی از حرکت دوقطبی‌ها و یا آیون‌ها است که منجربه تولید حرارت می‌شود (۲).

۱. گرمایش اهمیک

میکانیزم‌های اصلی غیرفعال‌سازی میکروبی در گرمایش اهمیک ماهیت حرارتی این تکنالوژی است که در نتیجه‌ی یک میکانیزم تقسیم برقی (Electroporation) خفیف در جریان گرمایش اهمیک رخ می‌دهد و دلیل اصلی تأثیر درمان اهمیک فرکانس پایین آن (۵۰-۶۰ هرتز) می‌باشد که به دیوارهای حجروی باکتری نفوذ کرده و باعث تشکل منافذ می‌گردند (۱۳).

گرمایش اهمیک اصطلاحی است که برای توصیف گرمایش مستقیم با مقاومت برقی محصولات غذایی استفاده می‌شود. این یک تکنالوژی است که جایزه دست‌آورد صنعتی مؤسسه تکنالوژی‌های غذایی ایالات متحده را در سال ۱۹۹۶ دریافت کرد و موضوعی است که بسیاری از مقالات مروری و محبوب در مورد آن منتشر شده‌اند. کاربردهایی که برای گرمایش اهمیک پیشنهاد شده‌اند، عبارتند از: استریل کردن محصولات یک‌فازی و چندفازی، پاستورایزیشن، افزایش محصول تولیدی، پیش درمان برای افزایش سرعت خشک شدن، غیرفعال‌سازی انزایم، ذوب، آشپزی و غیره (۱۱).

گرمایش اهمیک در صنایع غذایی شامل استفاده از انرژی برقی برای گرم کردن مواد غذایی به‌عنوان یک روش نگهداری است که به نوبه‌ی خود می‌تواند برای غیرفعال کردن میکروبی یا چندین پروسه‌ی دیگر؛ مانند پاستورایزیشن، استخراج، آب‌گیری و ذوب یخ‌زدگی استفاده شود (۱۳).

پاستورایزیشن گوشت و محصولات گوشتی یک بخش عمده‌ی گرمایش اهمیک است. به‌طور سنتی یا پاستورایزیشن تجاری محصولات گوشتی در یک ظرف مناسب (یعنی شیشه، فلز یا پلاستیک) قرار گرفته، سپس در آب داغ غوطه‌ور شده یا در اجاق بخار قرار می‌گیرد. در هر دوی این نوع پروسس حرارت از طریق‌هادی از سطح بیرونی محصول به داخل آن منتقل می‌شود که در نتیجه می‌تواند منجربه

گرم شدن بیش از حد نواحی بیرونی محصول در حین انتظار برای رسیدن فضای داخلی به حرارت مناسب شود که به نوبه‌ی خود می‌تواند کیفیت و ارزش غذایی محصول را کاهش دهد. ولی در مقابل گرمایش اهمیک به‌صورت حجمی اتفاق می‌افتد که از نظر تئوری به این معنی است که تمام قسمت‌های محصول کم و بیش هم‌زمان و با سرعت یک‌سان گرم می‌شوند. این امر تا حد زیادی از گرم شدن بیش از حد در نواحی بیرونی محصول جلوگیری می‌کند و به‌طور باالقوه می‌تواند کیفیت و ارزش غذایی محصول را افزایش دهد و در عین حال زمان پخت را کاهش دهد. این به نوبه‌ی خود می‌تواند منجربه تولید محصولات با کیفیت تغذیه‌یی و بهبود یافته شود (۱۴).

۲. گرمایش مایکروویف

گرمایش با فرکانس بالا به‌حیث پروسس حرارتی در نظر گرفته می‌شود که باعث نوسان در مالیکول‌های آب، اصطکاک و تولید حرارت می‌شود. کاربرد مایکروویف با فرکانس ۴۰,۶۸MHz، ۴۳۳MHz، ۹۱۵MHz، ۲۴۵۰MHz و ۵۸۰۰MHz در محصول مجاز است. شعاع میکانیزمی برای گرم کردن گوشت توسط انرژی الکترومقناطیسی است (۱۴).

جذب انرژی مایکروویف می‌تواند حرارت غذاها را به سرعت افزایش دهد، میکروارگانیزم ها را غیرفعال کند و پاستورایز یا تعقیم را انجام دهد. مطالعات نیز نشان داده اند که اثر حرارتی در از بین بردن میکروارگانیزم‌ها ضروری است. اثرات این تکنالوژی بالای میکروارگانیزم‌ها شامل: اثر حرارتی بالای میکروارگانیزم‌ها، پارگی غشای حجره و پارچه نمودن حجرات به‌دلیل جذب انرژی الکترومقناطیسی اند (۱۵).

وقتی الکترون‌های اتوم از حالت انرژی بالاتر به حالت پایین‌تر حرکت می‌کنند، انرژی را به‌صورت امواج ارسال می‌کنند که این امواج دارای سطح انرژی و فرکانس یک‌سان نیستند. تشعشعات الکترومقناطیسی با انرژی کم‌تر (مایکروویف، رادیو) به‌صورت امواج بسیار طولانی با فرکانس‌های بین ۳۰۰MHz تا ۳۰۰GHz رخ می‌دهد و برخلاف تشعشعات گاما و ایکس، انرژی غیرآیونایز (MW) برای حرکت اتوم‌های یک مالیکول کافی است؛ اما نمی‌تواند مرزهای کیمیایی آن را تغییر دهد. هم‌چنین (MW) اساساً با سرعت امواج نور حرکت می‌کنند (۱۶).

براساس گـزارشات اخیر باکتری‌هـای ذیل توسط گرمایش مایکروویف غیرفعال مـی‌شوند: باسیلوس ســـــرئوس، کمپیلوباکتر جیجونی، کلاستریدیوم پرفرنجنس، اشـــــریشیا کولای، انتروکوک، لیستریا مونوسیتوجنز، استافیلوکوکوس اورئوس و سالمونیلا (۱۵).

۳. گرمایش فرکانس رادیویی

گـرمایش فرکانس رادیویی (RF) یک تکنـالوژی پیشرفته و نوظهور برای کاربرد مواد غذایی به‌دلیل عمق نفوذ بالاتر، توزیع حرارت و پایین بودن مصرف انرژی آن است. به‌همین دلیل، (RF) برای تعقیم کردن، پاستورایز کردن و ضد عفونی کردن مواد غذایی وارد صنایع غذایی شده است (۱۶).

گرمایش فرکانس رادیویی از جمله روش‌های جدید کاربردی جهت پاستورایزیشن و تعقیم کردن گوشت است که با ایجاد حرارت بلند میکروارگانیزم‌ها را غیرفعال ساخته و از بین می‌برد. فعالیت میکروب‌ها توسط کنترول حرارت به درجات متفاوت می‌تواند پیش‌گیری شود که مفیدترین و قدرت‌مندترین روش برای محافظت از گوشت و محصولات گوشتی است. از جمله روش‌های حرارتی ملایم؛ مانند پاستورایز کردن می‌توانند برای غیرفعال کردن بیشتر میکروارگانیزم‌ها بدون ایجاد تلفات قابل توجه در خواص ارگانولپتیک و مواد مغذی گوشت اعمال شوند. برای انجام کشندگی تمام میکروب‌ها، عملیات حرارتی تعقیم کردن در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای غیرفعال کردن تک-تک حجرات رویشی، از جمله میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا به‌کار می‌رود (۱۷).

حرارت فرکانس رادیویی از طریق ترکیبی از گرمایش دوقطبی و حرارت مقاومت برقی حاصل از حرکت آیون‌های محلول موجود در غذا ایجاد می‌شود. قراری‌که در جدول (۴) نوع کاربرد گرمایش فرکانس رادیویی ذکر شده است (۱۸).

میکانیزم گرمایش فرکانس رادیویی طوری است که مالیکول‌های درون یک محصول قرار داده شده در یک محیط (RF) خود را در پاسخ به واکنش اعمال شده مجدداً جهت‌گیری می‌کنند (۲۷ میلیون بار در ثانیه در ۲۷MHz). این پاسخ در اثر گرمایش حجمی، اصطکاک بین مالیکول‌ها در تمام محصول ایجاد می‌کند. بنابراین، به‌طور انتخابی فقط محصول را گرم می‌کند و هوا یا تجهیزات اطراف آن گرم نمی‌شود (۱۹).

جدول۴: انتشارات پس از سال ۲۰۰۳، ارائه ویژه‌گی دای‌الکتریک فرکانس‌های رادیویی در محصولات گوشتی (۱۸)

نوع محصول	فرکانس (MHz)	حرارت (^{O}C)
گوشت ماهی	۰,۰۱-۱۲۰	۷۰-۹۰
ماهیچه‌های گوشت گاو	۲۷.۱۴	۵-۹۰
گوشت سینه مرغ	۲۷.۱۲	۷۴

* (MHz) میگاهرتز

نتیجه‌گیری

روش‌های سنتی پروسس گوشت معمولاً توام با ضایعات و تغییرات کیفی در گوشت است. لذا برای رفع این معضلات تکنالوژی‌های جدید با کارآیی‌های بیشتر و ویژگی‌های منحصر به‌خود ایجاد و پیشرفت داده شده است تا محصول با کیفیت بهتر و زمان بیشتر نگهداری شده بتواند و هم‌چنان انرژی کم‌تر مصرف شود.

۱. تحریک برقی (ES) گوشت یک تکنالوژی اساسی در پروسس گوشت است.
۲. گرمایش مایکروویف (MW) و گرمایش فرکانس رادیویی (RF)، برنامه‌های تجاری موفق بوده که جهت یخ‌زدایی، گرم‌سازی و پخت در گوشت انجام می‌شوند.
۳. پروسس جریان میدان برقی گوشت (PEF) از نظر انرژی برای تردی، تسریع خشک کردن و جلوگیری از فساد گوشت به‌کار می‌رود.
۴. گرمایش اهمیک (OH) از جمله تکنالوژی‌های است که احتمالاً کاربردهای بیشتری را در آینده جهت پروسس حرارتی گوشت خواهد داشت؛ زیرا هزینه‌ی کم‌تری دارد و انرژی مؤثر بیشتری نظربه تکنالوژی‌های مایکروویف و فرکانس رادیویی دارد.

منابع

(1) Pal, M. and Dervani, M. Application of Various Techniques for Meat Preservation. Journal of Experimental Food Chemistry. 2018; 2-6.

(2) Cummins, E.J. and Lyng, J. Electroprocessing of Meat and Meat Products. Emerging Technololologies in Meat Processing. 2017; 103-104, 107-108, 111-113.

(3) McCarthy, D.B. Meat and Meat processing. Nova science publishers. 2017; 133, 145.

(4) Hallund, O. and Bendall, J.R. Long-term effect of electrical stimulation on post mortem fall of pH in muscles of landrace pigs. Journal of Food Science. 1965; 30, 296.

(5) Hwang, I.H., Devine, C.E. and Hopkins, D.L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. Meat Science. 2003; 65, 677–691.

(6) Simmons, N.J., Daly, C.C., Cummings, T.L. et al. reassessing the principles of electrical stimulation. Meat Science. 2008; 80, 110–122.

(7) Pearce, K.L., Hopkins, D.L., Williams, A. et al. Alternating frequency to increase the response to stimulation from medium voltage electrical stimulation and the effect on objective meat quality. Meat Science. 2009; 81, 188–195.

(8) Devine, C.E., Hopkins, D.L., Hwang, I.H. et al. Electrical stimulation, in Encyclopedia of Meat Sciences, 2nd edn (eds M. Dikeman and C. Devine), Academic Press, Elsevier, USA,. 2014; pp. 486–496.

(9) Alahakoon, A.U., Faridnia, F., Bremer, P.J., Silcock, P. and Oey, I. Pulsed Electric Fields Effects on Meat Tissue Quality and Functionality. Handbook of Electroporation. 2016;p. 2.

(10) Faridnia, F., Bekhit, A.E.D., Niven, B. and Oey, I. Impact of pulsed electric fields and post-mortem vacuum ageing on beef longissimus thoracis muscles. International Journal of Food Science and Technology. 2014; 49, 2339–2347.

(11) Syed, Q.A., Ishaq, A., Rahman, U. and Shukat, R. Pulsed electric field technology in food preservation: a review. Journal of Nutritional Health & Food Engineering. 2017; 168-172.

(12) Gomez, B., Munekata, P.E., Gavahian, M., Barba, F.J., Martiquijal, F.J., Bolumar, T., et al. Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries. Food Research International. 2019; 95-105.

(13) Mitelut, A., Popa, M., Geicu, M., et al. Ohmic treatment for microbial inhibition in meat and meat products. Journal of Romanian Biotechnological Letters. 2011; 149-152.

(14) Lyng, J. and McKenna, B. Ohmic pasteurization of Meat and Meat products. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery. 2007; 553.

(15) Valsechi, O.A., Horii, J. and Angelis, D., THE EFFECT OF MICROWAVES ON MICROORGANISMS. Journal of Research gate. 2020; 399-404.

(16) Yarmand, M.S. and Homayouni, A. Microwave Processing of Meat. Journal of Research Gate. 2014; 107-134.

(17) Rebezov, M., Chughtai, M.F., Mehmood. T., et al. Novel Techniques for Microbiological Safety in Meat and Fish Industries. Journal of MDPI. 2021; 1-21.

(18) Jojo, S. and Mahendran, R. Radio Frequency Heating and Its Application in Food Processing. International Journal of Current Agricultural Research. 2013; Vol. 1, No. 9, PP. 042-046.

(19) Lyng, J.G., Cronin, D.A., Zell, M. and Morgan D.J. Electro-heating of meat and meat products: ohmic and radiofrequency applications. *ICoMST Proceedings*, Copenhagen. 2009; 03.