

آماده انتشار

راهکار های نوین برای کاهش مقدار نمک سدیم مصرفی در فرآورده های گوشتی

ثنا محمدی^۱، سجاد پیرسا^{۲*}، فرزاد میراب توپچی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

st_sana.mohammadi@urmia.ac.ir

*۲- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

s.pirsa@urmia.ac.ir

کد ارکید: 0000-0002-6182-8798

۳- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

f.mirab@urmia.ac.ir

میزان مشارکت نویسندگان:

محمدی: گردآوری، نویسنده، پیرسا شیروانه ده: ویرایش، بازخوانی، میراب توپچی: گردآوری، نویسنده

Authors' Information

Sana Mohammadi¹, Sajad Pirsa^{2*}, Farzad Mirab Topchi³

1- M.Sc. Student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Email: st_sana.mohammadi@urmia.ac.ir

*2- Full Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Email: Pirsa7@gmail.com; S.pirsa@urmia.ac.ir

ORCID iD: 0000-0002-6182-8798

3- Ph.D. Candidate, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Email: f.mirab@urmia.ac.ir

Authors' Contributions:

Mohammadi: Data collection, Writing

Pirsa: Editing, Reviewing

Mirab Topchi: Data collection, Writing

Innovative Strategies for Reducing Sodium Salt in Processed Meat Products: A Review

Abstract

Excessive salt consumption, especially in the form of sodium chloride (NaCl), is a major contributor to serious health problems such as high blood pressure, cardiovascular diseases, stroke, and kidney disorders. In light of this, global health organizations have issued recommendations to reduce salt intake in diets. One of the main sources of salt in daily food intake comes from processed meat products such as sausages, cold cuts, and hamburgers. Therefore, reducing sodium levels in these products has become a key priority in public health. However, removing or reducing salt in meat products poses significant technical challenges due to its vital functional roles. Salt not only plays a key role in providing desirable flavor in these products but also in moisture retention, increasing the extractability of myofibrillar proteins, controlling the growth of microorganisms, and creating the appropriate structure and texture. The innovation of this article lies in exploring novel strategies for reducing sodium and using salt alternatives in meat products, particularly by examining modern technologies such as Nanocapsulation, ultrasound waves, and cold plasma. This article specifically addresses mineral and organic salt substitutes, flavor enhancers, and modern processing technologies, analyzing the challenges of each.

Keywords: Flavor enhancer, Salt substitute, Sodium chloride, Cold plasma

راهکار های نوین برای کاهش مقدار نمک سدیم مصرفی در فرآورده های گوشتی

چکیده

مصرف بیش از حد نمک، به ویژه به صورت کلرید سدیم (NaCl)، یکی از عوامل اصلی بروز مشکلات جدی سلامت از جمله افزایش فشار خون، بیماری های قلبی عروقی، سکتة مغزی و اختلالات کلیوی به شمار می رود. با توجه به این مسئله، سازمان های بهداشتی در سطح جهانی توصیه هایی را در راستای کاهش مصرف نمک در رژیم غذایی ارائه داده اند. یکی از منابع اصلی دریافت نمک در سبد غذایی روزانه، محصولات گوشتی فرآوری شده مانند سوسیس، کالباس و همبرگر هستند. بنابراین، کاهش میزان سدیم در این محصولات به یکی از اولویتهای مهم در حوزه سلامت عمومی تبدیل شده است. با این حال، حذف یا کاهش نمک در محصولات گوشتی به دلیل نقش های عملکردی حیاتی آن، با چالش های فنی قابل توجهی روبروست. نمک نه تنها عامل اصلی ایجاد طعم مطلوب در این فرآورده ها است، بلکه در نگهداری رطوبت، افزایش قابلیت استخراج پروتئین های میوفیبریلی، کنترل رشد میکروارگانیسم ها، و همچنین ایجاد ساختار و بافت مناسب نقش مهمی ایفا می کند. هدف از پژوهش حاضر بررسی استراتژی های نوین کاهش سدیم و استفاده از جایگزین های نمک در فرآورده های گوشتی، به ویژه بررسی فناوری های نوین همچون نانوکپسولاسیون، امواج فراصوت و پلاسمای سرد است. این مقاله به طور خاص به جایگزین های نمک معدنی و آلی، تشدیدکننده های طعم و فناوری های فرآوری مدرن پرداخته و چالش های هر یک را تحلیل می کند.

کلمات کلیدی: تشدید کننده طعم، جایگزین نمک، سدیم کلرید، پلاسمای سرد

محصولات گوشتی نمونه‌ای غنی از پروتئین‌های با کیفیت و منابع مهم ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند که نقش حیاتی در تامین نیازهای تغذیه‌ای بدن دارند. با این حال، مصرف متعادل و کنترل شده آنها برای حفظ سلامت قلب و جلوگیری از بیماری‌های مزمن اهمیت دارد (۱). در سال‌های اخیر، هشدارهای جدی در مورد پیامدهای نامطلوب مصرف بالای سدیم بر سلامت جامعه، به ویژه در رابطه با مشکلاتی مانند بیماری‌های قلبی، فشار خون و سکت‌های مغزی مطرح گردیده است (۲).

این مقاله به بررسی استراتژی‌های نوین کاهش سدیم در فرآورده‌های گوشتی پرداخته و از طریق ارزیابی چالش‌ها و فرصت‌های موجود، سعی در معرفی راهکارهای نوآورانه دارد. در ادامه، موضوعاتی همچون جایگزین‌های نمک معدنی، کاربرد فناوری‌های نانو و فراصوت، و استفاده از مواد طبیعی برای بهبود طعم و کیفیت در فرآورده‌های گوشتی بررسی خواهند شد. نوآوری اصلی این تحقیق در معرفی و تحلیل فناوری‌ها و جایگزین‌های جدید نمک است که نه تنها به کاهش سدیم کمک می‌کنند بلکه بر حفظ یا بهبود کیفیت حسی و فنی محصولات تأثیر می‌گذارند. سازمان بهداشت جهانی و دستورالعمل‌های غذایی برای ساکنان چین (۲۰۲۲) توصیه می‌کنند که مصرف نمک روزانه یک بزرگسال نباید از ۵ گرم تجاوز کند (۳). از آنجا که محصولات گوشتی فرآوری‌شده از مهم‌ترین منابع دریافت سدیم در تغذیه روزمره به شمار می‌روند، تلاش برای کاهش میزان نمک در این فرآورده‌ها به دغدغه‌ای مهم برای صنعت غذا و پژوهشگران این حوزه تبدیل شده است (۴). سدیم کلرید در محصولات گوشتی کارکردهای متنوعی دارد؛ از جمله تقویت عطر و طعم، افزایش مدت نگهداری، بهبود ساختار و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها (۵). از این رو، کاستن از مقدار نمک یا جایگزینی آن بدون افت کیفیت محصول، مسئله‌ای پیچیده برای تولیدکنندگان محسوب می‌شود که برای رویارویی با این مشکل، راهکارهای جدیدی ابداع شده است که برخی از آن‌ها شامل استفاده از جایگزین‌هایی مانند پتاسیم کلرید به جای نمک معمولی، افزودن مواد بهبوددهنده طعم، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته مانند فرآیند فشار بالا (HPP)، میدان الکتریکی پالسی (PEF) و امواج فراصوت (US)، و همچنین تغییر در ساختار نمک هستند (۲). این روش‌ها با هدف کاهش سدیم، بدون تأثیر منفی بر کیفیت و مقبولیت محصول نزد مصرف‌کننده طراحی شده‌اند. هدف این مقاله بررسی استراتژی‌های نوین و جایگزین‌های مناسب برای نمک در فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی است، به‌طوری‌که تغییرات قابل توجهی در ویژگی‌های نهایی محصول ایجاد نشود. این استراتژی‌ها شامل استفاده از ترکیبات معدنی مانند کلرید پتاسیم، تشدیدکننده‌های طعم نظیر عصاره مخمر و مونوسدیم گلوتمات، و تکنولوژی‌های نوینی همچون

فرآیند فشار بالا و اولتراسونیک است که می‌تواند به کاهش میزان نمک، حفظ طعم و بهبود ماندگاری فرآورده‌های گوشتی کمک کنند.

نقش نمک در فرمولاسیون فرآورده های گوشتی

نمک یا کلرید سدیم یکی از اصلی‌ترین اجزای فرمولاسیون در فرآورده های گوشتی به شمار می‌رود که دارای نقش های چندگانه و اساسی در کیفیت، ایمنی، بافت، طعم و پذیرش مصرف کننده است. این ترکیب نه تنها به عنوان یک عامل طعم دهنده شناخته می‌شود بلکه دارای عملکردهای تکنولوژیکی و میکروبیولوژیکی پیچیده‌ای در ساختار محصولات گوشتی است (۶). نخستین و مهم ترین نقش نمک در فرآورده های گوشتی کاهش فعالیت آبی محیط (aw) و افزایش ماندگاری محصول با روش خارج کردن آب از محیط سلولی باکتری (تاثیر اسمزی) است که مانع رشد بسیاری از میکروارگانیسم های بیماری زا و فسادزا مانند سالمونلا، استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا می‌شود (۷). در محیط هایی که غلظت نمک به ۱۰ درصد یا بالاتر می‌رسد، رشد بسیاری از باکتری ها متوقف می‌شود که این موضوع به‌ویژه در فرآورده های حرارت دیده و آماده مصرف مانند سوسیس، اهمیت زیادی دارد (۸). علاوه بر نقش نگهداری محصول، نمک سدیم نقش اساسی در ایجاد طعم و تنظیم مزه نهایی محصول گوشتی دارد که با افزایش طعم شوری و با کاهش تلخی و تقویت درک سایر مزه‌ها مانند شیرینی و اومامی، به متعادل سازی پروفیل طعمی کلی محصول کمک می‌کند (۹). همچنین، نمک کلرید سدیم از طریق شرکت در واکنش‌های شیمیایی خاص از جمله واکنش‌های اکسیداتیو کنترل‌شده، منجر به ایجاد ترکیبات طعمی فرار می‌گردد که در ایجاد عطر و طعم نهایی محصول نقش بسزایی دارند (۷). در غلظت های پایین تر نیز نمک سدیم از طریق کاهش فعالیت آبی و تثبیت ساختار پروتئینی اطراف چربی‌ها با محدود کردن دسترسی اکسیژن باعث کند شدن فعالیت اکسیداسیون می‌شود که مانع از فعالیت اکسیداسیونی روغن شده و از تولید ترکیبات نامطلوبی نظیر پراکسیدها، آلدهیدها و کتون‌ها جلوگیری می‌کند (۶). در بعد ساختاری، نمک نقش کلیدی در استخراج و عملکرد پروتئین‌های میوفیبریلی دارد. پروتئین‌هایی مانند اکتین و میوزین در حضور نمک به شکل محلول درمی‌آیند و پس از حرارت‌دهی، ساختار ژلی تشکیل می‌دهند که باعث افزایش چسبندگی، یکنواختی، قوام و بافت نهایی سوسیس می‌شود علاوه بر این، حضور نمک در سیستم باعث افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته آبی و در نتیجه کاهش حرکت آزاد قطرات چربی می‌شود، که این نیز به پایداری مکانیکی و حرارتی امولسیون گوشت در طول فرآوری و پخت کمک می‌کند (۱۰).

مضرات و چالش های کاهش نمک سدیم

میزان مصرف سدیم به طور متوسط بسیار بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت (۲ تا ۵ گرم در روز) است، به طوری که در برخی کشورها این عدد به بیش از ۱۲ گرم در روز می رسد. حدود ۲۰ درصد از کل سدیم مصرفی در رژیم غذایی روزانه از فرآورده های گوشتی حاصل می شود، که عمده آن مربوط به افزودن سدیم کلرید در فرآورده های گوشتی است (۴). مصرف بیش از حد آن با پیامدهای منفی جدی برای سلامت انسان همراه است که بر اساس یافته ها، مصرف بالای نمک سدیم یکی از مهم ترین عوامل خطر در رژیم غذایی است که به طور مستقیم با بیماری های قلبی-عروقی، فشار خون بالا، سکته مغزی، فیبریلاسیون دهلیزی و حتی برخی انواع سرطان نظیر سرطان کبد مرتبط است. همچنین، مطالعات نشان داده اند که کاهش جهانی مصرف نمک می تواند سالانه جان میلیون ها نفر را نجات دهد (۶). مصرف زیاد سدیم کلرید در محیط هایی با رطوبت کم یا فرآورده های گوشتی خشک شده نیز می تواند موجب تجمع مواد مضرمانند آمین های بیوژنیک (که توسط باکتری های فاسد کننده در شرایط کم نمک رشد می کنند) شود، این ترکیبات بالقوه سمی هستند و می توانند اثرات منفی بر سلامت مصرف کننده داشته باشند (۸). همچنین در غلظت های بالای کلرید سدیم می تواند با افزایش دسترس پذیری یون های فلزی که نقش کاتالیزگر در اکسیداسیون دارند، به تشدید فرآیند پراکسیداسیون لیپیدها منجر شود که باعث کاهش کیفیت حسی محصول به ویژه در طول نگهداری می شود. کاهش مستقیم مقدار سدیم کلرید در فرآورده های گوشتی می تواند پیامدهای منفی متعددی داشته باشد چرا که یکی از مهم ترین این اثرات، افزایش رشد میکروارگانیسم های ناسازگار و فسادزا است. در واقع، سدیم کلرید به عنوان یک عامل بازدارنده رشد میکروبی عمل می کند و کاهش آن می تواند محیط مناسبی را برای رشد باکتری های مضر فراهم کند (۴). از سوی دیگر، نقش سدیم در ساختار و بافت فرآورده های گوشتی نیز بسیار حائز اهمیت است که زمانی سدیم کاهش می یابد بدنبال آن استحکام، چسبندگی، آبداری و یکنواختی بافتی محصول افت پیدا می کند. همچنین در شرایط کم نمک، فعالیت پروتئازها افزایش یافته و این امر ممکن است منجر به تخریب بیش از حد ساختار پروتئینی شود، که در نهایت باعث نرمی بیش از حد و از بین رفتن قوام مناسب فرآورده می گردد (۱۱). از این رو، در ادامه مطالب به بررسی و توسعه ترکیبات جایگزین برای سدیم کلرید پرداخته می شود که بتوانند ضمن کاهش محتوای سدیم، ویژگی های کیفی، حسی و میکروبی محصول را حفظ یا حتی ارتقا دهند.

جایگزین های نمک برپایه مواد معدنی

توسعه محصولات غذایی با محتوای سدیم کمتر، در عین حال خوش طعم و مورد پذیرش مصرف کننده، یکی از اهداف کلیدی در مسیر ارتقای سلامت عمومی به شمار می رود. در این راستا، جایگزینی نمک سدیم با مواد معدنی غیر سدیمی نظیر پتاسیم کلرید، کلسیم کلرید و منیزیم کلرید، به عنوان یکی از مهم ترین استراتژی های کاهش نمک، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و صنایع غذایی قرار گرفته است (۱۲). با این حال، این ترکیبات معدنی جایگزین، دارای ویژگی های طعمی متفاوتی هستند که ممکن است بر درک شوری، تعادل طعم و به طور کلی بر مقبولیت حسی محصول تأثیرگذار باشند. از این رو، توصیف دقیق و درک صحیح از اثرات حسی این جایگزین ها در فرآورده های غذایی کاهش یافته از نظر سدیم، امری مهم محسوب می شود (۱۳). تجزیه و تحلیل توصیفی (Descriptive Analysis, DA) روش استاندارد برای توصیف پروفایل های حسی محصولات است که این روش امکان ارزیابی ویژگی هایی مانند شدت شوری، تلخی، طعم فلزی، تردی، آبداری و بوی خاص را فراهم می سازد لازم به ذکر است که در فرآیند خوردن و آشامیدن، خواص حسی غذاها به صورت پویا تغییر می کنند. جویدن، تماس با بزاق، دما و حتی ترتیب حسی در دهان، می توانند درک طعم را به طور معناداری دستخوش تغییر نمایند. در مورد جایگزین های معدنی نمک، این پویایی نقش تعیین کننده ای دارد؛ چراکه برخی از آنها در مراحل ابتدایی مصرف طعم مطلوبی ایجاد می کنند، اما پس مزه های تلخ یا فلزی آنها در ادامه ممکن است بر تجربه کلی طعم تأثیر منفی بگذارد (۱۲). همچنین نمک سدیم مسئول خواص بافتی مطلوب گوشت های فرآوری شده است زیرا ظرفیت نگهداری آب و خواص اتصال پروتئین ها را افزایش می دهد بنابراین مواد معدنی جایگزین با نمک طعام باید بتواند ویسکوزیته خمیر گوشت را افزایش می دهد و ترکیب چربی را برای تشکیل خمیر های گوشتی پایدار در برابر حرارت تسهیل می کند (۱۳). در ادامه به جایگزین های نمک های معدنی بدون سدیم پرداخته می شود.

کلرید کلسیم

جایگزین های معدنی نمک طعام مانند کلسیم کلرید (CaCl_2) یکی از روش های مفید برای تولید فرآورده های گوشتی کم سدیم محسوب می شود. یکی از مزایای اصلی استفاده از کلسیم کلرید، کاهش میزان سدیم موجود در محصولات گوشتی است که به بهبود سلامت عمومی مصرف کنندگان کمک می کند. افزون بر آن، افزایش محتوای کلسیم در محصول نهایی می تواند نقش مثبتی در بهبود کیفیت تغذیه ای داشته باشد. Barros و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند در محصولاتی مانند ناگت مرغ، جایگزینی بخشی از نمک سدیم با کلسیم (تا حدود ۵۰ درصد) بدون تأثیر منفی محسوس بر ویژگی های

حسی و فیزیکوشیمیایی امکان پذیر است. همچنین، استفاده از مقادیر کنترل شده از CaCl_2 باعث حفظ ظرفیت نگه داشت آب، رنگ و بافت محصولات شده و از کاهش کیفیت حسی جلوگیری می کند. آن ها نشان دادند جایگزینی ۷۵ درصد کلرید سدیم می تواند ۳۴ درصد سدیم در ناگت مرغ را با افزایش همزمان محتوای کلسیم (۱۰-۱۳۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) کاهش دهد نمونه های جایگزین شده تفاوت معنی داری با هم نداشتند و تنها روشنایی (L^*) با جایگزینی کلرید سدیم در ناگت های مرغ افزایش یافت (۱۴). با وجود مزایای ذکرشده، کاربرد کلسیم کلرید در غلظت های بالا با چالش هایی همراه است. یکی از مشکلات رایج، ایجاد طعم های نامطلوب تلخ و فلزی است که می تواند پذیرش مصرف کنندگان را کاهش دهد. همچنین، این ترکیب باعث افزایش فعالیت آنزیم های پروتئولیتیک می شود که منجر به تولید مقادیر بالاتری از آمینواسید های آزاد با طعم تلخ می گردد (۱۵). به طوری که Cittadini و همکاران (۲۰۱۹) در طی پژوهشی گزارش کردند که در محصولات مانند cecina، جایگزینی نمک طعام با کلرید کلسیم می تواند موجب تغییر رنگ محصول از جمله کاهش قرمزی و افزایش روشنایی شود و همچنین محتوای اسید آمینه های آزاد با کاهش سدیم کلرید افزایش یابد (۱۶). از دیگر آثار جانبی، می توان به افزایش اکسیداسیون لیپیدها اشاره کرد که باعث تولید ترکیبات فرار نامطلوب و کاهش کیفیت طعمی نهایی می شود (۱۵). به طور کلی، کلسیم کلرید می تواند به عنوان جایگزینی مؤثر برای نمک طعام در فرآورده های گوشتی به کار رود، به شرط آنکه میزان مصرف آن به طور دقیق تنظیم گردد. استفاده از این ترکیب در غلظت های پایین (کمتر از ۵۰٪ جایگزینی) می تواند بدون ایجاد تغییرات منفی محسوس در خواص فنی و حسی محصول، گامی مؤثر در جهت تولید محصولات سالم تر و کم سدیم باشد (۱۴).

پتاسیم کلرید

در سال های اخیر پتاسیم کلرید (KCl) است که به دلیل شباهت ساختاری با NaCl و عملکرد فنی مشابه، مورد توجه محققان و صنعتگران قرار گرفته است. پتاسیم کلرید از نظر ساختار یونی شباهت زیادی به سدیم کلرید دارد و قادر است بسیاری از نقش های تکنولوژیکی آن را ایفا کند. مطالعات نشان داده اند که جایگزینی بخشی از NaCl با KCl می تواند منجر به کاهش قابل توجهی در میزان سدیم محصول نهایی شود، بدون آنکه خواص فیزیکی یا شیمیایی آن به طور معناداری تغییر یابد (۶). همچنین جایگزینی نمک پتاسیم با سدیم در فرآورده های گوشتی منجر به اکسیداسیون پروتئین ها می شود که بدنبال آن محتوای تیول کاهش یافته و میزان کربونیل افزایش پیدا می کند (۱۲). بنابراین با دقت بر نسبت پتاسیم به سدیم در فرمولاسیون

می‌توان علاوه بر دستیابی به بافت و طعم مطلوب در فرآورده گوشتی به تاخیر انداختن اکسیداسیون چربی‌ها و لیپیدها کمک کرد (۶). علاوه بر نقش تکنولوژیکی، پتاسیم از جمله مواد معدنی حیاتی برای بدن انسان محسوب می‌شود که در فرآورده‌های مهمی نظیر حفظ فشار خون در محدوده نرمال، ایجاد تعادل الکترولیتی، عملکرد مناسب عضلات و بهینه‌سازی کارکرد کلیه‌ها نقش دارد. شواهد علمی نشان می‌دهد که افزایش میزان پتاسیم نسبت به سدیم در رژیم غذایی روزانه، می‌تواند به طور معناداری خطر بروز بیماری‌های قلبی-عروقی و سکته مغزی را کاهش دهد (۱۲).

منیزیم کلرید

منیزیم به عنوان یک ماده معدنی ضروری برای بدن، در فرآورده‌های متعددی از جمله فعال‌سازی آنزیم‌ها، انتقال عصبی، انقباض عضلات و تنظیم فشار خون مشارکت دارد. کمبود مزمن منیزیم در رژیم غذایی با افزایش خطر ابتلا به دیابت نوع ۲، سندرم متابولیک، بیماری‌های قلبی و اختلالات عصبی مرتبط دانسته شده است. بنابراین، غنی‌سازی مواد غذایی از جمله محصولات گوشتی با منیزیم، علاوه بر کاهش سدیم، می‌تواند مزایای تغذیه‌ای مهمی برای سلامت عمومی فراهم آورد (۱۶). از لحاظ خواص فیزیکی، حضور $MgCl_2$ در سطوح بالا می‌تواند باعث کاهش pH، افزایش افت وزن و کاهش قابلیت نگهداری آب شود که ممکن است منجر به بافتی سفت‌تر و کاهش آبداری در محصول نهایی گردد. بنابراین، استفاده از منیزیم کلرید به عنوان جایگزین سدیم کلرید در محصولات گوشتی، نیازمند تنظیم دقیق میزان مصرف و انتخاب ترکیب مناسب با سایر نمک‌های معدنی است تا از بروز مشکلات حسی و فنی جلوگیری شود (۱۲). به‌طور کلی، $MgCl_2$ می‌تواند نقش مؤثری در کاهش محتوای سدیم محصولات گوشتی و در عین حال افزایش دریافت منیزیم در رژیم غذایی ایفا کند. با این حال، تأثیر آن بر ویژگی‌های حسی، رنگ، اکسیداسیون و بافت محصول، به ویژه در غلظت‌های بالا، محدودیت‌هایی را برای استفاده صنعتی آن ایجاد می‌کند. به همین دلیل، به‌کارگیری آن به‌صورت ترکیبی با سایر نمک‌ها و یا در کنار فناوری‌های نوین مانند امواج فراصوت و بسته‌بندی فعال پیشنهاد می‌شود تا همزمان کیفیت محصول حفظ و جنبه‌های تغذیه‌ای آن بهبود یابد (۱۷).

جایگزین‌های نمک برپایه مواد آلی

در راستای کاهش مصرف سدیم در سوسیس، استفاده از جایگزین‌های مختلف بر پایه مواد آلی مانند پلی‌ال‌ها و دکستروز مورد توجه قرار گرفته است. پلی‌ال‌ها، از جمله سوربیتول، مانیتول و گلیسرول، معمولاً برای کاهش فعالیت آبی در فرآورده‌های

گوشتی به ویژه سوسیس استفاده می‌شوند. این ترکیبات به حفظ رطوبت و بافت فراورده های گوشتی کمک کرده و با کاهش نیاز به نمک، کیفیت نهایی محصول را بدون تغییر حفظ می‌کنند. کاهش فعالیت آبی در سوسیس علاوه بر جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها، به افزایش ماندگاری محصول نیز کمک می‌کند. همچنین دکستروز (گلوکز) به عنوان یک جایگزین مؤثر برای نمک، می‌تواند به بهبود طعم محصول و کاهش طعم شور آن کمک کند. دکستروز علاوه بر کاهش فعالیت آبی، به عنوان یک ماده نگهدارنده طبیعی عمل می‌کند و باعث افزایش ماندگاری محصولات گوشتی می‌شود. علاوه بر این، عصاره های طبیعی مانند عصاره مخمر و اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید لاکتیک می‌توانند طعم شور را به طور طبیعی تقویت کرده و به کاهش میزان نمک در سوسیس کمک کنند. به طور کلی، استفاده از پلی‌ال‌ها و دکستروز در سوسیس‌ها نه تنها باعث کاهش مصرف سدیم می‌شود، بلکه با حفظ ویژگی‌های حسی مانند طعم، بافت و ماندگاری، سوسیس‌های سالم‌تر و به صرفه‌تری برای مصرف‌کنندگان تولید می‌کند (۱۸، ۱۹).

استفاده از پلی‌ال‌ها و دکستروز در سوسیس می‌تواند به کاهش مصرف سدیم کمک کند، اما مصرف زیاد این مواد ممکن است موجب مشکلات گوارشی مانند نفخ و اسهال شود. همچنین، دکستروز ممکن است باعث افزایش قند خون شود که برای افراد دیابتی مناسب نیست. علاوه بر این، استفاده زیاد از این ترکیبات ممکن است طعم محصول را تغییر دهد. در این شرایط، مونوسدیم گلوتامات (MSG) به عنوان یک تشدیدکننده طعم می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. MSG طعم اومامی را تقویت کرده و بدون تأثیر منفی بر بافت، مصرف سدیم را کاهش می‌دهد. با این حال، مصرف آن باید در حد معقول باشد تا از بروز عوارض جانبی جلوگیری شود (۱۸، ۲۰).

نقش تشدیدکننده های طعم در کاهش نمک در فراورده های گوشتی

کاهش مصرف سدیم در رژیم غذایی به عنوان یک هدف مهم در بهبود سلامت عمومی مطرح است. فراورده های گوشتی فراوری شده از منابع اصلی سدیم در رژیم غذایی محسوب می‌شوند. با این حال، حذف یا کاهش نمک در این محصولات می‌تواند منجر به کاهش طعم، بافت و ماندگاری آن‌ها شود. برای مقابله با این چالش، استفاده از تشدیدکننده های طعم به عنوان یک راهکار مؤثر در کاهش محتوای نمک بدون افت کیفیت محصول مورد توجه قرار گرفته است. تشدیدکننده های طعم، موادی هستند که با تقویت طعم های موجود، به ویژه طعم شور، امکان کاهش سدیم را فراهم می‌کنند. ادراک طعم شور یک فرآیند

پیچیده است که نه تنها به حضور یون‌های سدیم در دهان بستگی دارد، بلکه تحت تأثیر مکانیسم‌های حسی-عصبی نیز قرار می‌گیرد. تشدیدکننده‌های طعم با استفاده از این مکانیسم‌ها می‌توانند شدت طعم شور را در محصولات با محتوای سدیم پایین‌تر افزایش دهند (۲۱).

یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های مورد بررسی، تعامل میان گیرنده‌های طعم شور و گیرنده‌های طعم اومامی در سطح جوانه‌های چشایی است. مطالعات نشان داده‌اند که ترکیباتی مانند مونو سدیم گلوتمات (MSG) و نوکلئوتیدهایی مانند گوانیلات و اینوزینات می‌توانند از طریق تحریک گیرنده‌های طعم اومامی، حساسیت فرد به طعم شور را افزایش دهند. این پدیده که به آن cross-modal enhancement گفته می‌شود، باعث می‌شود طعم شور حتی در غیاب سدیم کافی همچنان درک شود (۲۲). با این حال، استفاده از تشدیدکننده‌های طعم باید با دقت انجام شود تا از افزایش بیش از حد افزودنی‌ها در محصولات غذایی جلوگیری شود. همچنین، پذیرش مصرف‌کنندگان نسبت به این ترکیبات و نگرانی‌های مربوط به ایمنی آن‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. در ادامه به بررسی چندین مورد از تشدیدکنندگان طعم در فرآورده‌های گوشتی خواهیم پرداخت:

مونوسدیم گلوتمات (MSG)

مونوسدیم گلوتمات (MSG) به عنوان یک تشدیدکننده طعم مؤثر، نقش مهمی در کاهش مصرف سدیم در فرآورده‌های گوشتی ایفا می‌کند. این ماده با تقویت طعم اومامی، امکان کاهش نمک را بدون افت کیفیت حسی محصول فراهم می‌سازد. یکی از ویژگی‌های بارز MSG، محتوای سدیم پایین‌تر آن نسبت به نمک طعام است؛ به طوری که MSG حاوی حدود ۱۲٪ سدیم است، در حالی که نمک طعام حدود ۳۹٪ سدیم دارد. این ویژگی باعث می‌شود که جایگزینی بخشی از نمک با MSG منجر به کاهش قابل توجهی در مصرف سدیم شود بدون اینکه طعم محصول تحت تأثیر قرار گیرد (۲۳). مطالعات نشان داده‌اند که افزودن مونوسدیم گلوتمات به فرآورده‌های گوشتی می‌تواند تا ۴۰٪ از محتوای سدیم را کاهش دهد، در حالی که طعم و پذیرش مصرف‌کننده حفظ می‌شود. همچنین در تحقیقی که صورت گرفت مشخص شد که جایگزینی ۲.۵ گرم نمک با ۲.۰ گرم از این تشدیدکننده طعم در ۵۰۰ گرم غذا منجر به کاهش ۳۷٪ در محتوای سدیم شد (۲۴). با این حال، استفاده از مونوسدیم گلوتمات باید با دقت انجام شود چرا که مطالعات نشان داده‌اند که افزودن بیش از حد این ماده می‌تواند منجر به کاهش ویژگی‌های حسی مانند آبداری و نرمی در محصولات گوشتی شود. مصرف بیش از حد این ماده ممکن است به برخی

از مشکلات سلامت از جمله سردرد، تعریق زیاد، احساس سوزش یا فشار در ناحیه صورت، و در برخی موارد به ایجاد اختلالات گوارشی منجر شود. به همین دلیل، استفاده از MSG باید در حد مجاز (درفراورده های گوشتی بین ۰/۸ تا ۱ درصد وزن کل) و با توجه به استانداردهای بهداشتی انجام گیرد. (۲۵). بنابراین، تعیین میزان بهینه MSG در فرمولاسیون محصولات برای حفظ کیفیت ضروری است. در مجموع، MSG به عنوان یک ابزار مؤثر در کاهش مصرف سدیم در فرآورده های گوشتی مطرح است، به شرطی که به درستی و در مقادیر مناسب استفاده شود تا کیفیت و پذیرش محصول حفظ گردد.

عصاره مخمر (Yeast Extract)

عصاره مخمر (Yeast Extract) از مخمر *Saccharomyces cerevisiae* به دست می آید. این عصاره از طریق فرآیندهای اتولیز (Autolysis) یا هیدرولیز آنزیمی (Enzymatic Hydrolysis) سلولهای مخمر تولید می شود. عصاره مخمر حاوی ترکیبات متنوعی است که به بهبود طعم و ویژگیهای حسی کمک می کنند، از جمله: اسیدهای آمینه آزاد (مانند گلوتامیک اسید، آلانین، والین، و لیزین) که مسئول طعم هستند. ویتامینهای گروه B مانند (B1, B2, B3, B5, B6, B9) و مواد معدنی (مانند آهن، فسفر، منیزیم، و روی) و همچنین پروتئین ها، پپتید ها، نوکلئوتیدها و کربوهیدرات ها (۲۶). عصاره مخمر یا YE سرشار از ترکیبات طعم دهنده و پیشسازهای واکنش میلارد است که میتواند طعم اومامی (Umami) و شوری را تقویت کند. این ماده به طور گسترده در صنایع غذایی مانند سس سویا، محصولات گوشتی و تنقلات استفاده میشود. همچنین، ترکیبات معطری مانند ۲-متیل-۳-فورانتیول و تیزول موجود در عصاره مخمر، در تقویت طعم شوری مؤثر هستند (۲۷). عملکرد عصاره مخمر در بهبود درک شوری ناشی از اثرات سینرژیک بین ترکیبات اومامی و نمک است. پپتیدهای فعال موجود در عصاره مخمر، گیرنده های چشایی T1R1/T1R3 را تحریک می کنند و موجب افزایش سیگنال های مربوط به طعم شوری در مغز می شوند (۲۸). شایان ذکر است که مطالعه ای در ایران نشان داد که جایگزینی ۲۰ تا ۴۰ درصد از NaCl با KCl و افزودن ۱ تا ۲ درصد عصاره مخمر در سوسیس های امولسیون مرغ، بدون تأثیر منفی بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی، می تواند ویژگی های حسی محصول را بهبود بخشد. عصاره مخمر به طور مؤثری طعم نامطلوب ناشی از KCl را کاهش داد (۲۹). مطالعه ای دیگر نیز در سال ۲۰۲۳ نشان داد که افزودن سویه های خاصی از مخمر، مانند *Wickerhamomyces anomalus* Y12-3 و Y12-4، به سوسیس سلامی می تواند فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) را افزایش دهد. این امر منجر به کاهش اکسیداسیون لیپیدها و بهبود پروفایل طعمی محصول شد (۱۳). در

مجموع، استفاده از عصاره مخمر به عنوان یک تشدیدکننده طعم طبیعی، راهکاری مؤثر برای کاهش مصرف سدیم در فرآورده‌های گوشتی است، به شرطی که به درستی و در مقادیر مناسب استفاده شود تا کیفیت و پذیرش محصول حفظ گردد.

نوکلئوتیدها

نوکلئوتیدها، به ویژه ۵'-اینوزین مونوفسفات (5'-IMP)، ۵'-گوانوزین مونوفسفات (5'-GMP) و ۵'-آدنوزین مونوفسفات (5'-AMP)، نقش مهمی در تقویت طعم اومامی در فرآورده‌های گوشتی ایفا می‌کنند. این ترکیبات نه تنها به طور مستقیم طعم اومامی را افزایش می‌دهند، بلکه با گلوتامات‌ها مانند گلوتامیک اسید یا MSG تعامل سینرژیک دارند که منجر به تقویت قابل توجهی در شدت طعم می‌شود (۲۸).

اینوزینات (IMP) و گوانیلات (GMP) از جمله نوکلئوتیدهای طبیعی هستند که به عنوان تشدیدکننده‌های طعم اومامی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ترکیبات با تقویت طعم‌های گوشتی و شور، امکان کاهش مصرف نمک در فرآورده‌های گوشتی را بدون افت کیفیت حسی فراهم می‌سازند. IMP عمدتاً در گوشت و ماهی یافت می‌شود، در حالی که GMP در منابع گیاهی مانند قارچ‌های خشک‌شده به وفور وجود دارد. این ترکیبات به طور طبیعی در غذاهای تخمیرشده و فرآوری شده حضور دارند و با تحریک گیرنده‌های طعم اومامی در زبان، احساس طعم شور را تقویت می‌کنند. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از ترکیب IMP و GMP به همراه جایگزینی بخشی از نمک با پتاسیم کلرید (KCl) می‌تواند تا ۵۰٪ از محتوای سدیم در فرآورده‌های گوشتی مانند سوسیس‌های تخمیرشده را کاهش دهد، در حالی که طعم و پذیرش مصرف‌کننده حفظ می‌شود (۲۹).

در مجموع، اگرچه جایگزین‌های مختلفی برای سدیم در صنعت غذایی وجود دارد، اما مونوسدیم گلوتامات به دلیل قدرت طعم‌دهی بالا، هزینه مناسب و پذیرش عمومی، همچنان گزینه اصلی در بسیاری از فرآورده‌های گوشتی باقی می‌ماند. با این حال، برای اطمینان از حفظ کیفیت محصول و جلوگیری از بروز مشکلات بهداشتی، مصرف آن باید با دقت و در مقادیر مناسب انجام گیرد.

کاربرد فناوری‌های نوین در کاهش نمک سدیم

کاربرد فناوری نانو

یکی از فناوری‌های نوین و مؤثر در کاهش نمک سدیم در فرآورده‌های گوشتی، فناوری نانو است که به صورت مستقیم یا در ترکیب با سایر فناوری‌ها می‌تواند به کاهش میزان سدیم کمک نماید (۳۰). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در این زمینه، استفاده از نانوکپسول‌هاست. نانوکپسول‌ها می‌توانند ترکیبات طعم‌دهنده، تقویت‌کننده‌های طعم مانند گلوتامات‌ها یا ترکیبات شورکننده طبیعی را به صورت کنترل‌شده و هدفمند در ماتریکس گوشت آزاد کنند، به طوری که درک شور بودن توسط مصرف‌کننده افزایش یابد بدون آنکه میزان واقعی سدیم بالا باشد (۲۸). همچنین، نانوکپسول‌های حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی یا آنتی‌میکروبی (نظیر اسانس‌های گیاهی یا پلی‌فنول‌ها) می‌توانند در حفظ ایمنی میکروبی و افزایش ماندگاری تمام محصولات غذایی و بویژه فرآورده‌های گوشتی کم‌نمک نقش مؤثری ایفا کنند. همچنین استفاده از این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریالی در بسته بندی فعال محصولات غذایی می‌تواند منجر به افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی گردد (۶).

علاوه بر این، نانوحامل‌ها با بهبود انحلال‌پذیری و توزیع یکنواخت جایگزین‌های نمک مانند کلرید پتاسیم، به کاهش طعم فلزی و ناخوشایند این ترکیبات کمک می‌کنند (۳۰). استفاده از نانو ذرات پروتئینی یا پلی ساکاریدی نیز می‌تواند به شبیه سازی اثرات بافت ساز نمک کمک کرده و با بهبود ویژگی‌های رئولوژیک و بافتی، کیفیت محصول را در سطوح پایین تر نمک حفظ نماید. از سوی دیگر، فناوری نانو با افزایش اثرگذاری روش‌های فراروی غیرحرارتی مانند فشار بالا، میدان الکتریکی پالسی یا امواج فراصوت، توانایی ایجاد ساختارهای بهینه (مشابه نمک سدیم) در محصول را دارد که موجب استخراج بهتر پروتئین‌های میوفیبریلی، حفظ رطوبت و بهبود امولسیون می‌شود. در مجموع، فناوری نانو با استفاده از نانوکپسول‌ها و نانوحامل‌های هوشمند، ابزاری مؤثر برای کاهش سدیم در فرآورده‌های گوشتی است که بدون کاهش کیفیت حسی، ساختاری یا ایمنی محصول، به ارتقاء سلامت مصرف‌کننده کمک می‌کند (۳۱).

کاربرد فرایند فشار بالا

فناوری فشار بالا به عنوان یک روش غیر حرارتی و نوین در صنعت گوشت مورد توجه قرار گرفته است که می‌تواند در کاهش میزان نمک سدیم در فرآورده‌های گوشتی نقش مؤثری ایفا کند. این روش با اعمال فشارهای بالا در محدوده ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاپاسکال، ساختار پروتئین‌های میوفیبریلار را تغییر داده و موجب افزایش انحلال پذیری آن‌ها می‌شود. این تغییرات منجر به بهبود خواصی نظیر ظرفیت نگهداری آب، پایداری امولسیون، و کاهش افت پخت در محصولات گوشتی کم‌نمک

می‌گردد. همچنین، فشار بالا با مهار فعالیت میکروبی، ایمنی میکروبیولوژیکی فرآورده را بدون نیاز به مقادیر بالای نمک حفظ می‌کند (۳۲). تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از فشار بالا همراه با مقادیر کنترل‌شده‌ای از نمک، به‌طور مثال استفاده از ۱/۵ درصد NaCl در ترکیب با جایگزین‌هایی مانند کلرید پتاسیم، می‌تواند منجر به تولید محصولی با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مطلوب، طعم قابل قبول و ماندگاری مناسب شود. این ترکیب به تولید محصولاتی با کاهش مصرف نمک کمک می‌کند بدون آنکه کیفیت یا طعم محصول تحت تأثیر منفی قرار گیرد. با این حال، هزینه بالای تجهیزات و تأثیر احتمالی آن بر ساختار پروتئینی در فشارهای بیش از حد، از جمله محدودیت‌هایی است که باید در کاربرد صنعتی این فناوری مدنظر قرار گیرد. . به عنوان مثال، در یک مطالعه، تأثیر مقادیر مختلف نمک سدیم شامل ۰ تا ۱/۹ درصد همراه با فسفات به میزان ۰ و ۰/۲۵ درصد، و اعمال فرآوری با فشار بالا در مراحل مختلف تولید شامل گوشت خام، پس از تزریق محلول، پس از تامبلینگ و پس از پخت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که اعمال فشار بالا در مراحل اولیه مانند گوشت خام یا پس از تزریق، موجب تخریب ساختار و کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌شود، در حالی که اعمال فشار در سطح ۱۰۰ مگاپاسکال پس از مرحله تامبلینگ اثرات مطلوبی بر بافت و کیفیت محصول کم نمک دارد (۳۲).

کاربرد امواج اولتراسونیک

فرآیند استفاده از امواج اولتراسونیک برای کاهش سدیم کلرید در فرآورده‌های گوشتی شامل چند مرحله است که ابتدا امواج اولتراسونیک با فرکانس بالا تولید می‌شوند. این امواج (امواج بالای ۲۰ کیلوهرتز) به وسیله دستگاه‌های اولتراسونیک، که معمولاً از مبدل‌ها تشکیل شده‌اند، تولید شده و به مواد منتقل می‌شوند. این امواج صوتی با فرکانس بالا می‌توانند به سطح و یا عمق فرآورده گوشتی نفوذ کنند و باعث ایجاد ارتعاشاتی در ذرات پروتئینی و سلولی گوشت شوند. این تغییرات فیزیکی باعث شکستن پیوندهای ضعیف در ساختار پروتئینی گوشت شده و به بهبود جذب مواد و ترکیب‌های مختلف مانند نمک کمک می‌کنند. این فرآیند باعث می‌شود که نمک بهتر در بافت گوشت توزیع شود و نیازی به استفاده از مقدار زیادی نمک نباشد (۱۱). همچنین، این تغییرات در ساختار غشاء سلولی موجب می‌شود که نمک به صورت یکنواخت‌تر در گوشت پراکنده شود و این خود منجر به کاهش میزان نمک مصرفی در محصول نهایی خواهد شد. در نهایت، استفاده از اولتراسونیک موجب کاهش سدیم کلرید در فرآورده‌های گوشتی می‌شود بدون اینکه کیفیت بافت و طعم گوشت تحت تأثیر منفی قرار گیرد. این فناوری همچنین ممکن است باعث بهبود ویژگی‌های حسی مانند طعم، رنگ، و بافت گوشت شود که نتیجه تغییرات در ترکیب و ساختار

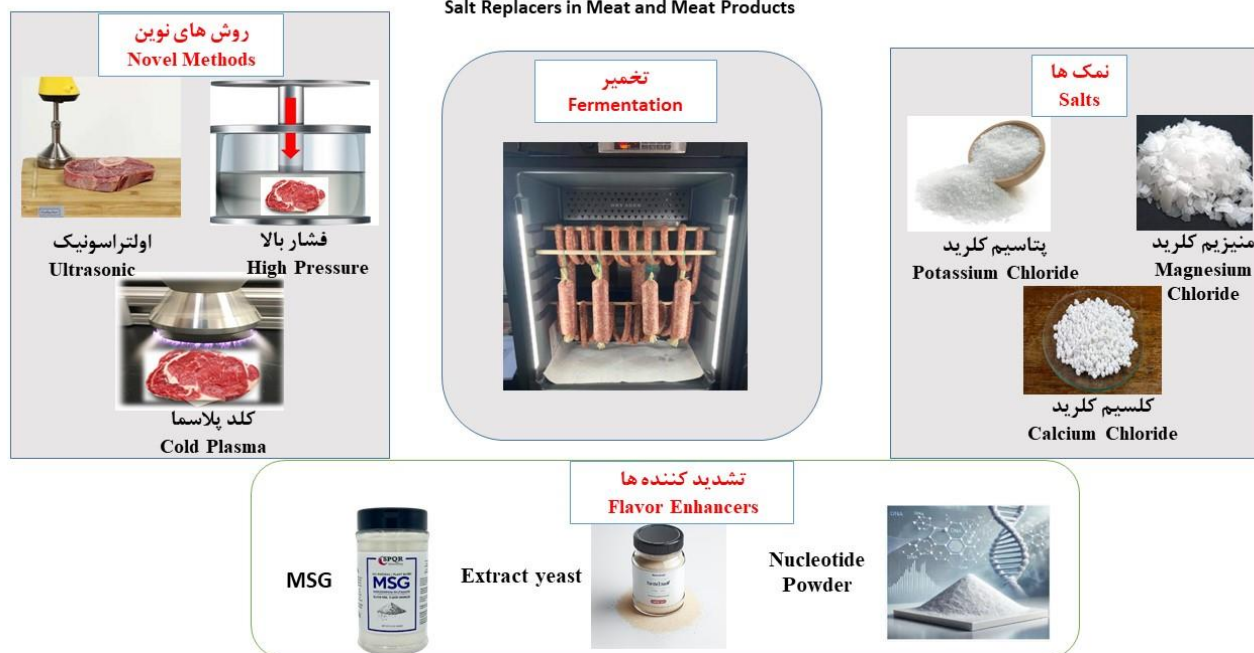
شیمیایی گوشت است. به طور کلی، استفاده از این روش به تولید محصولاتی با میزان سدیم کمتر و کیفیت بالاتر کمک می‌کند، که می‌تواند به کاهش خطرات بهداشتی ناشی از مصرف زیاد نمک مانند فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی کمک کند (۳۳).

کاربرد پلاسمای سرد

پلاسمای سرد یکی از فناوری‌های نوین است که اخیراً در صنایع غذایی برای کاهش مقدار سدیم کلرید (نمک) در فرآورده‌های گوشتی به کار گرفته شده است. این فناوری به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، نظیر تأثیرات شیمیایی و فیزیکی بر مواد غذایی، به عنوان یک جایگزین کارآمد برای کاهش مصرف نمک در محصولات گوشتی مورد توجه قرار گرفته است (شکل ۱). پلاسمای سرد به پلاسما با دمای پایین اشاره دارد که از یون‌ها، الکترون‌ها، و رادیکال‌های آزاد تشکیل شده است. برخلاف پلاسماهای داغ که در دماهای بسیار بالا تولید می‌شوند، در پلاسمای سرد ما بسیار پایین‌تر است و این ویژگی آن را برای استفاده در صنایع غذایی مناسب می‌سازد (۱۱، ۳۴).

فرآیند ایجاد پلاسمای سرد به این صورت است که گازهایی مانند نیتروژن، اکسیژن یا آرگون تحت میدان‌های الکتریکی شدید یونیزه می‌شوند. در این شرایط، الکترون‌ها و یون‌های آزاد ایجاد شده، به سطح ماده غذایی، مانند گوشت، برخورد می‌کنند و تغییراتی در ساختار مولکولی آن ایجاد می‌کنند. این تغییرات می‌تواند باعث واکنش‌های شیمیایی در سطح بافت گوشت، از جمله تجزیه مولکول‌های آب، پروتئین‌ها و چربی‌ها گردد. یکی از نتایج این واکنش‌ها، تغییر در ساختار و نفوذپذیری سلول‌ها و بافت گوشت است که می‌تواند به توزیع بهتر نمک در بافت گوشت کمک کند (۳۳). در فرآورده‌های گوشتی، استفاده از کلد پلاسما باعث می‌شود که نمک به صورت یکنواخت‌تر در کل بافت گوشت پخش شود و این اجازه را می‌دهد که مقدار کمتری سدیم کلرید برای طعم‌دهی و حفظ بافت گوشت استفاده شود. در نتیجه، این فناوری می‌تواند به کاهش مصرف نمک در محصولات گوشتی کمک کرده و از این طریق به کاهش خطرات بهداشتی مرتبط با مصرف زیاد نمک مانند فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی کمک کند (۳۵). علاوه بر تأثیرات شیمیایی، کلد پلاسما اثرات بیولوژیکی نیز بر سطح گوشت دارد. به عنوان مثال، رادیکال‌های آزاد و یون‌های ایجاد شده توسط پلاسمای سرد می‌توانند باکتری‌ها و میکروب‌های موجود در سطح گوشت را نابود کنند. این ویژگی به کلد پلاسما این امکان را می‌دهد که به عنوان یک روش ضد عفونی‌کننده و ایمن‌کننده برای گوشت عمل کند و به افزایش ماندگاری محصول کمک کند (۳۶).

جایگزین های نمک در گوشت و فرآورده های گوشتی Salt Replacers in Meat and Meat Products



شکل ۱- انواع روش های جایگزین های نمک در گوشت و فرآورده های گوشتی

Figure 1 - Types of salt replacement methods in meat and meat products

نقش تخمیر در کاهش نمک سدیم

فرآیند تخمیر در تولید فرآورده های گوشتی مرطوب و خشک شده، علاوه بر افزایش ایمنی و پایداری محصول، امکان کاهش موثر میزان نمک را نیز فراهم می آورد. در شرایط معمول، حضور کلرید سدیم در محدوده ۲-۳ درصد (w/w) برای کنترل میکروب های بیماری زا و بهبود بافت ضروری تلقی می شود، اما تخمیر می تواند این نیاز را تا ۳۰-۵۰ درصد کاهش دهد. در طی تخمیر، گونه های منتخب باکتری های اسیدلاکتیک (LAB) مانند *Lactobacillus plantarum* و *Pediococcus pentosaceus* و گلیکوژن های بافت گوشت را مصرف کرده و اسید لاکتیک تولید می کنند، که کاهش pH به زیر ۳/۵ تا ۵/۵ را به دنبال دارد؛ این اسید محیط را برای پاتوژن ها نا مساعد می کند و نیاز به سطوح بالای نمک برای کنترل میکروبی را کاهش می دهد (۳۷، ۲۹).

همچنین برخی از برخی از LAB ها، مانند *Lactobacillus sakei*، در فرآورده های گوشتی تخمیری با تولید باکتریوسین هایی مانند ساکاسین P، اثرات ضد میکروبی قوی ای دارند که می توانند جایگزین بخشی از نقش ضد میکروبی نمک شوند. این ترکیبات با مهار رشد میکروارگانیسم های ناخواسته، ایمنی محصول را حتی با کاهش نمک نیز حفظ می کنند (۳۷).

در مجموع، تخمیر به عنوان یک ابزار طبیعی و مؤثر، امکان کاهش میزان نمک در فرآورده های گوشتی را بدون به خطر انداختن ایمنی یا کیفیت محصول فراهم می کند. استفاده از استارترهای مناسب و جایگزین های نمک می تواند به تولید فرآورده های گوشتی سالم تر با میزان نمک کمتر منجر شود.

جدول ۱ - مروری بر کارهای تحقیقاتی انجام شده در رابطه با تولید محصولات گوشتی کم نمک سدیم

Table 1 –An overview of research work conducted on the production of low-sodium meat product

نوع جایگزین نمک سدیم	راهکارها	نتیجه	رفرنس
Sodium salt Replacer	Solutions	Result	Reference
کلرید پتاسیم و فرآوری با فشار بالا در سوسیس	جایگزینی ۲۵٪ و ۵۰٪ نمک طعام با کلرید پتاسیم به همراه فرآوری با فشار	بهبود pH و ظرفیت نگهداری آب، کاهش اکسیداسیون چربی و پروتئین، بهبود هضم پذیری، کاهش ترکیبات نامطلوب فرار	(۳۸)
Potassium chloride and high-pressure processing in sausage	Replacing 25% and 50% of sodium chloride with potassium chloride along with high-pressure processing	Improved pH and water-holding capacity, reduced lipid and protein oxidation, enhanced digestibility, and decreased undesirable volatile compounds	
تولید همبرگر کم نمک با تقویت کننده های طعم	استفاده از ترکیبات تقویت کننده مانند Meat PuraQ® AromaNA4 و Aroma-IFF	کاهش سدیم تا ۳۱.۵٪ بدون کاهش کیفیت حسی، حفظ ویژگی های فیزیوشیمیایی	(۳۹)
Low-salt hamburger production with flavor enhancers	Use of enhancers such as PuraQ® AromaNA4 and Meat Aroma-IFF	Sodium reduction by up to 31.5% without sensory quality loss;	

physical-chemical properties maintained		
(۴۰)	کاهش نمک در فرانکفورتر با جایگزینی تدریجی نمک با کاهش ۳۵٪ نمک بدون اثر تقویت کننده طبیعی طعم	تقویت کننده طبیعی طعم و کلرید منفی بر طعم یا کیفیت
	پتاسیم	محصول
	Salt reduction in frankfurters with natural flavor enhancer	salt reduction 35% without negative effects on taste or product quality
	Gradual replacement of salt with a natural flavor enhancer and potassium chloride	
(۴۱)	نمک سود کردن گوشت با کمک فناوری اولتراسوند	کاهش زمان فرآوری، کاهش باکتری <i>E. Coli</i> ، حفظ بافت
	پتاسیم همراه با امواج فراصوت	و رنگ گوشت
	Salt-curing meat using ultrasound technology	Reduced processing time, decreased <i>E. coli</i> , preserved meat texture and color
	Combination of sodium chloride/potassium chloride with ultrasound treatment	
(۴۲)	تحلیل متاآنالیز فناوری های نوین	امواج فراصوت، فشار بالا، افزودن هیدروکلوئیدهای گیاهی و حیوانی
	کاهش نمک	فناوری فشار بالا مؤثرترین روش در کاهش افت پخت و افزایش سفتی بافت
	Meta-analysis of innovative salt reduction technologies	محصولات کم نمک
	Ultrasound, high pressure, addition of plant and animal hydrocolloids	
	High-pressure processing was most effective in reducing cooking loss and increasing texture firmness in low-salt products	
(۴۳)	استفاده از پلاسما سرد در فرآوری	کاهش بار میکروبی، حفظ یا کاربرد پلاسما سرد برای افزایش

گوشت	ایمنی و کیفیت گوشت	بهبود رنگ، تأثیر متغیر بر
Use of cold plasma in meat processing	Application of cold plasma to enhance meat safety and quality	اکسیداسیون چربی
		Reduced microbial load, maintained or improved color, variable effect on lipid oxidation
جایگزینی نمک با کلرید پتاسیم، استفاده ترکیبی از کلرید پتاسیم/کلرید	استفاده ترکیبی از کلرید پتاسیم/کلرید	بهبود پذیرش حسی، کاهش
کلرید کلسیم و تقویت کننده های	کلسیم با لیزین و عصاره مخمر	سدیم، بدون تأثیر منفی بر
طعم	Combination of potassium chloride/calcium chloride with lysine and yeast extract	ایمنی میکروبی
Replacement of salt with potassium chloride, calcium chloride, and flavor enhancers		Improved sensory acceptance, sodium reduction, no negative effect on microbial safety

نتیجه گیری

با توجه به تأثیرات منفی مصرف بالای سدیم بر سلامت عمومی، کاهش نمک در فرآورده های گوشتی به یک ضرورت تبدیل شده است. اگرچه نمک نقش های متعددی در کیفیت و ایمنی این محصولات ایفا می کند، مطالعات نشان داده اند که با به کارگیری راهکارهای مناسب می توان محتوای سدیم را به میزان قابل توجهی کاهش داد. جایگزین های معدنی مانند پتاسیم و کلسیم کلرید می توانند بخشی از سدیم را جایگزین کنند، اما ممکن است طعم های نامطلوبی مانند تلخی یا مزه فلزی ایجاد نمایند. در این زمینه، استفاده همزمان از تشدیدکننده های طعم طبیعی مانند عصاره مخمر و نوکلئوتیدها می تواند به حفظ کیفیت حسی کمک کند. از سوی دیگر، فناوری های نوین مانند نانوکپسولاسیون، امواج فراصوت و فرآیند فشار بالا این امکان را فراهم می کنند که نمک به صورت هدفمند و یکنواخت در محصول توزیع شود و در نتیجه مقدار کمتری از آن مورد نیاز باشد. همچنین، به کارگیری روش های تخمیر کنترل شده می تواند با کاهش pH و تولید ترکیبات ضد میکروبی، نیاز به نمک را برای افزایش ماندگاری کم کند. با این حال، چالش هایی مانند هزینه بالای برخی فناوری ها، تغییرات احتمالی در بافت و رنگ

محصول، و پذیرش مصرف‌کنندگان همچنان نیازمند پژوهش‌های بیشتر است. در نهایت، ترکیب هوشمندانه این راهکارها با در نظر گرفتن ویژگی‌های هر محصول می‌تواند به تولید فرآورده‌های گوشتی سالم‌تر و مطابق با استانداردهای جهانی منجر شود.

آینده تحقیق

پژوهش‌های آتی در زمینه کاهش نمک در فرآورده‌های گوشتی می‌تواند بر بهینه‌سازی ترکیب جایگزین‌های نمک و تشدیدکننده‌های طعم متمرکز شوند. بررسی اثرات سینرژیک بین ترکیبات مختلف مانند مخلوط کلرید پتاسیم و عصاره مخمر می‌تواند به کاهش طعم‌های نامطلوب و بهبود کیفیت کلی محصول کمک کند. توسعه فناوری‌های نوین مانند نانوحامل‌های هوشمند برای رهایش کنترل‌شده نمک و ترکیبات طعم‌دهنده نیز از جمله زمینه‌های پژوهشی امیدبخش است. از سوی دیگر، ارزیابی روش‌های غیرحرارتی مانند پلاسمای سرد در ترکیب با پروبیوتیک‌ها می‌تواند راهکارهای جدیدی برای جایگزینی عملکرد نگهدارنده نمک ارائه دهد. درک بهتر مکانیسم‌های عصبی درک طعم شوری و تأثیر ترکیبات مختلف بر گیرنده‌های چشایی نیز می‌تواند به طراحی محصولات با حداقل نمک و حداکثر پذیرش حسی منجر شود. علاوه بر این، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی برای تخمین تأثیر فرمولاسیون‌های کم‌سدیم بر ویژگی‌های کیفی محصول می‌تواند زمان و هزینه توسعه محصولات جدید را کاهش دهد. در نهایت، انجام مطالعات گسترده بر روی پذیرش مصرف‌کنندگان و تحلیل روان‌شناسی حسی آن‌ها می‌تواند به تولید محصولات منجر شود که علاوه بر دارا بودن مزایای سلامتی، از نظر طعم و بافت نیز مورد پسند عموم قرار گیرند. این پژوهش‌ها می‌توانند نقش مهمی در توسعه محصولات غذایی سالم‌تر و هماهنگ با دستورالعمل‌های جهانی بهداشت ایفا کنند.

منابع تأمین مالی

این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

سپاس‌گزاری

تقدیر از معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه به جهت فراهم سازی بستر برای تشویق دانشجویان به مقاله نویسی

منابع

1. Toupchi, F. M., Pirsá, S., & Mohammadi, S. (2025). Hydrogel (pectin), oleogel (oil/triglyceride) and bigel (alginate-oil/triglyceride) and their applications in meat products formulation. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 9, 100715.
2. Chen, Q., Cao, J., She, W., Bai, W., Zeng, X., & Dong, H. (2024). Salt reduction in cured meat products: A review on strategies and mechanisms. *Food Science and Human Wellness*.
3. Qing-ming, C. A. O., Wei-jie, W. A. N. G., Lin, Z. H. A. N. G., Wen-hua, Z. H. O. U., & Yuan-qing, W. A. N. G. (2022). The practice of balanced diet model for Chinese residents: Interpretation of dietary guidelines for Chinese residents (2022). *Food and Machinery*, 38(6), 19-26.
4. Inguglia, E. S., Zhang, Z., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., & Burgess, C. M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products—A review. *Trends in food science & technology*, 59, 70-78.
5. Fraqueza, M. J., Alfaia, C. M., Rodrigues, S. S., & Teixeira, A. (2024). Strategies to Reduce Salt Content: PDO and PGI Meat Products Case. *Foods*, 13(17), 2681.
6. Kim, T. K., Yong, H. I., Jung, S., Kim, H. W., & Choi, Y. S. (2021). Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics—A review. *Foods*, 10(5), 957.
7. Vidal, Vitor AS, et al. "Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces—a review." *Critical reviews in food science and nutrition* 61.13 (2021): 2194-2206.
8. Wang, J., Huang, X. H., Zhang, Y. Y., Li, S., Dong, X., & Qin, L. (2023). Effect of sodium salt on meat products and reduction sodium strategies—A review. *Meat science*, 205, 109296.
9. Qin, L. G., Li, X. A., Huang, Y. X., Li, Y. J., & Chen, Q. (2023). Flavour profile of traditional dry sausage prepared with partial substitution of NaCl with KCl. *Foods*, 12(2), 388.
10. Lobo, F., Ventanas, S., Morcuende, D., & Estévez, M. (2016). Underlying chemical mechanisms of the contradictory effects of NaCl reduction on the redox-state of meat proteins in fermented sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 110-116.
11. Guo, X., Xu, S., Fu, C., & Peng, Z. (2024). Advances in research on the improvement of low-salt meat product through ultrasound technology: quality, myofibrillar proteins, and gelation properties. *Molecules*, 29(20), 4926.
12. Pateiro, M., Munekata, P. E., Cittadini, A., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2021). Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products. *Current Opinion in Food Science*, 38, 21-31.
13. Liu, Y., Cao, Y., Woldemariam, K. Y., Zhong, S., Yu, Q., & Wang, J. (2023). Antioxidant effect of yeast on lipid oxidation in salami sausage. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1113848.

14. Barros, J. C., Gois, T. S., Pires, M. A., Rodrigues, I., & Trindade, M. A. (2019). Sodium reduction in enrobed restructured chicken nuggets through replacement of NaCl with CaCl₂. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 3587-3596.
15. Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., & Conte-Junior, C. A. (2023). Reduced-Sodium Meat Products. In *Functional Meat Products* (pp. 137-149). New York, NY: Springer US.
16. Cittadini, A., Domínguez, R., Gómez, B., Pateiro, M., Pérez-Santaescolástica, C., López-Fernández, O., ... & Lorenzo, J. M. (2020). Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina”. *Journal of food science and technology*, 57(5), 1628-1635.
17. Jin, S. K., Hur, S. J., & Yim, D. G. (2019). Impact of partial substitution of NaCl by KCl, and MgCl₂ on physicochemical and sensory properties of cooked sausages during storage. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 33(10), 1666.
18. Evrendilek, G. A. (2012). Sugar alcohols (polyols). Sweeteners: nutritional aspects, applications, and production technology, 14(2), 56-60.
19. Veena, N., Nath, S., & Arora, S. (2016). Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: a review. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(3), 239-251.
20. Poka, M. S., Milne, M., Wessels, A., & Aucamp, M. (2023). Sugars and polyols of natural origin as carriers for solubility and dissolution enhancement. *Pharmaceutics*, 15(11), 2557.
21. Yang, S., Zheng, B., Huang, L., Zhang, Y., & Zeng, H. (2024). Saltiness perception mechanism and salt reduction strategies in food. *Trends in food science & technology*, 104521.
22. Yamaguchi, S., & Ninomiya, K. (2000). Umami and food palatability. *The Journal of nutrition*, 130(4), 921S-926S.
23. Wallace, T. C., Cowan, A. E., & Bailey, R. L. (2019). Current sodium intakes in the United States and the modeled effects of glutamate incorporation into select savory products. *Nutrients*, 11(11), 2691.
24. Maluly, H. D., Ariseto-Bragotto, A. P., & Reyes, F. G. (2017). Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. *Food science & nutrition*, 5(6), 1039-1048.
25. Chun, J. Y., Kim, B. S., Lee, J. G., Cho, H. Y., Min, S. G., & Choi, M. J. (2014). Effect of NaCl/monosodium glutamate (MSG) mixture on the sensorial properties and quality characteristics of model meat products. *Korean journal for food science of animal resources*, 34(5), 576.
26. Şen Yılmaz, E. B. (2023). Utilization of yeast extract as a flavor enhancer and masking agent in sodium-reduced marinated shrimp. *Molecules*, 29(1), 182.

27. Shan, Y., Pu, D., Cao, B., Shi, Y., Li, P., Xiong, J., ... & Zhang, Y. (2024). Elucidating salt-reduction mechanisms of aroma-active compounds from yeast extracts through sensomics approaches and electroencephalography. *Food Chemistry: X*, 22, 101339.
28. Zhao, X., Huang, P., Cui, C., Fan, Q., Yang, H., & Ma, S. (2025). Discovery of novel saltiness-enhancing peptides from yeast extract and evaluation of their bidirectional saltiness regulation effects. *Food Research International*, 202, 115622.
29. Fuke, S., & Ueda, Y. (1996). Interactions between umami and other flavor characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 7(12), 407–411.
30. Lamri, M., Bhattacharya, T., Boukid, F., Chentir, I., Dib, A. L., Das, D., ... & Gagaoua, M. (2021). Nanotechnology as a processing and packaging tool to improve meat quality and safety. *Foods*, 10(11), 2633.
31. Rahnemoun, P., Sarabi-Jamab, M., Bostan, A., & Mansouri, E. (2021). Nano-encapsulation of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract and evaluation of its antimicrobial properties on coated chicken meat. *Food Bioscience*, 43, 101331.
32. Tamm, A., Bolumar, T., Bajovic, B., & Toepfl, S. (2016). Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 294-302.
33. Gómez-Salazar, J. A., Galván-Navarro, A., Lorenzo, J. M., & Sosa-Morales, M. E. (2021). Ultrasound effect on salt reduction in meat products: a review. *Current opinion in food science*, 38, 71-78.
34. Roobab, U., Chacha, J. S., Abida, A., Rashid, S., Muhammad Madni, G., Lorenzo, J. M., ... & Aadil, R. M. (2022). Emerging trends for nonthermal decontamination of raw and processed meat: Ozonation, high-hydrostatic pressure and cold plasma. *Foods*, 11(15), 2173.
35. Pérez-Andrés, J. M., Cropotova, J., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Cullen, P. J., Rustad, T., & Tiwari, B. K. (2020). Effect of cold plasma on meat cholesterol and lipid oxidation. *Foods*, 9(12), 1786.
36. Kang, Z., Hou, Q., & Xu, J. (2024). Research Progress and Teaching Exploration of Physical Processing Technology for Reduced-Salt Gel Meat Products. *Foods*, 13(22), 3606.
37. Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
38. Ojangba, T., Zhang, L., Boamah, S., Gao, Y., Wang, Z., & Amagloh, F. K. (2022). Effect of partial substitution of sodium chloride (NaCl) with potassium chloride (KCl) coupled with high-pressure processing (HPP) on physicochemical properties and volatile compounds of beef sausage under cold.

39. Pires, A. P. S., Silva, J. R. G., Cabral, T. A., Marques, J. S., Silva, V. R. O., Junior, A. A. B., & Franco, F. S. C. (2021). The addition of a flavor enhancer minimizes the effects of sodium reduction in beef burgers. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 52175–52191.
40. McGough, M. M., Sato, T., Rankin, S. A., & Sindelar, J. J. (2012). Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. *Meat science*, 91(2), 185-194.
41. Inguglia, E. S., Granato, D., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., & Burgess, C. M. (2020). Ultrasound for meat processing: Effects of salt reduction and storage on meat quality parameters. *Applied Sciences*, 11(1), 117.
42. Yin, J., Zhang, P., & Fang, Z. (2023). Methods to improve the quality of low-salt meat products: a meta-analysis. *Food Quality and Safety*, 7, fyac076.
43. Akhtar, J., Abrha, M. G., Teklehaimanot, K., & Gebrekirstos, G. (2022). Cold plasma technology: Fundamentals and effect on quality of meat and its products. *Food and Agricultural Immunology*, 33(1), 451–478. <https://doi.org/10.1080/09540105.2022.2095987>
44. Vidal, V. A., Santana, J. B., Paglarini, C. S., da Silva, M. A., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., ... & Pollonio, M. A. (2020). Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. *Meat Science*, 159, 107911. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107911>.