Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Review of clean label meat products: Replacement of phosphate compounds with new techniques

Amirhossein Bagheri[1], Mahboobeh Kashiri[2*]

1 M.Sc. Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mrbagheri9776@gmail.com

2 Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: mkashiri@gau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-7-4
Revised: 2023-8-22
Accepted: 2023-11-11

Keywords:
Clean Label
Phosphate Salts
Permitted Additives
Meat Products
New Technologies

ABSTRACT

Background and purpose: Nowadays, the demand of consumers to use food products that their components are known has increased. Therefore, food industry producers have turned to producing products with special features under the name "Clean Label". So far, no exact definition of the term clean label has been provided, however, manufacturers often use this term for products without artificial additives with minimal processing. Due to the extensive use of functional additives such as phosphates and nitrites in meat products, the expansion of clean label products in this industry faces important challenges. More than 65% of processed meat products use phosphate salts such as sodium hexametaphosphate, sodium tripolyphosphate, tetrasodium pyrophosphate, sodium acid pyrophosphate, etc. From a technological view, phosphate salts are used in order to increase the water holding capacity, improve the sensory characteristics and reduce cooking loss. Despite the important technological effects of phosphate salts in the meat industry, its consumption in people with chronic kidney disease causes hyperphosphatemia. It is challenging to remove phosphates while maintaining product quality due to their unique characteristics. Some of substances may have negative effects in meat products if they are replaced with phosphate salts; however, they are used in combination or with new techniques. In this regard, improving the process by relying on combined methods based on new technologies such as high pressure process, ultrasound, pulsed electric fields, etc. along with natural compounds such as fibers, starches, marine plants, proteins, hydrocolloids, bicarbonates salts and vegetable powders with capacities similar to phosphates can be considered as an opportunity to produce meat products with a clean label. Although, combined methods can have advantages and disadvantages as a substitute for phosphates.

Results: Phosphate salts improve technological features such as emulsification, color stability, inhibiting fat oxidation, antibacterial activity, buffering, water holding capacity, reducing cooking loss, improving texture, increasing storage time, protein dispersion properties and sensorial properties of product (crispy and watery). Considering the tremendous effects of phosphates in the processing of meat products, it will be very challenging to remove them in the formulation. Also, replacing them with other materials will bring

limitations. Therefore, the applying combined methods with optimal performance are considered inevitable. Thus, among the technologies used in the replacement of phosphates, the use of the high pressure process according to its capabilities is the most suitable and the best method for replacement with phosphates, along with a combination with the ability to replace phosphates such as citrus fiber (in the form of combined methods).

Conclusion: This article deals with review of recent developments in the use of natural additives and new techniques for replacing phosphate salts in clean lable meat products. According to the reports presented, some alternatives rely on the techniques used or the origin of the additive. Although studies have proven that there are many advantages with these alternative techniques, sometimes they have negative effects on the quality of meat products. Physicochemical and sensory characteristics of reduced phosphate salts in meat products should be considered. Combining new technologies such as high pressure and ultrasonic processes with potential substitutes for phosphates can be a suitable solution, because the use of alternative technologies or materials alone may have negative effects, but the use of combination methods enable the production of meat products with a clean label.

Cite this article: Bagheri, A.H., Kashiri, M. 2024. Review of clean label meat products: Replacement of phosphate compounds with new techniques. *Food Processing and Preservation Journal*, 15(4), 21-44.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21530.1773
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

مروری بر فرآورده‌های گوشتی با برچسب پاک : جایگزینی ترکیبات فسفاته با تکنیک‌های نوین

امیرحسین باقری[۱]، محبوبه کشیری[۲*]

۱ کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mrbagheri9776@gmail.com
۲ دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: mkashiri@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٤/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۵/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۸/۲۰

واژه‌های کلیدی:
برچسب پاک
نمک‌های فسفاته
افزودنی‌های مجاز
فرآورده‌های گوشتی
فناوری‌های نوین

چکیده

سابقه و هدف: امروزه تقاضای مصرف کنندگان برای استفاده از فرآورده‌های غذایی که ترکیبات آن شناخته شده باشد افزایش پیدا کرده است. از این رو تولیدکنندگان صنعت غذا به تولید محصولاتی با ویژگی‌های خاص تحت عنوان " برچسب پاک (Clean Label)" روی آورده‌اند. تاکنون تعریف دقیقی از اصطلاح برچسب پاک ارائه نشده، با این حال تولیدکنندگان اغلب از این اصطلاح برای محصولات فاقد افزودنی‌های مصنوعی با حداقل فرآوری، استفاده می‌کنند. با عنایت به استفاده فراوان از افزودنی‌های مانند انواع نمک‌های فسفات و نیتریت‌ها در فرآورده‌های گوشتی گسترش فرآورده‌هایی با برچسب پاک در این صنعت با چالش‌های مهمی مواجه است. در بیش از ٦۵ درصد محصولات گوشتی فرآوری شده نمک‌های فسفاته مانند هگزامتافسفات سدیم، تری پلی‌فسفات سدیم، تترا سدیم پیروفسفات، سدیم اسید پیروفسفات و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. از دیدگاه تکنولوژیکی به منظور افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود ویژگی‌های حسی و کاهش اتلاف پخت مورد استفاده قرار می‌گیرند. علی‌رغم تاثیرات مهم تکنولوژیکی نمک‌های فسفات در صنایع گوشتی، مصرف آن در افراد با بیماری مزمن کلیوی باعث بروز بیماری هیپرفسفاتمی می‌شود. حذف نمکهای فسفاته در عین حفظ کیفیت محصول با توجه به ویژگی‌های منحصر به فردی چالش برانگیز است. برخی از مواد ممکن است در فرآورده‌های گوشتی در صورت جایگزینی با نمک های فسفاته اثرات منفی به همراه داشته باشند با این حال استفاده از نمک‌ها به صورت ترکیبی یا به همراه تکنیک‌های نوین نظیر فرآیند فشار بالا، اولتراسوند، میدان‌های الکتریکی پالسی و غیره به همراه ترکیبات طبیعی نظیر فیبرها، نشاسته‌ها، گیاهان دریایی، پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، نمک‌های بی‌کربنات و پودرهای گیاهی با ظرفیت‌های مشابه نمک‌های فسفات‌ها می‌توانند فرصتی برای تولید محصولات گوشتی با برچسب پاک تلقی گردد. اگرچه روش‌های مختلف ترکیبی از مزایا و معایبی خاصی به عنوان جایگزین نمک‌های فسفاته برخوردار است.

یافته‌ها: نمک‌های فسفاته سبب بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی نظیر امولسیون کنندگی، ثبات رنگ، مهار اکسیداسیون چربی، فعالیت ضدباکتریایی، بافری، ظرفیت نگهداری آب، کاهش اتلاف پخت، بهبود بافت، افزایش مدت زمان نگهداری، خواص پراکندگی پروتئین و ویژگی‌های حسی محصول (تردی و آبداری) می‌شوند. با عنایت به تاثیرات شگرف فسفات‌ها در فرآوری

محصـولات گوشـتی حذف آن‌ها در فرمولاسـیون بسـیار چالش برانگیز خواهد بود. همچنین جـایگزینی آن‌هـا بـا مواد دیگر محـدودیت‌هایی را به همراه خواهد داشـت. از این رو اتخاذ روش‌هـای ترکیبی با عملکرد مطلوب اجتناب ناپذیر تلقی می‌گردد. بدین صـورت که در بین تکنولوژی‌های مورد اسـتفاده در جایگزینی فسـفات، اسـتفاده از فرآیند فشـار بالا باتوجه به قـابلیـت‌هـایی که دارد به همراه یک ترکیب با قابلیت جایگزینی نمک های فسـفاته نظیر فیبر مرکبات (به صـورت روش‌های ترکیبی) مناسـب ترین و بهترین روش جایگزینی فسـفات‌ها می‌باشد.

نتیجـه‌گیری: این مقاله مروری به پیشـرفت‌های اخیر در اسـتفاده از افزودنی‌های طبیعی و تکنیک‌های نوین جایگزینی نمک‌های فسـفاته در فرآورده‌های گوشـتی می‌پردازد. بر اسـاس گزارش‌های ارائه شـده، برخی از جایگزین‌ها به تکنیک‌های مورد اسـتفاده و یا منشـا افزودنی متکی هسـتند. اگرچه مطالعات ثابت کرده اسـت که مزایای زیادی با این تکنیک‌های جایگزین وجود دارد، اما گاهی نیز بر کیفیت محصولات گوشتی اثرات منفی می‌گذارند. کاهش نمک های فسـفاته با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی محصولات گوشتی فرآوری شده انجام شـود. ترکیب فناوری‌های جدید مانند فرآیند فشـار بالا و اولتراسـونیک با جایگزین‌های بالقوه فسـفات‌ها می‌تواند یک راه حل مناسب باشد، زیرا استفاده از فناوری‌ها یا مواد جایگزین به تنهایی می‌تواند اثرات منفی را به همراه داشـته باشد لذا استفاده از روش‌های ترکیبی با هدف جایگزینی نمک‌های فسفاته در تولید محصولات گوشتی با برچسب پاک را امکان پذیر می‌سازد.

استناد: باقری، امیرحسین؛ کشیری، محبوبه. (۱٤۰۲). مروری بر فرآورده‌های گوشتی با برچسب پاک : جایگزینی ترکیبات فسفاته با تکنیک‌های نوین. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵(٤)، ٤٤-۲۱.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21530.1773

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

فرآوری موادغذایی نقش مهمی در افزایش ماندگاری، کاهش ضایعات، بهبود دسترسی محصولات غذایی و همچنین بهینه سازی مواد مغذی دارد. افزایش روز افزون آگاهی و شناخت مصرف کنندگان نسبت به سموم کشاورزی، مواد مصنوعی و افزودنی‌های مورد استفاده در صنعت غذا و اثرات نامطلوب آن‌ها برسلامتی انسان سبب ایجاد دیدگاهی جدید در فرآوری موادغذایی شده است. به عبارتی این تغییر دیدگاه باعث شد تا مصرف کنندگان با دید بهتری به ترکیبات محصولات غذایی توجه نمایند. روند جدید فرآوری موادغذایی و نگرش متفاوت مصرف کنندگان، سبب رایج شدن اصطلاحی تحت عنوان "برچسب پاک" شده است. اصطلاح برچسب پاک برای اولین بار در دهه ۱۹۸۰ بیان شد که به معنای محصولات غذایی فاقد هر گونه افزودنی و مواد تشکیل دهنده مصنوعی و با حداقل فرآوری ممکن می‌باشد.

جدول ۱- نگاهی بر کاربرد ترکیبات مجاز به مصرف در صنعت غذا (۱, ۲).

Table 1- Take a look at the application of compounds approved for consumption in the food industry (1,2).

عدد	نام	توصیف	موارد استفاده
E_{100}	تارترازین	به طور گسترده به عنوان رنگ زرد / نارنجی	نوشابه‌ها، کیک‌ها، بیسکویت‌ها، پودینگ‌ها، محصولات گوشتی، سس‌ها، غذاهای کنسروشده وشیرینی پزی
E_{128}	Red 2G	رنگ حاصل از قطران ذغال سنگ مصنوعی، به رنگ قرمز	گوشت خوک، سوسیس و سایر محصولات گوشتی
E_{220}	دی اکسیدگوگرد	گازشیمیایی به عنوان نگهدارنده غذا، بهبود دهنده آرد، سفیدکننده و تثبیت کننده ویتامین C	نوشیدنی‌های گازدار، مارمالاد، کیک‌ها، محصولات برپایه میوه و محصولات گوشتی
E_{221}	سولفیت سدیم	نگهدارنده	–
E_{223}	متا بی‌سولفیت سدیم	نگهدارنده مصنوعی	سوسیس و برخی از سس‌ها
E_{249}	پتاسیم نیترات	مواد معدنی طبیعی به عنوان نگهدارنده و ثابت کننده رنگ	گوشت‌های پخته، سوسیس و کالباس
E_{250}	سدیم نیتریت	نگهدارنده و ثابت کننده رنگ	گوشت‌های پخته شده، بیکن و سوسیس خوک
E_{251}	سدیم نیترات	نگهدارنده غذا و ثابت کننده رنگ	گوشت پخته، بیکن، ژامبون و پنیر
E_{450}	نمک‌های سدیم و پتاسیم فسفات	امولسفایرها، تثبت کننده‌ها ومرطوب کننده‌های مصنوعی	محصولات گوشتی، نان، سوسیس و محصولات پنیری

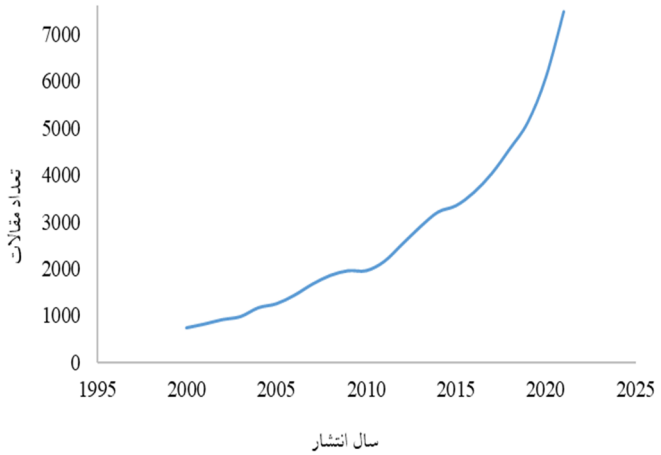
نظر به اهمیت کاربرد افزودنی‌های مجاز در صنعت غذا سازمان ایمنی غذای اروپا[1] مشابه رویکرد برچسب گذاری طبیعی در سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا[2] افزودنی‌های مورد استفاده در صنعت غذا را با کدهای مختلف معرفی کرده که تعدادی از این کدها در جدول ۱ آورده شده است (۱ و ۲).

به عبارتی ساده‌تر برچسب پاک در بسته بندی موادغذایی به این معنی است که ماده غذایی را می‌توان

[1] European Food Safety Authority (EFSA)

[2] Food and Drug Administration

به عنوان محصولی طبیعی، ارگانیک و یا عاری از مواد افزودنی و نگهدارنده دانست. بنابراین، تعریف برچسب پاک باید به تعداد و نوع مواد افزودنی (مصنوعی یا غیر مصنوعی) و سالم بودن آن مربوط باشد (۲). همچنین بر اساس تعریف رسمی موسسه فناوران صنایع غذایی، برچسب پاک به معنای تولید یک محصول با حداقل ترکیبات ممکن و اطمینان از شناخت مصرف کنندگان نسبت به ترکیبات تشکیل دهنده یک محصول و سالم تلقی شدن آن می‌باشد (۲). همان طوری که در شکل ۱ نشان داده شده طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۳ حدود ٦۳۳۸٤ مقاله با موضوع برچسب پاک در صنعت غذا در ژورنال‌های معتبر منتشرشده است که نشان دهنده اهمیت روز افزون تولید محصولات غذایی با برچسب پاک می‌باشد.



شکل ۱- نگاهی بر مقالات منتشر شده در مجلات معتبر با عنوان برچسب پاک (۲).

Figure 1. Take a look at the articles published in reputable magazines under the title of Clean Tag (2).

محصولات گوشتی حاوی افزودنی‌های مختلف مانند نمک‌ها، نگهدارنده‌ها، آنتی اکسیدان‌ها و غیره می‌باشند. نمک‌های فسفاته به عنوان یک افزودنی مهم در محصولات گوشتی دارای نقش و عملکردهای کلیدی در سلامتی انسان هستند. نقش این ترکیبات در بسیاری از مسیرهای متابولیکی مورد تایید قرار گرفته است و به طور طبیعی نیز به شکل استرهای آلی درغذاهایی مانند تخم مرغ، گوشت، سیب زمینی و غلات یافت می‌شوند. بر اساس گزارش محققان میزان مصرف فسفات در یک انسان بزرگسال حدود ۷۰۰ میلی گرم در روز توصیه شده است (۳ و ٤). لازم به ذکر است اگر میزان مصرف روزانه این ترکیب بیش از مقدار توصیه شده باشد، مازاد آن از طریق کلیه‌ها قابل دفع است. اگر چه میزان دریافت فسفات در رژیم غذایی افراد با عملکرد ضعیف کلیه (مبتلایان به بیماری‌های مزمن کلیوی) به منظور جلوگیری از بیماری هیپرفسفاتمی[1] ضروری می‌باشد (٤). این موضوع با عنایت به تغییر سبک زندگی و افزایش کاربرد مواد افزودنی حاوی فسفر معدنی مانند فسفر پنتا اکسید[2] (P_2O_5) در غذاهای فرآوری شده اهمیت خاصی دارد (۳ و ۵).

فسفات‌های غیر آلی به طور کلی توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده آمریکا (FAD) ایمن تلقی شده و به عنوان یک افزودنی موثر در بسیاری از محصولات غذایی فرآوری شده مانند گوشت، ژامبون، سوسیس، پنیر، کنسرو ماهی، نوشیدنی‌ها استفاده می‌شوند (۵). مطالعات نشان داده است که غذاهای فرآوری شده در دریافت روزانه ۸۰۰-۷۰۰ میلی‌گرم

[1] Hyperphosphatemia

[2] Phosphorus Pentoxide

فسفر در بدن کمک می‌کند (٦). افزایش استفاده از فسفات‌ها در غذاهای فرآوری شده ممکن است به دلیل بروز ویژگی‌های تکنولوژیکی منحصر به فرد در بهبود کیفیت محصول باشد. این ترکیبات می‌توانند به عنوان تسریع کننده ژل، پخش کننده، رسوب دهنده، عامل تبادل یونی و بافری ایفای نقش کنند (٧) و سبب تثبیت pH، افزایش ظرفیت نگهداری آب[1] (WHC)، کاهش اتلاف پخت، بهبود بافت و کیفیت حسی گردند (٥ و ٨). اما همان طور که قبلا اشاره شده است استفاده بیش از حد از فسفات‌ها سبب بروز مشکلاتی در افراد داری بیماری‌های مزمن کلیوی می‌شود و از طرفی چشم انداز تولید محصولاتی با برچسب پاک سبب تلاش‌های مختلفی برای جایگزینی فسفات‌ها در محصولات گوشتی با ترکیبات مناسب مانند نشاسته، پروتئین، جلبک‌های دریایی، هیدروکلوئیدها و فیبرها شده است (٩). با این وجود، جایگزین کردن کامل فسفات‌ها در فرآورده‌های گوشتی با ترکیبات مذکور ممکن است اثرات منفی بر ظاهر، بافت و سایر خصوصیات اصلی محصول داشته باشد. برای مثال، محققان گزارش کردند که استفاده از نشاسته برنج به عنوان یک جایگزین فسفات و حذف کامل فسفات در ژامبون پخته شده تأثیر نامطلوبی بر ظاهر و کیفیت حسی محصول دارد (١٠).

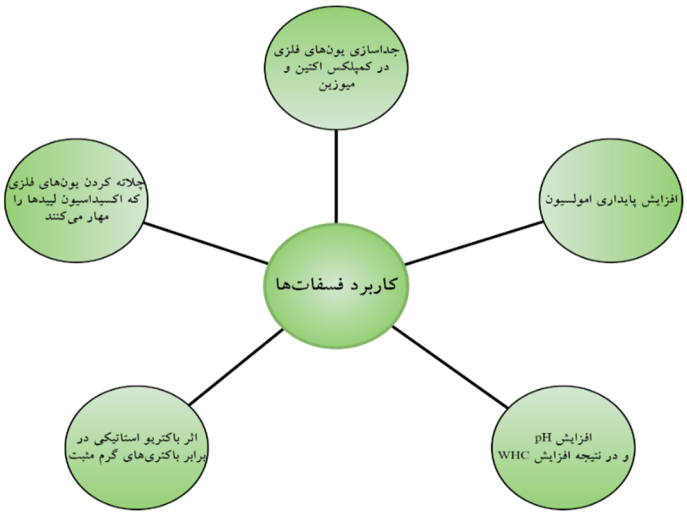
نگاهی بر انواع ترکیبات گروه فسفات در فرآورده‌های گوشتی: فسفات‌ها به دلیل اثرات عملکردی، پرمصرف‌ترین افزودنی در محصولات گوشتی فرآوری شده هستند. فسفات‌ها دارای اثرات ضدمیکروبی، توانایی مهار اکسیداسیون لیپیدها و همچنین سبب تغییر رنگ و طعم محصولات می‌شوند (شکل ٢). اما دلیل اصلی استفاده از آن‌ها افزایش WHC می‌باشد که بر بافت و کیفیت حسی محصول تأثیر می‌گذارند (١١). فسفات‌های مورد استفاده در محصولات گوشتی فرآوری شده، نمک اسید فسفریک حاوی یون‌های فلزی با بار مثبت سدیم یا پتاسیم هستند. میزان مجاز مصرف فسفات در محصولات گوشتی با توجه به کشور تولید کننده آن محصول متفاوت می‌باشد (٥). براساس استانداردهای غذایی سازمان خواربار و کشاورزی[2] (FAO) و سازمان بهداشت جهانی[3] (WHO)، حداکثر سطح مجاز فسفات در قطعات کامل یا برش‌ها، محصولات گوشتی خرد شده، گوشت‌های فرآوری شده و محصولات نهایی تقریباً ٥/٠٤١ گرم بر کیلوگرم بر حسب P_2O_5 بیان می‌شود (١٢).

فسفات‌ها بر اساس تعداد اتم‌های فسفری که اتم‌های اکسیژن مشترک دارند طبقه بندی شده و عبارتند از ارتو یا مونو فسفات، دی یا پیروفسفات، تری فسفات و پلی فسفات (٥). از ساختارهای مولکولی فسفات‌ها می‌توان به متا فسفات[4]، اولترا فسفات[5] و فسفات خطی[6] اشاره کرد که در شکل ٣ نشان داده شده است (٥).

نمک سدیم هگزا متا فسفات[7] (SHMP) یک فسفات خطی با محتوای حدود ٧٠-٦٠ درصد P_2O_5 است و اغلب در فرآورده‌های گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این سدیم تری پلی فسفات[8] (STP)، تترا سدیم پیروفسفات[9] (TSPP) یا سدیم اسید پیروفسفات[10] (SAPP) (جدول ٢) در فرآورده‌های گوشتی مانند ژامبون، بیکن، فرانکفورتر، بولونیا، سوسیس صبحانه، سوسیس و کالباس مخلوط

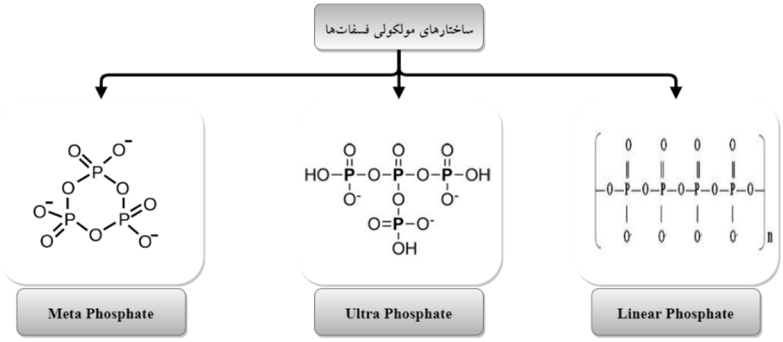
[1] Water Holding Capacity (WHC)
[2] Food and Agriculture Organization (FAO)
[3] World Health Organization (WHO)
[4] Meta Phosphate
[5] Ultra Phosphate
[6] Linear Phosphate
[7] Sodium hexametaphosphate (SHMP)
[8] Sodium Tri Polyphosphate (STP)
[9] Tetra Sodium Pyrophosphate (TSPP)
[10] Sodium Acid Pyrophosphate

اســتفاده می‌شــوند. پلی فســفات‌های زنجیره بلند با حلالیت بهتر به منظور تهیه محلول‌های آب نمک برای ژامبون به کار می‌روند در حالی که فسفات‌های زنجیره کوتاه مانند SHMP برای محصــولات امولسـیون شــده مانند ســوســیس‌ها اســتفاده می‌شــوند که در آن فسـفات‌های اضـافه شـده بلافاصـله روی پروتئین اثر می‌گذارند (۱٤).



شکل ۲- برخی از ویژگی‌های مهم نمک‌های فسفاته در فرآورده‌های گوشتی (۷).

Figure 2. Some important features of phosphates in meat products. (7)

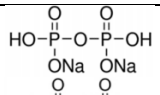
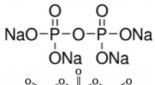
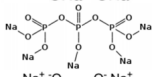
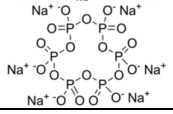


شکل۳ - ساختارهای مولکولی فسفات‌ها (۵).

Figure 3. Molecular structures of phosphates (5).

جدول ۲- نمک‌های فسفاته مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی (۵, ۷)

Table 2. Phosphates used in meat products (5,7)

فسفات	فرمول شیمیایی	ساختار شمیایی	pH	En
سدیم اسید پیروفسفات	$Na_2H_2P_2O_7$		4.0-4.4	E450(i)
ترا سدیم پیروفسفات	Na4P2O7		9.9-10.7	E450(v)
تری پلی فسفات سدیم	Na5P3O10		9.5-10.2	E451(i)
هگزامتافسفات سدیم	(NaPO3) n		6.3-7.3	E452(i)

عملکرد فسفات‌ها

قابلیت امولسیون کنندگی و ظرفیت نگهداری آب: ظرفیت نگهداری آب عبارت است از توانایی فرآورده‌های گوشتی برای حفظ آب درونی خود زمانی که فشار یا نیروی خارجی بر آن وارد می‌شود و همچنین در طول مدت نگهداری آن بر وزن و آبدار بودن تأثیر می‌گذارد. به طور کلی نمک زدن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری گوشت بوده و یکی از اهدف آن افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌باشد که با افزودن در مقادیر پایین قابل دستیابی است (۱۵). مکانیسم‌های متعددی در راستای افزودن فسفات‌ها و تاثیر آن بر اتلاف آب گزارش شده است به عنوان مثال فسفات‌ها با توجه به فاصله از نقطه ایزوالکتریک برpH گوشت تأثیر می‌گذارند. در حقیقت اکثر فسفات‌ها به استثنای تترا سدیم پیروفسفات (که به عنوان قلیا در فرآورده‌های گوشتی به کار می‌رود) (۷) سبب افزایش pH می‌شوند (۱۶). این افزایش pH، افزایش دافعه الکترواستاتیکی بین پروتئین‌ها و به دام افتادن آب را به همراه دارد (۵). همچنین این امر باعث تورم فیبرهای عضلانی و فعال شدن پروتئین‌ها شده و تورم پروتئین سبب به دام افتادن آب اضافی و در نهایت منجر به افزایشWHC می‌شود، که در همین راستا پلی فسفات‌ها مانند SHMP و STP بسیار موثر گزارش شده‌اند (۱۷). از دیگر مکانیسم‌های اثر بخشی فسفات‌ها بر بهبود ظرفیت نگهداری آب گوشت می‌توان به افزایش جداسازی یون‌های فلزی مانند Fe^{3+}،Fe^{2+} Mg^{2+} وCa^{2+}موجود در کمپلکس اکتینومیوزین اشاره کرد (۸). این ترکیبات می‌توانند با اتصال به یون‌های موجود در کمپلکس اکتینومیوزین تشکیل شده در طول جمود نعشی سبب افزایش تفکیک اکتینومیوزین به اکتین و میوزین و حل شدن پروتئین‌های گوشت از طریق پلیمریزاسیون رشته‌های ضخیم و نازک گردند که همین امر منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب، خواص امولسیون کنندگی و ژل شدن می‌شود (۱۷, ۱۸). بسیاری از محققان با عنایت به اثرات مثبت NaCl برحلالیت پروتئین‌های میوفیبریلار معتقدند استفاده از ترکیب فسفات همراه کلرید سدیم موجب بهبود کیفیت گوشت می‌شود. بر اساس گزارش محققان یون‌های Cl با ایجاد دافعه الکترواستاتیکی بین پروتئین‌ها باعث ایجاد تورم و افزایش ظرفیت نگهداری آب در گوشت می‌شوند (۵).

افزودن فسفات به فرآورده‌های گوشتی، خواص امولسیون کنندگی و ژل شدن پروتئین‌های گوشت را بهبود می‌بخشد و به نوبه خود کیفیت کلی محصول را افزایش می‌دهد (۸۸). به عبارتی فسفات‌ها و کلرید سدیم در پایداری امولسیون‌هایی نظیر محصولات گوشتی نقش دارند و این ترکیبات طی اختلاط با تشکیل یک پروتئین چسبناک از میوزین به عنوان اگزودا[1] شناخته شده که پس از اعمال حرارت ژل تشکیل می‌دهند. لازم به ذکر است این امر به اتصال قطعات گوشت در تولید محصولات اصلاح شده کمک می‌کند. استفاده از فسفات‌ها در فرمولاسیون گوشت منجر به حل شدن میوزین شده و سبب جهت‌دهی بخش آبگریز به اطراف قطرات چربی و بخش آب دوست به آب می‌گردد (۱۹). همان طوری که می‌دانیم حرارت دادن سبب تغییرات ساختاری در پروتئین‌های میوفیبریلار، بهبود پایداری ژل از طریق تقویت ساختار امولیسونی، افزایش WHC و در ادامه کاهش اتلاف پخت را به همراه دارد. با این حال، محدوده دما برای تغییرات ساختاری وابسته به عوامل متعددی در سیستم پروتئین نظیر نوع پروتئین، pH، قدرت یونی و مواد تشکیل دهنده است (۲۰). آنجانیولو و همکاران (۱۹۸۹) اثر افزودن NaCl، پلی‌فسفات‌ها و ترکیبات آن‌ها را بر روی خواص فیزیکوشیمیایی پتی گاو مورد

[1] Exudate

مطالعه قرار دادند. گزارش این محققان حاکی از آن بود که استفاده از فسفات‌ها تاثیر قابل توجهی بر بهبود کیفیت محصول مانند افزایش WHC، کاهش پخت، بهبود پایداری امولسیونی و ویژگی‌های بافت دارد.

قابلیت ایجاد رنگ و پایداری اکسیداتیو: فسفات‌ها در کنترل اکسیداسیون لیپید و بهبود ثبات رنگ محصولات گوشتی نقش چشمگیری ندارند (۳۲). به طوری که تحقیقات زیادی با هدف بررسی تأثیر جایگزین‌های فسفات بر رنگ و پایداری اکسیداتیو طراحی شده است. در این بین می‌توان به پژوهش Choe و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر عدم تفاوت قابل توجه رنگی در سوسیس امولسیونی طی جایگزینی فسفات با پودر قارچ زمستانه (*Flammulina velutipes*) اشاره کرد (۳۲). همچنین Grispoldi و همکاران (۲۰۲۲) اثر بخشی افزودن پودر تفاله سیب به منظور جایگزینی فسفات و نیز به عنوان یک ماده غذایی با ارزش برای تقویت خواص مغذی و آنتی اکسیدانی سالامی ایتالیایی بر رنگ محصول را مورد بررسی قرار دادند (شکل ٤) (۳۳). لازم به ذکر است رنگ فرآورده‌های گوشتی بسته به نوع مواد مورد استفاده می‌تواند متفاوت باشد؛ بدین مفهوم که برخی از مواد به‌طور طبیعی رنگ خاص داشته لذا می‌توانند مستقل از وضعیت اکسیداتیو به رنگ محصول نهایی کمک کنند.

شکل٤- تاثیر افزودن پودر تفاله سیب در سالامی ایتالیایی به عنوان جایگزین فسفات

(a. نمونه شاهد، b.افزودن ۷درصد پودر تفاله سیب،c.افزودن ١٤ درصد پودر تفاله سیب) (۳۳)

Figure 4. The effect of adding apple pomace powder in Italian salami as a phosphate substitute (a.control sample, b.adding 7% apple pomace powder, c.adding 14% apple pomace powder) (33)

همچنین پتانسیل جایگزینی فسفات‌ها با محلول‌های قلیایی دارای pH بالا مانند کلرید سدیم، هیدروکسید آمونیوم و محلول‌های هیدروکسید سدیم، مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس گزارش محققان می‌توان بیان کرد که استفاده از محلول‌های قلیایی با pH بالا به عنوان محلول تقویت کننده می‌تواند سبب افزایش pH سیستم گوشت و در نهایت افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود بافت و رنگ محصول نهایی گردد (٣٤).

از اهداف افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به گوشت و فرآورده‌های گوشتی می‌توان به غیرفعال کردن رایکال‌های آزاد، افزایش ماندگاری و کاهش فساد اشاره کرد. آنتی‌اکسیدان‌های اولیه براساس مکانیسم عمل آن‌ها جلوگیری از واکنش زنجیره‌ای، واکنش مستقیم با رایکال‌های لیپیدی و تبدیل آن‌ها به محصولات نسبتا پایدار می‌توانند از پرکسیداسیون لیپیدی جلوگیری کنند. این در حالی است که مکانیسم عمل آنتی اکسیدان‌های ثانویه با دادن اتم هیدوژن و اتصال به کاتالیزورهایی مانند یون‌های فلزی

می‌باشد(۲۱ و ۲۲). لازم به ذکر است فسفات‌ها قادر به بروز خواص ضد اکسیداسیون از طریق چلاته کننده‌گی می‌باشند؛ بدین مفهوم که ترکیب فسفات‌ها با یون‌های فلزی می‌تواند در مهار اکسایش لیپید اثر بخش تلقی گردد. علاوه بر این اکسیداسیون پروتئین‌هایی نظیر هموگلوبین می‌تواند باعث کاتالیز بر همکنش فسفر-لیپیدها شود. از این حیث افزودن فسفر به فرآورده‌های گوشتی در جلوگیری از تخریب رنگ و ایجاد طعم‌های نامطبوع موثر است (۸، ۱۳ و ١٤). امروزه شناسایی و اثربخشی آنتی‌اکسیدان‌هایی با منشاء طبیعی در ادویه‌ها، گیاهان، میوه‌ها و سبزیجات با هدف ایجاد عطر و طعم در گوشت و فرآورده‌های گوشتی مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا عصاره‌های طبیعی مختلفی به منظور جایگزینی با ترکیبات مصنوعی که دارای عملکردی مشابه بوده و قابلیت سازگاری با برچسب پاک دارند معرفی شده‌اند (۲۳، ٢٤ و ۲۵). در این بین ترکیبات فنلی به عنوان یک گروه اصلی از آنتی اکسیدان‌های طبیعی شناخته شده‌اند.

از مهم‌ترین آنتی اکسیدان‌های تجاری مورد استفاده در صنعت گوشت که قابلیت استفاده به عنوان جایگزین فسفات را دارند می‌توان به دانه قهوه، هسته انگور، عصاره چای سبز، عصاره پونه کوهی، پودر مریم گلی، پودر اسطوخودوس، عصاره شوید، عصاره جعفری و عصاره رزماری اشاره کرد (٢٦ و ۲۷). علاوه بر این ٣،٤ دی هیدروکسی فنیل اتانول یا هیدروکسی تیروزول[2] (HXT) موجود در برگ درخت زیتون یکی دیگر ازترکیبات طبیعی با ویژگی‌های آنتی اکسیدانی و اثرات سلامتی بخش می‌باشد (۲۸). Martínez و همکاران (۲۰۲۰) آنتی اکسیدان‌های طبیعی (HXTo) و مصنوعی (HXTs) را روی همبرگرهای گوشت بره مورد بررسی قرار دادند (۲۹). بر اساس گزارش این محققان ارزش غذایی و قدرت نگهدارندگی حاصل از HXTo (۲۰۰ ppm) نمونه با خلوص ۷ درصد از برگ درخت زیتون) نسبت به HXTs (۲۰۰ ppm) نمونه با خلوص ۹۹ درصد) در محصول تولیدی بیشتر بود. علاوه بر این محققان تاثیر عصاره رزماری، پرتقال و لیمو را بر فساد کوفته‌های پخته شده به سبک سوئدی مورد بررسی قرار دادند. گزارش محققان حاکی از آن بود که کنترل فساد اکسیداتیو عصاره مرکبات، ۵۰ درصد تعیین گردید. این در حالی بود که عصاره رزماری (محلول در آب و روغن) پس از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به طور کامل از فساد اکسیداتیو جلوگیری کرد (۳۰). همچنین Kim و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که عصاره رزماری با خواص آنتی اکسیدانی بالا قادر به تاخیر شروع فساد در چربی‌های گوشت شدند (۳۱).

اگرچه فسفات‌ها می‌توانند به عنوان نگهدارنده با اثر باکتریواستاتیک خفیف در برابر برخی از باکتری‌های گرم مثبت عمل کنند با این وجود در فرآورده‌های گوشتی اهمیت کمتری دارند، زیرا میزان غلظت مورد نیاز فسفات برای بروز اثرات ضد باکتریی بیشتر از حد مجاز توصیه شده در این فرآورده‌ها می‌باشد (۸, ١٤).

راهکارهایی جهت کاهش فسفات در فرآورده‌های گوشتی: امروزه با توجه به آگاهی مصرف کنندگان از تاثیرات منفی برخی افزودنی‌های غذایی باعث افزایش تمایل آن‌ها به استفاده از محصولاتی با برچسب پاک و کاهش یا حذف افزودنی‌هایی نظیر فسفات‌ها در محصولات غذایی و استفاده از جایگزین‌های مناسب آن شده است (جدول۳). با توجه به عملکرد فسفات‌ها در فرآورده‌های گوشتی یافتن ترکیبات و مواد جایگزین مناسب با محدودیت و چالش‌هایی همراه می‌باشد. از این رو فرمولاسیون مجدد محصول و

[2] Hydroxytyrosol

اصـــلاح فرآیند با تکیه بر تکنولوژی‌های نوین نظیر فرآیند فشـــار بالا[3]، اولتراســـوند[4]، میدان‌های الکتریکی پالسـی[5] و غیره مورد توجه محققان قرار گرفته اسـت. علاوه بر آن اسـتفاده از موادی با ظرفیت‌های مشـابه فسـفات‌ها نظیر فیبرها، نشـاسـته‌ها، گیاهان دریایی، پروتئین‌هـا، هیـدروکلوئیـدها، نمک‌های بی‌کربنات و پودرهـای گیاهی که می‌توانند فرصـتی برای تولید محصـولات گوشـتی با برچسب پاک ایجاد کنند مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفته است (۵ و۳٦). اگرچه بسـیاری از ترکیبـات نـامبرده بـا تکیه بر روش‌های ترکیبی (اسـتفـاده از فنـاوری‌های نوین و ترکیبات با عملکرد مشـابه فسفات‌ها به صورت هم زمان) مزایای ویژه‌ای در محصول نهایی به همراه خواهد داشت.

فیبرها: برخی از محصـولات جانبی صـنایع غذایی با محتوای فیبر بالا می‌توانند به صنعت به عنوان جایگزین فسـفات‌ها معرفی تا ضـمن تولید محصـولات گوشتی سـالم‌تر سـبب بهبود پایداری محصـول گردند (۱۱). پتانسـیل فیبرها به عنوان جایگزین فسفات‌ها به سبب بـرخورداری از مزایـای تکنولوژیکی در صـنعـت فرآورده‌های گوشـتی (مانند ظرفیت بالای نگهداری آب، ظرفیت نگهداری چربی، بهبود پایداری امولسیون و بهبود بافت) و تاثیرات مثبتی که بر سـلامت مصرف کنندگان دارد مورد توجه قرار گرفته اسـت (۳۹). زیرا گزارشاتی مبنی بر تاثیر منفی استفاده از پروتئین نخود به تنهایی بر ویژگی بافتی فرآورده‌های گوشتی گزارش شـده اسـت (۳۵, ۳٤). از این رو اسـتفاده از فیبرها به همراه فنـاوری‌های نوین (روش‌های ترکیبی) می‌تواند روشـی مناسـب در تولید محصـولاتی با برچسب پاک قلمـداد گردد. همچنین اسـتفـاده از دانه‌های کامل و عصـاره‌های فیبری به منظور بهبود بافت و ویژگی‌های حسـی در محصولاتی گوشتی با چربی کم یا محتوای کم نمک گزارش شده است (۳۹). در همین راستا تاثیر جایگزینی تری پلی فسـفات با فیبر مرکبات (محصول جـانبی صـنعـت آب میوه) در غلظت‌های مختلف (۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱ درصـد) بر ویژگی‌های عملکردی مانند پایداری امولسیون مورد بررسی قرار گرفته است (۱۱). باید توجه داشـت که، به کارگیری سـطوح فیبر مرکبات بسـته به محتوا و نوع پروتئین موجود در محصـولات می‌بایست به طور ویژه مورد سنجش قرار گیرد (۱۱). دانه چیا یکی دیگر از محصولات فیبری با مزیـت چندگانه عملکردی بوده، به طوری که محتوای بـالـای فیبر غـذایی محلول در دانـه چیـا می‌توانـد بر سلامت مصرف کننده نیز اثربخش باشد (٤۰). موسیلاژ چیا (که پس از خیسـاندن دانه‌های چیا در آب تشکیل می‌شـود) به صورت پودر و ژل در دو غلظت (۲ و ٤ درصـد) به عنوان جایگزین STP در تولید سـوسـیس بولونیـا مورد اسـتفـاده قرار گرفـت (٤۱). اگرچـه محصـولـات جدید در هر دو غلظت موسـیلاژ (به صـورت پودر و ژل) ویژگی‌های مشـابهی نسـبت به محصـولات شـاهد نشـان دادند، اما کماکان گسـترش اسـتفـاده از فیبرها به عنوان جایگزین فسـفات در محصولات گوشتی چندان گسترده نیست.

نشاسته‌ها: نشـاسته‌ها دارای پتانسیل موثری بر خواص اتصـال آب گوشـت هسـتند. Genccelep و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر نشـاسته اصلاح شده فیزیکی و شیمیایی بر رئولوژی دینامیکی امولسـیون‌های گوشـت را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، نشاسته اصلاح شده با اسـید، نشـاسـته اصـلاح شده با دکسترین و نشاسته اصلاح شده پیش ژلاتینه با نشاسته سیب زمینی اصلاح نشـده مورد مقایسـه قرار گرفتند. نتایج به دسـت آمده نشـان داد که نشـاسـته اصلاح شده پیش ژلاتینه، غلیظ کننده خوبی در امولسیون‌های گوشتی بودند، دلیل این

[3] High Pressure Processing (HPP)
[4] Ultrasound
[5] Pulsed Electric Fields (PEF)

امر بـه ظرفیـت اتصـــال آب[6] و روغن، اندازه ذرات، ویسـکوزیته ذاتی و حلالیت بالاتر نسـبت به نشـاسـته سـیب زمینی اصـلاح نشـده نسـبت داده شد. بنابراین، نشـاسـته را می‌توان برای ایجاد ویژگی‌های خاص در محصـولات گوشتی مورد استفاده قرار داد. لازم به ذکر اسـت که اصـلاح فیزیکی نشـاسـته‌ها بدون هیدرولیز آنزیمی و مواد شـــیمیایی انجام می‌گیرد. از این رو به عنوان نشاسته‌های طبیعی طبقه‌بندی می‌شوند. در حالی که اغلب دارای عملکرد بهتری نسـبت به نشاسته‌های اصـلاح نشده هستند (٤٢). براساس گزارش Resconi و همکاران (٢٠١٦) کاهش فســفات با افزودن مقدار قابل توجهی نشـاسـته اصـلاح شـده به ژامبون، بدون کـاهش کیفیـت همراه بود. بـا این حـال، زمـانی کـه فسـفات‌ها به‌طورکامل با نشـاسته برنج یا سیب زمینی جایگزین شـدند کاهش کیفیت حسـی مشاهده گردید (٤٣) از این رو، بهینه سازی جایگزین فسفات با برخی از مواد بـه تحقیقـات بیشـــتری نیاز دارد. در حقیقت جایگزینی فسفات‌ها به دلیل عملکرد چندگانه آن‌ها در محصـولات گوشتی یکی از موضوعات چالش برانگیز در صـنعت است که نیازمند تحقیقات فراوان می‌باشد. Prabhu (٢٠١٤) از نشاسته سیب زمینی و کربن سدیم به عنوان جایگزین فسفات در سوسیس گوشت خوک اسـتفاده و بیان کردند که این جایگزینی سـبب بهبود عملکرد پخت محصول شد (٥٤). Resconi و همکاران (٢٠١٥) از نشـاسته برنج و فروکتو-الیگوساکاریدها به عنوان جایگزین فسفات‌ها در ژامبون‌های پخته استفاده و گزارش کردند که بازده پخت محصول بهبود، WHC افزایش و شـــاخص‌های رنگی محصـــول تغییر معنی داری نداشت (٨٩).

گیاهان دریایی[7]: یکی از بهترین گزینه‌های جایگزینی طبیعی فسفات دارای توانایی بهبود بافت، WHC و در عین حـال ایجـاد حـداقـل اثرات نامطلوب بر ویژگی حسـی محصـولات گوشـتی اسـت. گیاهان دریایی به سبب حضور آلژینات در ساختار شیمیایی خود دارای قابلیت نگهداری و اتصال به آب خوبی می‌باشند (٤٤). در همین راسـتا Kim و همکاران (٢٠١٠) نشان دادند که افزودن پودر گیاهان دریایی باعث افزایش WHC و خواص بافتی سـوسـیس صـبحانه گردید. در راستای تحقق روش‌های ترکیبی می‌توان بیان داشت که طعم و فعالیت ضد باکتریایی محصول نهایی بدون فسفات در حضور گیاهان دریایی به‌دلیل وجود اسید گلوتامیک و ترکیبـات فنولیـک افزایش می‌یـابـد (٤٥). همچنین فســفات‌ها نقش عمده‌ای در خواص بافتی و حســی فرآورده‌های گوشتی دارند، از این رو مطالعات بسیاری تأثیر مواد مختلف بر ویژگی‌های بافتی و حسی گوشت و محصـولات گوشـتی را مورد ارزیابی قرار دادند. در همین راستا می‌توان به مطالعه Cox و AbuGhannam (٢٠١٣) مـبـنـی بـر تـاثیر افزودن جلبـک دریـایی *H elongata*[8] در غلظت‌های مختلف (٠، ١٠، ٢٠، ٣٠ و ٤٠ درصـــد) بـه گوشـــت گـاو بر ویژگی‌هـای تکنولوژیکی اشاره کرد. بر اساس گزارش این محققان افزودن جلبک دریایی سبب بهبود خواص اتصال آب، کاهش اتلاف پخت، افزایش حســاســیت و خواص حسی شد (٤٤).

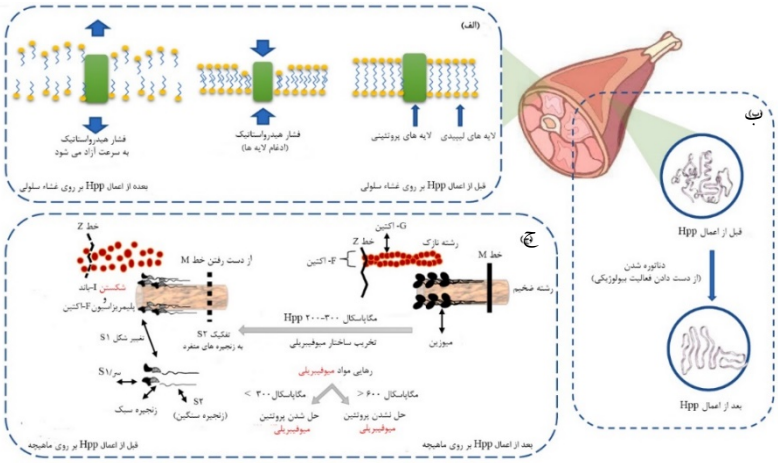
[6] Water Binder Capacity (WBC)
[7] Sea Tangle
[8] Halomonas elongata

جدول ۳ - جایگزین‌های پیشنهادی فسفات در تولید محصولات گوشتی با برچسب پاک.

Table 3. Proposed substitutes for phosphate in the production of clean label meat products.

جزء ترکیبی	فرآورده گوشتی	اثرات در فرآورده‌های گوشتی	منبع
اینولین (پودر یا ژل)	استیک مرغ بازسازی شده	حفظ ویژگی‌های حسی، افزایش کیفیت، پایداری اکسیداتیو و میکروبی در طی ذخیره سازی	(٤٧)
فیبر مرکبات	سوسیس‌های پخته شده بولونیا	پایداری امولسیونی و عملکرد مشابه، رفتارخوب در طول ذخیره سازی منجمد	(٤٨)
فیبر بامبو	سوسیس بولونیا	ویژگی حسی قابل قبول	(٤٩)
پوست انبه	مارینادسینه مرغ	عملکرد پخت مشابه	(٥٠)
موسیلاژ چیا (پودر و ژل شده)	سوسیس بولونیا	کاهش جویدن با ۲ درصد موسیلاژ، پایداری امولسیون و قابلیت پذیرش حسی بهتر	(٤٢)
گیاهان دریایی	نوعی سوسیس امولسیونی	اتلاف پخت مشابه	(٥١)
پودر قارچ زمستانه	نوعی سوسیس امولسیونی	بدون تاثیر منفی در پارامترهای رنگ و حسی با <۲درصد	(٨٥)
محصولات آلو خشک	فیله مارینادمرغ	ویژگی‌های حسی و عملکردی مشابه	(١١)
پلاسمای خون	سوسیس فرانکفورتر	ظرفیت نگهداری آب مشابه، بهبود اتلاف پخت، بافت و طعم	(٥٢)
پروتئین گوشت گاو	استیک‌های نواری گوشت گوساله	ویژگی‌های رنگی و حسی مشابه، ثبات میکروبی و پایداری اکسیداتیو	(٥٣)
فروکتوالیگوساکاریدها	ژامبون پخته شده	افزایش اتلاف پخت	(١٠)
پودرهای کلسیم از تخم مرغ و صدف	فرآورده‌های گوشتی پخته شده	عملکرد و ویژگی‌های بافتی مشابه	(٥٤)
نشاسته سیب زمینی و کربن سدیم	سوسیس گوشت خوک	بهبود عملکرد پخت	(٥٥)
نشاسته برنج و فروکتو الیگوساکارید	ژامبون پخته شده	بهبودWHC واثرمنفی بر اتلاف پخت	(٤٤)
فیبر نخود و هویج	فرآورده‌های گوشتی چرخ شده	افزایش WHC	(٣٦)
ژلاتین ماهی مرکب	سوسیس گوشت بوقلمون	افزایشWHC	(٥٦)
پروتئین نخود	فرآورده‌های گوشتی چرخ شده	بهبود WHC وکاهش اتلاف پخت	(٣٧)
سبوس چاودار، سبوس جو و فیبر جو	سوسیس و کالباس کم چرب	افزایش خواص ژل شدن، کاهش اتلاف سرخ کردن با افزودن سبوس جو دوسر (٦ درصد) و بهبود ویژگی‌های حسی با افزودن سبوس چاودار (۲/۱درصد)	(٥٧)
کاراگینان	فرآورده‌های گوشتی چرخ شده	بهبود افت پخت وWHC	(٤٣)

نگاهی بر فناوری‌های نوین برای توسعه محصولات گوشتی با برچسب پاک: فرآوری حرارتی علاوه بر استفاده از مواد افزودنی، تنها روش شناخته شده عمومی برای کاهش فساد مواد غذایی است. با این حال، دمای بالای استفاده شده در طی این فرآیندها باعث تغییر در ساختار مواد غذایی، از بین رفتن قوام محصول و اکسیداسیون لیپیدها می‌شود که خود عامل اصلی فساد مواد غذایی است. این اثرات منفی بر خواص تغذیه‌ای، حسی و خطرات احتمالی سلامتی باعث ایجاد فناوری‌های جدیدی به نام تکنیک‌های فرآوری غیر حرارتی شده است (۳۸).



شکل۵- اثر فرآیند فشار بالا بر ساختار گوشت (الف) غشای سلولی (ب) پروتئین‌ها (ج) میوفیبریل‌ها (۵۸).

Figure 5. Effect of high pressure process on meat structure (a) cell membrane (b) proteins (c) myofibrils (58).

از طرف دیگر تقاضای مصرف کننده برای غذاهایی با کیفیت بالا و کمتر فرآوری شده با حداقل مواد افزودنی منجر به تغییر فناوری‌های نوآورانه با عنوان فرآیند پاک غیرحرارتی مانند اولتراسوند، فرآیند فشار بالا، فناوری پلاسما[9]، اشعه ایکس پالسی، اولترافیلتراسیون[10] و روش‌های الکتریکی شده است. این فناوری‌های غیرحرارتی می‌توانند با حفظ ارزش حسی و تغذیه‌ای و همچنین با تضمین ایمنی میکروبی غذاهای فرآوری شده بر معایب فناوری‌های حرارتی غلبه کنند (۵۷). لازم به ذکر است برخی از این فناوری‌ها می‌توانند منجر به کاهش استفاده از فسفات در محصولات گوشتی شوند که در ادامه به صورت خلاصه به آن پرداخته شده است.

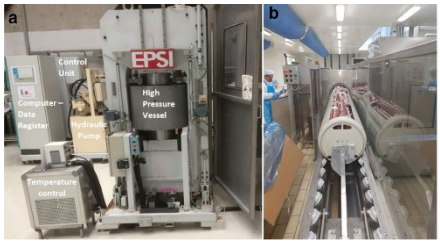
نگاهی بر کاهش مصرف فسفات در محصولات گوشتی با تکیه بر فرآیند پایدار فشار بالا: خواص ساختاری و فیزیکوشیمیایی پروتئین‌های میوفیبریلی (پروتئین‌های عضلانی اصلی) نقش مهمی در عملکرد فرآورده‌های گوشتی دارند. اثر فرآیند فشار بالا بر گوشت (غشاء سلولی، ساختار میوفیبریلی یا پروتئین‌ها) در شکل ۵ نشان داده شده است.

فرآیند فشار بالا، یک روش غیرحرارتی است که بر اساس اعمال فشار بالا (بین ۱۰۰ تا ۸۰۰ مگاپاسکال) و در دماهای ملایم (کمتر از ٤٥ درجه سانتی‌گراد) صورت می‌گیرد و توسط یک مایع (آب) به صورت یکنواخت به محصول وارد می‌شود. شکل ٦ نمونه‌های از واحدهای آزمایشی و صنعتی فرآیند فشار بالا را

[9] Plasma Technology

[10] Ultrafiltration

نشـــان می‌دهـد. فشـــار بـالا منجر با تغییر ســـاختار پروتئیـن‌هـــا، تجمع و ژله‌ای شـدن و بهـبـود عملکرد محصولات گوشتی می‌گردد.



شکل٦- تجهیزات آزمایشگاهی و صنعتی فرایند فشار بالا

(a) واحد HPP در مقیاس آزمایشی. (b) واحد HPP صنعتی با محصول (٦٠).

Figure 6. High pressure process laboratory and industrial equipment.
(a) Pilot-scale Hpp unit. (b) Industrial Hpp unit with product (60).

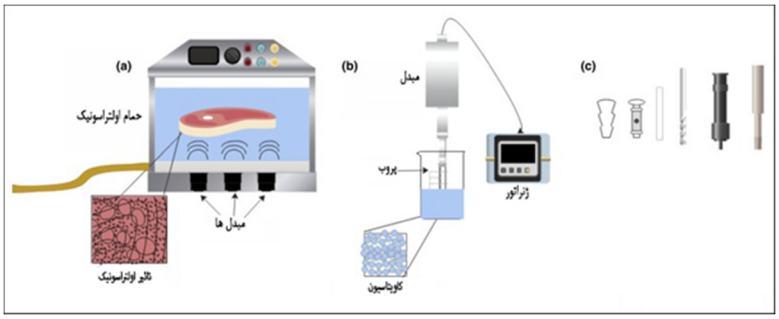
فرآیند فشـــار بالا نقش عمده‌ای در بهبود ظرفیت نگهداری آب محصولات گوشتی ایفا می‌کند. اثر HPP بر ظرفیت اتصـال آب (WBC) محصولات گوشتی در مطالعات مختلف گزارش شـده است (۵۷ و ۵۸). این فرآیند منجر به بهبود خواص ژل‌ســـازی پروتئین‌های گـوشـــــت، افـزایش WHC و ویژگی‌هـای بـافتی فرآورده‌های گوشتی می‌گردد. نتایج حاصل از مطالعات مختلف نشـــان داده اســـت کـه HPP باعث افزایش پایداری امولسـیون، چسـبندگی، سـفتی، صـمغیت و کاهش اتلاف پخت در فرآورده‌های گوشـتی می‌شـود (۵۷). در همین راســـتا Crehan و همکاران (۲۰۰۰) تاثیر HPP بر فرانکفورت‌ها با ســـطوح مختلف نمک ارزیابی کردند. بر اســـاس گزارش این محققان بهبود قـابـل‌توجهی در آبدار بودن محصـــول و ویژگی‌های بافتی مشـاهده شد (٦٠). Grossi و همکاران (۲۰۱۲) اثر تیمار HPP بر سـوسیس‌های کم‌نمک با فیبر هویج و یا نشـاسته سیب‌زمینی به عنوان جایگزین‌های نمک مورد مطـالعه قرار دادند. با فرمولاســـیون‌های مختلف نمک، فیبر هویج و یا نشـاسـته سـیب زمینی با ٤۰۰، ٦۰۰ یا ۸۰۰ مگاپاسکال به مدت ۵ دقیقه در دمای ۵ یا ٤۰ درجه سـانتی‌گراد تیمار شـدند. نتایج آزمایش‌های WBC ثابت کرد که ترکیب HPP و یک ماده کاربردی جدید ظرفیت نگهداری آب سوسیس‌های کم نمک را به همان سـطح سوسیس‌های پر نمک بهبود می‌بخشد (٦١).

فرآیند فشـار بالا حداقل تاثیری بر کیفیت حسی و ارزش غذایی دارد، اما تفاوت‌های محسـوس در رفتار حرارتی و تجمعی پروتئین‌هـا می‌توانـد رنـگ و بافت محصـــولـات را تعیین کنـد (۵۹ و ٦٢). O'Flynn و همکاران (۲۰۱٤) تاثیر اسـتفاده از فرآیند فشـار بالا به عنوان جایگزین فسـفات در سـوسیس‌های صبحانه از نظر ویژگی‌های فیزیکوشـــیمیایی و حســـی را مورد بررسی قرار دادند. این محققان با استفاده از تیمار HPP در ۱۵۰ و ۳۰۰ مگاپاسکال به مدت ۵ دقیقه سوسیس گوشـت قرمز با محتوای ۰، ۰,۲۵، ۰,۵ درصد فسفات تولیـد کردند. گزارش محققان مذکور حاکی از بهبود پایداری امولسـیون سـوسیس‌های بدون فسفات تیمار شـده با HPP، در مقایسه با کنترل بدون HPP بود. با ایـن حـال، کـاهـش جـزئـی در آبـدار بودن برای سـوسـیس‌های تیمار شـده با HPP گزارش گردید. بر اسـاس گزارش این محققان استفاده از تیمار HPP در ۱۵۰ مگاپاسکال به مدت ۵ دقیقه تأثیر مثبتی بر کاهش محتوای فسـفات در سوسیس‌های صبحانه کم‌چرب تا ۰/۲۵ درصد بدون هیچ گونه تأثیر منفی بر ویژگی‌های عملکردی داشـــت. علی رغم نتـایج موفقیـت آمیز مختلف، شـواهد به دست آمده از آزمایشات نشان داد

کـه برخی از اثرات منفی بر ویژگی‌هـای حســی و مقبولیـت فرآورده‌هـای گوشـتی وجود دارد. کـاهش خواص عملکردی در ســوسـیس‌ها در HPP (۳۰۰ مگاپاسـکال) مشاهده شد (٦٣). همچنین اعمال فشار بالا بیش از ٤٠٠ مگاپاسـکال، بر WHC و ویژگی‌های حسی محصول گوشتی تاثیر منفی داشت.

از ســوی دیگر، تیمار HPP به دلیل اثرات مفیدی مـانـنـد افـزایـش مـانـدگـاری بـا غیرفعـال کردن میکروارگانیســم‌ها و افزایش بهبود بافت و WHC در فرآورده‌های گوشــتی، به طور فزاینده‌ای در صــنعت گوشـت اسـتفاده می‌شود (٦٤). HPP با تغییر ساختار پروتئین که به سـطوح فشـار بستگی دارد تغییراتی در رنـگ، طعم یا ارزش غذایی و ویژگی‌های بافتی ایجاد می‌کند (٥٠). طبق مطالعات قبلی، اسـتفاده از HPP در کمتر از ۲۰۰ مگـاپـاســکـال بـه طور کلی WHC یا ویژگی‌های بافتی محصـولات گوشتی را بهبود می‌دهد (٦٥). با این حال، HPP بدون تیمار اضــافی به‌عنوان جایگزینی برای فسـفات در تولید محصـولات گوشتی کافی نیست (٦٦). زیرا اثرات نامطلوب HPP، از جمله اکسـیداسـیون لیپید و تغییر رنگ، گزارش شـده است (٦٧). Mariutti و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشـتند که اکسیداسیون ناشی از HPP می‌تواند با افزودن یک آنتی اکسـیدان مهار شـود. بنابراین، می‌توان این فرضـیه را مطرح کرد که کاربرد ترکیبی جایگزین‌های فسفات و HPP به صورت روش‌های ترکیبی ممکن است WHC، ویژگی‌هـای بافت و فعالیت ضــد باکتریایی را بهبود بخشـیده و از اکسـیداسیون ناشی از HPP محصولات گوشتی جلوگیری کند (٦٨). همچنین در گزارشی دیگر نشـان داده شد که استفاده از پودر مریم گلی در تولید همبرگرهای گوشــت گاو و فشــار ٦٠٠ مگاپاســکال، اکسیداسیون لیپید محصولات را طی ٦٠ روز نگهداری در سردخانه به تاخیر انداخت (٦٩).

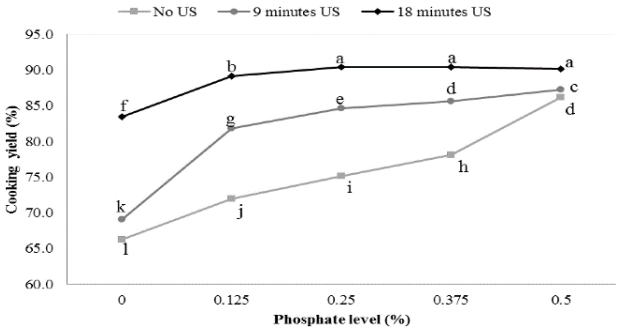
نگاهی بر کاهش فســفات با تکیه بر فرآیند پایدار اولتراســوند: اولتراســوند یک فناوری پردازش غیر حرارتی است که از انرژی صوتی در فرکانس‌های بالاتر از محدوده قابل شنیدن انسان (بیش از ۲۰ کیلوهرتز) و کمتر از فرکـانس‌هـای مـایکروویو (۱۰۰ کیلوهرتز) استفاده می‌کند. امواج اولتراسوند تولید مواد غذایی سالم بـا حـداقل فرآوری ممکن را فراهم کرده که در حال حاضـر بین مصـرف کنندگان بسـیار محبوب می‌باشد (شـکل۷). در رابطه با مکانیسم عمل امواج اولتراسوند می‌توان بیان داشـت که این امواج با ایجاد کاویتاسیون سبب تغییر در خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و از هم پاشیدگی ساختارهای سلولی می‌شود (۷۰ و ۷۱). همچنین استفاده از فرآیند اولتراسوند به دلیل توانایی آن در آسـیب رسـاندن به سـلول‌های بیولوژیکی به ویژه غشـای سـلول میکروبی، فسـاد غذایی ناشـی از رشد میکروارگانیسم‌ها را کاهش می‌دهد (۷۲).



شکل۷- (a) تجهیزات حمام اولتراسونیک و قطعات اصلی. (b) اولتراسونیک غوطه‌وری مستقیم و قطعات. (c) پروب‌های مختلف در اولتراسونیک غوطه‌وری مستقیم (۸۵)

Figure 7. (a) Ultrasonic bath equipment and main parts. (b) Direct immersion ultrasound and parts. (c) Different probes or horns used in direct immersion ultrasound. (85)

اطلاعات دقیق در مورد مکانیسم‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی که باعث اثرات فرآیند اولتراسوند می‌شود را می‌توان در چندین بررسی جامع یافت (۵, ۷۳). اولتراسوند کاربردهای زیادی در محصولات گوشتی دارد از جمله بهبود فرآیند ترد کردن گوشت (۷٤ و ۷۵)، بروز فعالیت ضد میکروبی در گوشت و فرآورده‌های گوشتی (۷٦) و افزایش ماندگاری (۷۷). علاوه بر این، فرآیند اولتراسوند به عنوان پیش تیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد که تأثیر کمی بر خواص ارگانولپتیکی و ارزش غذایی فرآورده‌های گوشتی دارد (۷۱،۷۰). استفاده از این تکنیک در استراتژی کاهش فسفات می‌تواند سبب بهبود عملکرد مواد تشکیل دهنده فرآورده‌های گوشتی، بهبود توزیع مواد و منجر به اثربخشی بر پارامترهای کیفی فرآورده‌های گوشتی گردد (۵). در حقیقت، استفاده از فرآیند اولتراسوند امکان کاهش استفاده از مواد افزودنی مانند فسفات‌ها را به دلیل توانایی که در بهبود خواص امولسیون و ژل شدن پروتئین‌ها فراهم می‌سازد (۷۸, ۷۹). در همین راستا Pinton و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که کارایی اولتراسوند در امولسیون‌های گوشتی تحت تاثیر پارامترهای فرآیند هنگام اعمال اولتراسوند (۲۵ کیلوهرتز، ۲۳۰ وات) و زمان (مدت ۹ یا ۱۸ دقیقه) قرار دارد. بر اساس گزارش این محققان استفاده از فرآیند اولتراسوند به مدت ۱۸ دقیقه می‌تواند نواقص ناشی از کاهش ۵۰ درصدی فسفات را برطرف کند (۷۸). در مطالعه دیگری کاهش سطح فسفات در تیمارهای شاهد (بدون استفاده از فرآیند اولتراسوند) منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد پخت گردید. این محققان بیان کردند که عملکرد پخت نمونه‌ها با جایگزینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصدی فسفات، به‌ترتیب ۹/۳٤، ۱۲/۷۵، ۱٦/٤۵ درصد و ۲۳/۱ درصد کاهش یافت این در حالی است که بازده پخت محصول با به کارگیری تیمار اولتراسوند در سطوح مشابه کاهش فسفات، به طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل ۸). بر اساس گزارش این محققان افزایش مدت زمان تیمار اولتراسوند به مدت ۱۸ دقیقه سبب بهبود بازده پخت شد. لازم به ذکر است ویژگی‌های این فناوری باعث کاهش یا حذف مواد افزودنی مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی شده و از این رو در تولید محصولات با برچسب پاک می‌تواند کاربرد چشمگیری داشته باشد (۷۲ و ۸۰).

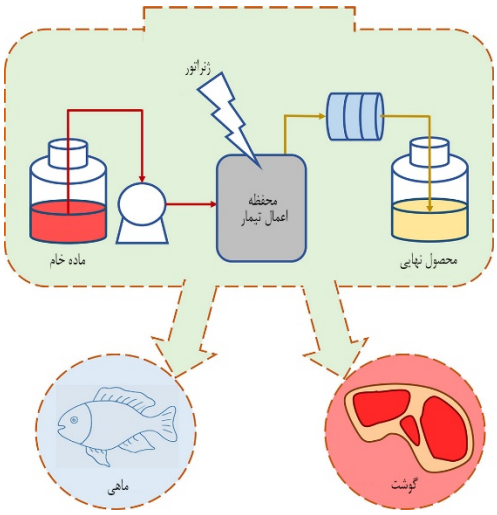


شکل۸- بررسی تاثیر زمان امواج اولتراسوند بر بازدهی پخت محصولات در سطوح مختلف جایگزینی فسفات در فرمولاسیون (۷۹)

Figure 8. Investigating the effect of the time of ultrasound waves on the cooking efficiency of products at different levels of phosphate substitution in the formulation. (79)

تکنولوژی اولتراسوند می‌تواند باعث اصلاح ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت نگهداری روغن (OHC) بدون هیچگونه تاثیر نامطلوبی بر خواص محصول گردد. مطالعات Resendiz و همکاران (۲۰۱۷) تغییر قابل‌توجهی ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت نگهداری روغن ایزوله‌های پروتئین دانه جک فروت با استفاده از اولتراسوند با شدت بالا به مدت ۱۵ دقیقه در فرکانس ۲۰ کیلوهرتز با سطح توان

ورودی ۲۰۰، ٤۰۰ یا ٦۰۰ وات گزارش کردند (۸۱). در هیمن راستا، Köhn و همکاران (۲۰۱٦) اثرات اولتراسوند را بر ظرفیت جذب آب پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها در یک حمام آب اولتراسونیک با فرکانس ٤۰ کیلوهرتز به مدت ۱۵ و ۳۰ دقیقه را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس گزارش این محققان، افزایش قابل توجهی در ظرفیت جذب آب پلی ساکاریدها مشاهده گردید. بنابراین، این توانایی اولتراسوند برای کاهش افزودنی‌ها، بهبود توزیع مواد در فرآورده‌های گوشتی و افزایش عملکرد مواد می‌تواند به عنوان یک رویکرد در جهت کاهش فسفات در فرآورده های گوشتی مورد استفاده قرار گیرد (۸۲).



شکل۹- میدان الکتریکی پالسی (۸۷)

Figure 9- Pulsed electric field. (87)

سایر تکنولوژی‌های نوین پایدار جایگزین فسفات: میدان‌های الکتریکی پالسی (شکل۹) و موج ضربه‌ای (SW) دو فناوری نوظهور برای کاربرد در محصولات گوشتی هستند. علاوه بر پلاسمای سرد، اشعه ماوراء بنفش و ازن به عنوان تکنولوژی نوین پایدار استفاده می‌شود. میدان‌های الکتریکی پالسی و موج ضربه‌ای با تکیه بر پتانسیل پارگی ماتریکس گوشت می‌توانند با شکستن پروتئین‌ها، تعامل مواد با پروتئین‌ها را بهبود بخشند. Toepfl و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که PEF به عنوان جایگزین فسفات می‌تواند WHC، عملکرد و بافت ژامبون‌های تزریقی را بهبود بخشد (۸۳). به‌طور مشابه، درحالی که SW مستقیما از نظر حذف فسفات ارزیابی نشده است. در مطالعه دیگر اعمال تیمار SW بر سوسیس‌های حاوی سطوح مختلف نمک (۱/۸-۱/۹ درصد یا ۲/۲-۲/٤ درصد NaCl)، کاهش اتلاف پخت را در محصولات حاوی ۱/۸-۱/۹ درصد NaCl کاهش دهد (۵).

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روز افزون دانش و شناخت مصرف کنندگان نسبت به سموم کشاورزی و افزودنی‌های مصنوعی مورد استفاده در صنعت غذا، صنعتگران را بر این داشت تا به دنبال مواد و روش‌های جایگزین در صنعت گوشت باشند. یک محصول گوشتی با برچسب پاک فقط باید حاوی مواد تشکیل دهنده دستور العمل‌های سنتی باشد که به راحتی توسط مصرف کنندگان تشخیص داده می‌شوند. مواد و تکنیک‌های متفاوتی جهت جایگزینی فسفات به کار

گرفته شـده، اما باید درنظر داشـت که مطالعات انجام گرفته روی اسـتراتژی‌های کاهش فسـفات با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی محصولات گوشـتی فرآوری شده انجام شود. ترکیب فناوری‌های نـوینی مـانند HPP و US بـا مواد طبیعی جهـت جایگزینی فسـفات به عنوان استراتژی دوگانه می‌تواند یک راه حل مناسب باشد. اگرچه مطالعات ثابت کرده اسـت کـه تکنیـک‌های جایگزین مزایای متعددی از جمله بهبود بافت و افزایش پایداری امولسـیونی را در فرآورده‌های گوشـتی دارند، اثرات منفی حاصل از این تکنیک‌ها بر کیفیت محصولات گوشتی پوشیده نیست. اما در بین تکنولوژی‌های مورد اسـتفاده در جایگزینی فسـفات اسـتفاده از فرآیند فشـار بالا باتوجه به قابلیت‌هایی که دارد به همراه فیبر مرکبات (به‌صـورت روش ترکیبی) مناسب ترین و بهترین روش جایگزینی فسفات می‌باشد. از این رو به نظر می‌رسد که تحقیقات آینده به سـمت استفاده از ترکیبی از فناوری‌های نوین و جایگزین ترکیبات طبیعی به‌منظور بهبود فرآورده‌های گوشـتی و تامین محصـولات گوشـتی ایمن‌تر و مغذی‌تری سوق داده شود.

References

1. Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. Food Research International. 99, 58-71.
2. Yong, H.I., Kim, T-K., Choi, H-D., Jang, HW., Jung, S., & Choi, Y-S. (2021). Clean label meat technology: Pre-converted nitrite as a natural curing. Food Science of Animal Resources. 41(2):173.
3. Potrykus, M., Czaja-Stolc, S., Małgorzewicz, S., Proczko-Stepaniak, M., & Dębska-Ślizień, A. (2023). Diet Management of Patients with Chronic Kidney Disease in Bariatric Surgery. Nutrients. 15(1), 165.
4. Calvo, M.S., & Uribarri, J. (2013). Public health impact of dietary phosphorus excess on bone and cardiovascular health in the general population. The American journal of clinical nutrition. 98(1):6-15.
5. Thangavelu, K.P., Kerry J.P., Tiwari B.K., & McDonnell, C.K. (2019). Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. Trends in Food Science & Technology. 94: 43-53.
6. León, J.B., Sullivan, C.M., Sehgal, A.R. (2013). The prevalence of phosphorus-containing food additives in top-selling foods in grocery stores. Journal of Renal Nutrition. 23(4): 265-70. e2.
7. Lampila LE. (2013). Applications and functions of food grade phosphates. Annals of the New York academy of sciences, 1301(1): 37-44.
8. Long, NHBS, Gál R., & Buňka, F. (2011). Use of phosphates in meat products. African Journal of Biotechnology. 10(86):19874-82.
9. Younis, K,, & Ahmad, S. (2015). Waste utilization of apple pomace as a source of functional ingredient in buffalo meat sausage. Cogent Food & Agriculture. 1(1):1119397.
10. Resconi, V.C., Keenan, D.F., Gough, S., Doran, L., Allen, P., Kerry, J.P. et al. (2015). Response surface methodology analysis of rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams. LWT-Food Science and Technology. 64(2):946-58.
11. Delgado-Pando, G., Ekonomou S.I., Stratakos, A.C., & Pintado, T. (2021). Clean label alternatives in meat products. Foods. 10(7):1615.
12. Balestra, F., & Petracci, M. (2019). Technofunctional ingredients for meat products: Current challenges. Sustainable meat production and processing: Elsevier, p. 45-68.
13. Branen, A.L., Davidson, P., Salminen, S., Thorngate, III, J. (2002). Food Additives Second Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker AG, 953p.
14. Feiner, G. (2006). Meat products handbook: Practical science and technology: Elsevier, 672p.

15. Gyawali, R., & Ibrahim, S.A. (2016). Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. Trends in food science & technology. 56:61-76.
16. Ozuna, C., Puig, A., García-Pérez, J. V., Mulet, A., & Cárcel, J. A. (2013). Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural properties of pork meat (Longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations. Journal of Food Engineering. 119(1), 84-93.
17. Glorieux, S., Goemaere, O., Steen, L., & Fraeye, I. (2017). Phosphate reduction in emulsified meat products: Impact of phosphate type and dosage on quality characteristics. Food Technology and Biotechnology. 55(3):390.
18. Puolanne, E., & Halonen, M. (2010). Theoretical aspects of water-holding in meat. Meat science. 86(1):151-65.
19. Lampila, L. E., & McMillin, K. W. (2017). Phosphorus additives in food processing. Clinical aspects of natural and added phosphorus in foods. 99-110.
20. Chen, X., Tume, R. K., Xiong, Y., Xu, X., Zhou, G., Chen, C., & Nishiumi, T. (2018). Structural modification of myofibrillar proteins by high-pressure processing for functionally improved, value-added, and healthy muscle gelled foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 58(17), 2981-3003.
21. Rice-Evans, C., Miller, N., Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in plant science. 2(4):152-9.
22. Kumar, Y., Yadav, D.N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. (2015). Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products .Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 14(6):796-812.
23. Ahn, J., Grün, I.U., & Mustapha, A. (2004). Antimicrobial and antioxidant activities of natural extracts in vitro and in ground beef. Journal of food protection.67(1):148-55.
24. Zheng, W., & Wang, S.Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. Journal of Agricultural and Food chemistry. 49(11):5165-70.
25. Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., & Anackov, G. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. Journal of agricultural and food chemistry. 54(5): 1822-8.
26. Shah, M.A., Bosco, SJD, & Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. Meat science. 98(1):21-33.
27. Oswell, N.J., Thippareddi, H., & Pegg R.B. (2018). Practical use of natural antioxidants in meat products in the US: A review. Meat science. 145:469-79.
28. Martínez, L., Ros, G., & Nieto, G. (2018). Hydroxytyrosol: Health benefits and use as functional ingredient in meat. Medicines. 5(1):13.
29. Martínez-Zamora L., Ros G., & Nieto, G. (2020). Synthetic vs. Natural Hydroxytyrosol for Clean Label Lamb Burgers. Antioxidants. 9(9):851.
30. Fernandez-Lopez J., Zhi N., Aleson-Carbonell L., Pérez-Alvarez Ja., & Kuri V. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. Meat science. 69(3):371-80.
31. Kim I-S., Yang M-R., Lee O-H., & Kang S-N. (2011). Antioxidant activities of hot water extracts from various spices. International journal of molecular sciences. 12(6):4120-31.
32. Choe J., Lee J., Jo K., Jo C., Song M., & Jung S. (2018). Application of winter mushroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type sausages. Meat science. 143:114-8.
33. Grispoldi, L., Ianni, F., Blasi, F., Pollini, L., Crotti, S., Cruciani, D., ... & Cossignani, L. (2022). Apple Pomace as Valuable Food Ingredient for Enhancing Nutritional and Antioxidant Properties of Italian Salami. Antioxidants. 11(7), 1221.
34. Parsons A., VanOverbekem D., Goad C., & Mireles DeWitt, C. (2011). Retail display evaluation of steaks from select beef strip loins injected with a brine containing 1% ammonium hydroxide. Part 1: fluid loss, oxidation, color, and microbial plate counts .Journal of food science. 76(1):S63-S71

35. Savica V., Maiolino G., Calò LA. (2016). To reconsider (limit) the use of phosphate based food and beverages additives. A real need for health preservation. Clinical Nutrition. 35(1):240.
36. Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. Trends in food science & technology, 33(1):27-39.
37. Pietrasik, Z., & Janz, J. (2010). Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. Food Research International. 43(2):602-8.
38. Sun, X.D., & Arntfield, S.D. (2012). Molecular forces involved in heat-induced pea protein gelation: Effects of various reagents on the rheological properties of salt-extracted pea protein gels. Food Hydrocolloids. 28(2):325-32.
39. Delcour JA, Poutanen K . 2013. Fibre-rich and wholegrain foods: improving quality: Elsevier, 459p.
40. Muñoz, L.A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J.M. (2013). Chia seed (Salvia hispanica): an ancient grain and a new functional food. Food reviews international. 29(4):394-408.
41. Câmara AKFI, Vidal V.A.S., Santos, M., Bernardinelli, O.D., Sabadini, E., & Pollonio, M.A.R. (2020). Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. Meat Science. 163:1080.85.
42. Genccelep, H., Saricaoglu, F.T., Anil, M., Agar, B., & Turhan, S. (2015). The effect of starch modification and concentration on steady-state and dynamic rheology of meat emulsions. Food Hydrocolloids. 48:135-48.
43. Resconi, V.C., Keenan, D.F., Barahona, M., Guerrero, L., Kerry, J.P., Hamill, R.M. (2016). Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: Sensory analysis and consumer preferences. LWT-Food Science and Technology. 66:284-92.
44. Cox, S., & AbuGhannam, N. 2013. Enhancement of the phytochemical and fibre content of beef patties with H imanthalia elongata seaweed. International journal of food science & technology. 48(11), 2239-2249.
45. Kim, H. W., Choi, J. H., Choi, Y.S., Han, D. J., Kim, H. Y., Lee, M. A., … Kim, C. J. (2010). Effects of sea tangle (Lamina japonica) powder on quality characteristics of breakfast sausages. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 30(1), 55– 61
46. Öztürk Kerimoğlu B, Serdaroğlu M. Powder/gelled inulin and sodium carbonate as novel phosphate replacers in restructured chicken steaks. (2019). Journal of Food Processing and Preservation. 43(12):e14243.
47. Powell, M. J., Sebranek, J. G., Prusa, K. J., & Tarté, R. (2019). Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage. Meat science. 157, 107883.
48. Magalhães, IMC., Paglarini, CdS., Vidal, V.A.S., & Pollonio MAR. (2020). Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate free Bologna sausage. Journal of Food Processing and Preservation. 44(12):e14929.
49. Roidoung, S., Ponta, N., & Intisan, R. (2020). Mango peel ingredient as salt and phosphate replacement in chicken breast marinade. International Journal of Food Studies. 9(1).
50. Lee, H., Choe, J., Yong, H.I., Lee, H.J., Kim, H.J., & Jo, C. (2018). Combination of sea tangle powder and high-pressure treatment as an alternative to phosphate in emulsion type sausage. Journal of Food Processing and Preservation. 42(9):e13712.
51. Hurtado, S., Saguer, E., Toldrà, M., Parés, D., & Carretero, C. (2012). Porcine plasma as polyphosphate and caseinate replacer in frankfurters. Meat science. 90(3):624-8.
52. Lowder, A.C., Goad, C.L., Lou, X., Morgan, J.B., DeWitt, CAM. (2011). Evaluation of a dehydrated beef protein to replace sodium-based phosphates in injected beef strip loins. Meat Science. 89(4):491-9.
53. Cho, M.G., Bae, S.M., Jeong, J.Y. (2017). Egg shell and oyster shell powder as alternatives for synthetic phosphate :Effects on the quality of cooked ground pork products. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 37(4):571.

54. Prabhu, G., & Husak, R. (2014). Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins. Meat Science. 1(96):454-5.
55. Jridi, M., Abdelhedi, O., Souissi, N., Kammoun, M., Nasri, M., & Ayadi, M. A. (2015). Improvement of the physicochemical, textural and sensory properties of meat sausage by edible cuttlefish gelatin addition. Food bioscience. 12, 67-72.
56. Petersson, K., Godard, O., Eliasson, A-C., & Tornberg E. (2014). The effects of cereal additives in low-fat sausages and meatballs. Part 1: Untreated and enzyme-treated rye bran. Meat Science. 96(1):423-8.
57. Inguglia, E.S,, Zhang, Z., Tiwari, B.K,, Kerry, JP., Burgess, C.M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products–A review. Trends in Food Science & Technology. 59:70-8.
58. Roobab, U., Khan, A. W., Lorenzo, J. M., Arshad, R. N., Chen, B. R., Zeng, X. A., ... & Aadil, R. M. (2021). A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing (2018–2021). Food Research International. 150, 110792.
59. Bolumar, T., Orlien, V., Sikes, A., Aganovic, K., Bak, K.H., Guyon, C. et al . (2021). High pressure processing of meat: Molecular impacts and industrial applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 20(1):332-68.
60. Crehan, C., Troy, D., Buckley, D. (2000). Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. Meat Science. 55(1):123-30.
61. Grossi, A., Søltoft-Jensen, J., Knudsen, J.C., Christensen, M., & Orlien, V. (2012). Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. Meat Science. 92(4):481-9.
62. Speroni, F., Szerman, N., Vaudagna, S.R. (2014). High hydrostatic pressure processing of beef patties: Effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 23:10-7.
63. O'Flynn, C., Cruz-Romero, M., Troy, D., Mullen, A., & Kerry, J. (2014). The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages. Meat Science. 96(1):633-9.
64. Ito, K., & Hori, K. (1989). Seaweed: Chemical composition and potential food uses. Food Reviews International. 5(1), 101– 144.
65. Sun, X. D., & Holley, R. A. (2010). High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products. Journal of Food Science. 75(1), R17– R23.
66. Sikes, A. L., Tobin, A. B., & Tume, R. K. (2009). Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 10(4), 405– 412.
67. Trespalacios, P., & Pla, R. (2007). Synergistic action of transglutaminase and high pressure on chicken meat and egg gels in absence of phosphates. Food Chemistry. 104(4), 1718– 1727.
68. Mariutti, L. R., Orlien, V., Bragagnolo, N., & Skibsted, L. H. 2008. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. European Food Research and Technology. 227(2), 337– 344.
69. Mizi L, Cofrades S, Bou R, Pintado T, López-Caballero M, Zaidi F, et al . 2019. Antimicrobial and antioxidant effects of combined high pressure processing and sage in beef burgers during prolonged chilled storage. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 51:32-40.
70. Kapturowska, A., Stolarzewicz, I., Bialecka-Florjanczyk, E., & Chmielewska, I. 2011. Ultradźwięki–narzędzie do inaktywacji komórek drożdży oraz izolacji białek wewnątrzkomórkowych. Żywność Nauka Technologia Jakość. 18(4).
71. Tsukamoto I, Yim B, Stavarache C, Furuta M, Hashiba K, Maeda Y . 2004. Inactivation of Saccharomyces cerevisiae by ultrasonic irradiation. Ultrasonics sonochemistry. 11(2):61-5.
72. Rudy M, Kucharyk S, Duma-Kocan P, Stanisławczyk R, Gil M . 2020. Unconventional methods of preserving meat products and their impact on health and the environment. Sustainability. 12(15):5948.

73. Vickers, N. J. 2017. Animal communication: when i'm calling you, will you answer too?. Current biology, 27(14), R713-R715.
74. Warner R, McDonnell CK, Bekhit A ,Claus J, Vaskoska R, Sikes A, et al . 2017. Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderisation. Meat science. 132:72-89.
75. Chang HJ, Wang Q, Tang CH, Zhou GH . 2015. Effects of ultrasound treatment on connective tissue collagen and meat quality of beef semitendinosus muscle. Journal of Food Quality. 38(4):256-67.
76. Kang D-c, Gao X-q, Ge Q-f, Zhou G-h, Zhang W-g . 2017. Effects of ultrasound on the beef structure and water distribution during curing through protein degradation and modification. Ultrasonics Sonochemistry. 38:317-25.
77. Alarcon-Rojo AD, Carrillo-Lopez LM, Reyes-Villagrana R, Huerta-Jiménez M, Garcia-Galicia IA . 2019. Ultrasound and meat quality: A review. Ultrasonics Sonochemistry. 55:369-82.
78. Pinton MB, Correa LP, Facchi MMX, Heck RT, Leães YSV, Cichoski AJ, et al . 2019. Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. Meat Science. 152:88-95.
79. Zhang F, Zhao H, Cao C, Kong B, Xia X, Liu Q . 2021. Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%. Ultrasonics Sonochemistry. 71:105379.
80. Al Hilphy AR, Al Temimi AB, Al Rubaiy HHM, Anand U, Delgado Pando G, Lakhssassi N . 2020. Ultrasound applications in poultry meat processing: A systematic review. Journal of Food Science. 85(5):1386-96.
81. Resendiz-Vazquez J, Ulloa J, Urías-Silvas J, Bautista-Rosales P, Ramírez-Ramírez J, Rosas-Ulloa P, et al . 2017. Effect of high-intensity ultrasound on the technofunctional properties and structure of jackfruit (Artocarpus heterophyllus) seed protein isolate. Ultrasonics Sonochemistry. 37:436-44.
82. Köhn, C. R., Almeida, J. C., Schmidt, M. M., Vidal, A. R., Kempka, A. P., Demiate, I. M., ... & Prestes, R. C. 2016. Evaluation of water absorption capacity of ingredients and additives used in the meat industry submitted to different saline concentrations and ultrasound. International Food Research Journal. 23(2), 653.
83. Toepfl, S., Heinz, V., & Knorr, D. 2006. Pulsed electric fields (PEF) processing of meat. In 13th World Congress of Food Science & Technology.pp. 591-591.
84. Choi, Y. S., Kim, Y. B., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, H. W., ... & Kim, C. J. 2016. Effect of apple pomace fiber and pork fat levels on quality characteristics of uncured, reduced-fat chicken sausages. Poultry Science. 95(6), 1465-1471.
85. 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.
86. Gómez, B., Munekata, P. E., Gavahian, M., Barba, F. J., Martí-Quijal, F. J., Bolumar, T., ... & Lorenzo, J. M. (2019). Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. Food research international. 123, 95-105.
87. Goemaere, O., Glorieux, S., Govaert, M., Steen, L., & Fraeye, I. (2021). Phosphate elimination in emulsified meat products: Impact of protein-based ingredients on quality characteristics. Foods. 10(4), 882.
88. Anjaneyulu, A. S. R., Sharma, N., & Kondaiah, N. (1989). Evaluation of salt, polyphosphates and their blends at different levels on physicochemical properties of buffalo meat and patties. Meat Science. 25(4), 293-306.
89. Resconi, V. C., Keenan, D. F., Gough, S., Doran, L., Allen, P., Kerry, J. P., & Hamill, R. M. (2015). Response surface methodology analysis of rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams. LWT-Food Science and Technology. 64(2), 946-958.