تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۱/ شماره ۷۲/بهار و تابستان ۱۴۰۱ /ص ۱۰۸-۹۳

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

تأثیر جایگزینی نسبی فسفات با نشاستهٔ اصلاح شدهٔ سیب‌زمینی در فرمولاسیون سوسیس کوکتل

زهرا ملک‌زاده[۱]، سید ابراهیم حسینی[۲*] و هما بهمدی[۳]

۱ و ۲- به ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد؛ و استاد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۰/۲۸

چکیده

فسفات‌ها در بسیاری از مواد غذایی فرایندشده به عنوان پایدارکننده و امولسیفایر به کار می‌روند. از فسفات‌ها در بیش از ٦٥ درصد فراورده‌های گوشتی استفاده می‌شود. با توجه به مخاطرات احتمالی مصرف فسفات‌ها برای سلامتی و نیز با توجه به‌تمایل مصرف‌کنندگان به خرید فراورده‌های فاقد فسفات یا با فسفات کاهش‌یافته، در سال‌های اخیر مطالعات متعددی برای جایگزینی فسفات در فراورده‌های گوشتی شده است. به دلیل ویژگی‌های عملکردی منحصر به فرد فسفات‌ها، از لحاظ تکنولوژیکی حذف کامل آنها چالش برانگیز است. هدف از پژوهش حاضر، جایگزینی نسبی فسفات به میزان ۵۰ درصد اولیه، در سوسیس کوکتل با نشاستهٔ اصلاح شدهٔ سیب‌زمینی است. اثر افزودن سه نوع نشاسته بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سوسیس شامل pH، افت پخت، سفتی بافت، ویژگی‌های میکروبی (*کلی‌فرم، اشریشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس، کلستریدیوم پرفرینژنز، سالمونلا* و کپک و مخمر) و ویژگی‌های حسی (رنگ، مزه، عطر و بو، بافت و پذیرش کلی) در سیستم هدونیک ۵ امتیازی و طی سی روز نگهداری (زمان‌های صفر، ۱۵ و ۳۰ روز بعد از تولید) بررسی شد. این سه نوع نشاسته عبارت‌اند از: استیلیتد دی استارچ آدیپات (Acetylated distarch adipate)، هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (Hydroxypropyl distarch phosphate) و استارچ سدیم اکتنیل سوکسینات (Starch sodium octenyl succinate) در دو سطح ۱/۳۵ و ۲/۷ درصد در مقایسه با نمونه‌های سوسیس تولید شده با فسفات تجاری (نمونهٔ شاهد- فاقد نشاستهٔ اصلاح شده). جایگزین کردن فسفات با نشاستهٔ اصلاح شده تفاوت معنی‌داری در pH نمونه‌ها با شاهد ایجاد نکرد. تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) در میزان افت پخت نمونه‌های حاوی ۱/۳۵ درصد نشاسته اصلاح شده، با نمونه شاهد مشاهده نشد. افت پخت در سوسیس‌های حاوی ۲/۷ درصد نشاسته اصلاح شده که میزان رطوبت بالاتری داشتند، به صورت معنی‌داری بیشتر بود. تمامی نمونه‌ها از نظر میکروبی مطابق استانداردهای ملی ایران بودند. نمونه‌های سوسیس فرموله شده، در زمان صفر تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) با شاهد نداشتند. پس از ۳۰ روز نگهداری، بار میکروبی تیمارهای حاوی ۱/۳۵ درصد استیلیتد دی استارچ آدیپات و هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات کمتر از بار میکروبی شاهد بود. افزایش مقدار نشاسته به ۲/۷ درصد، صرف‌نظر از نوع آنها، باعث افزایش بار میکروبی شد. در این تحقیق مطلوب‌ترین فرمول از نظر کیفی سوسیس‌های حاوی ۱/۳۵ درصد نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات بودند. سوسیس‌های حاوی ۲/۷ درصد نشاسته اصلاح شده استارچ سدیم اکتنیل سوکسینات در مقایسه با سایر فرمولاسیون‌ها مطلوبیت کمتری داشتند.

واژه‌های کلیدی

افزودنی‌های شیمیایی، فسفات کاهش‌یافته، ظرفیت نگهداری آب، محصولات گوشتی

مقدمه

فسفات‌ها برای سلامتی انسان از جنبه‌های مختلف ضروری هستند؛ برای رشد، بقای سلامتی، ترمیم سلول‌ها و بافت‌ها، انتقال پیام‌های عصبی در بدن، انتقال انرژی و سایر عملکردهای حیاتی بااهمیت‌اند. این مواد در بسیاری از مسیرهای

* نگارنده مسئول: Email: ebhoseini@srbiau.ac.ir

http://doi: 10.22092/fooder.2022.354081.1299

© 2022,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

متابولیکی نقش دارند و به طور طبیعی به صورت استرهای آلی در مواد غذایی مانند تخم‌مرغ، گوشت، سیب‌زمینی و غلات وجود دارند. به طور کلی، مقدار توصیه شده برای دریافت روزانهٔ فسفر در رژیم غذایی (RDA)[1] برای بزرگسالان سالم ۷۰۰ میلی‌گرم در روز است. معمولاً مقدار فسفر دریافتی بیشتر از این میزان است (Razzaque, 2020). فسفات به راحتی از طریق کلیه دفع می‌شود. با این حال، افرادی که عملکرد کلیهٔ آنها ضعیف است، مانند بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه (CKD)[2] باید از لحاظ دریافت فسفر در رژیم غذایی تحت نظارت باشند تا از وقوع هایپرفسفاتمیا[3] جلوگیری شود (Bacchetta *et al.*, 2020). علت اصلی دریافت بیش از حد نیاز در بدن، وجود فسفر غیر آلی مانند فسفات (P_2O_5) به صورت افزودنی غذایی در مواد غذایی فرایند شده است. فسفات معدنی به طور کلی بی‌خطر (GRAS)[4] در نظر گرفته می‌شود و افزودنی غذایی مؤثری در بسیاری از مواد غذایی فرایند شده مانند فراورده‌های گوشتی، ژامبون، سوسیس، پنیر، ماهی کنسرو شده، نوشیدنی‌ها و محصولات نانوایی به شمار می‌رود. اداره غذا و داروی آمریکا (FDA) برای افزودن فسفات در مواد غذایی مقادیر بیشینه تعیین کرده است (Dykes *et al.*, 2019). مطالعات نشان می‌دهد در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰، به دلیل افزایش مصرف مواد غذایی فرایند شده، دریافت فسفر دو برابر شده و از ۵۰۰ میلی‌گرم در روز به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در روز افزایش یافته است (Kalantar-Zadeh *et al.*, 2010). تحقیقات لئون و همکاران (Leon *et al.*, 2013) نشان می‌دهد که بالغ بر ۷۰۰-۸۰۰ میلی‌گرم از فسفر دریافتی روزانه در ایالات متحده از طریق غذاهای فرایند شده است و ۴۴ درصد از پرفروش‌ترین مواد غذایی حاوی افزودنی‌های فسفاته هستند. ادعاهایی مبنی بر افزایش نگران‌کنندهٔ مقدار فسفر دریافتی در نوزادان، کودکان و نوجوانان دارای رژیم‌های غذایی با فسفات بالا گزارش شده است (Wyers, 2019). حضور مقادیر بیش از حد مجاز فسفر در رژیم غذایی می‌تواند بر تعادل کلسیم و منیزیم در بدن اثرگذار باشد و ریسک ابتلا به بیماری‌های مرتبط با استخوان را افزایش دهد (Ciosek *et al.*, 2021).

افزایش مصرف فسفات به صورت افزودنی در مواد غذایی، به دلیل ویژگی‌های عملکردی منحصر به فرد این ماده در بهبود کیفیت محصول است. فسفات‌ها به عنوان بافر، کلاته کننده، اسیدی/ باز کننده، تسریع کنندهٔ تشکیل ژل، پراکنده کنندهٔ مواد در ماتریکس اصلی، رسوب دهنده و تبادل کنندهٔ یون کاربرد دارند. در گوشت و فراورده‌های گوشتی، فسفات‌ها به دلایل مختلف از جمله به عنوان تثبیت کنندهٔ pH، افزایش دهندهٔ ظرفیت نگهداری آب (WHC)[5]، کاهش دهندهٔ افت پخت[6] بهبود دهندهٔ بافت و ویژگی‌های حسی محصول نهایی مصرف می‌شوند (Dykes *et al.*, 2019). بر اساس قوانین اتحادیهٔ اروپا، حداکثر مقدار مجاز فسفات در مواد گوشتی فرایند شده ۵۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر حسب فسفات (P_2O_5) است (EC. No. 1333/2008, 2008). بر اساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲۳۰۳، بیشینهٔ قابل قبول فسفر کل در سوسیس بر حسب P_2O_5 مقدار ۰/۶۷ درصد وزنی در نظر گرفته شده است (سازمان ملی استاندارد، ۱۴۰۰).

در حال حاضر تمایل روزافزونی در بین مصرف‌کنندگان برای مصرف مواد غذایی طبیعی یا

1- Recommended Dietary Allowance
2- Chronic kidney disease
3- Hyperphosphatemia
4- Generally Regarded as Safe
5- Water holding capacity
6- Cooking loss

فرایند شده با حداقل افزودنی‌های شیمیایی وجود دارد که منجر به گسترش تمایل به برچسب‌های تمیز[1] و تکنولوژی‌های سبز[2] شده است. گرچه تعریف دقیقی برای برچسب تمیز وجود ندارد، عبارت برچسب تمیز نخستین بار در دههٔ ۱۹۸۰ برای توصیف مواد غذایی بدون درج افزودنی‌های دارای عدد E[3] روی برچسب به کار گرفته شد (Asioli *et al.*, 2017). به دلیل خواص عملکردی و نبود جایگزین مناسب برای حذف کامل اغلب افزودنی‌های شیمیایی از جمله فسفات‌ها، همچنان کاربرد این مواد اجتناب‌ناپذیر است. تلاش‌های گسترده‌ای برای جایگزینی فسفات‌ها در گوشت با موادی مانند نشاسته‌ها، پروتئین‌ها، جلبک‌های دریایی، هیدروکلوئیدها و فیبرها و یا کاربرد تکنولوژی‌های سبز مانند اولتراسوند، فراوری با فشار بالا و فراوری با میدان الکتریکی پالسی و همچنین ترکیب تکنولوژی و مواد جایگزین صورت گرفته است (Thangavelu *et al.*, 2019; Jo *et al.*, 2021; Pinton *et al.*, 2021; Lu *et al.*, 2021)

ترکیبات جایگزین عمدتاً برای خاصیت عملکردی اصلاح بافت و توانایی اتصال‌دهی آب به کار رفته‌اند. هیدروکلوئیدها و نشاسته‌های اصلاح شده به دلیل تشکیل دادن ژل و اتصال‌دهی آب، قابلیت شکل‌دهی بافت، پایدار کنندگی و امولسیون کنندگی دارند (Schutte *et al.*, 2021). پریرا و همکاران (Pereira *et al.*, 2020) اثر آرد برنج، آرد ژلاتینه شدهٔ برنج و نشاستهٔ تاپیوکا را بر ویژگی‌های عملکردی و کیفیت یک نوع سوسیس امولسیونی پخته شده مطالعه کردند و دریافتند نشاسته تاپیوکا، در مقایسه با دو ترکیب دیگر، توانایی تشکیل امولسیون بالاتری دارد، بازده پخت را افزایش می‌دهد و بافتی با ساختار ژلی یکنواخت‌تر و قوی‌تر تشکیل می‌دهد.

در زمینهٔ کاربرد نشاسته و نشاسته‌های اصلاح شده در فرمولاسیون فراورده‌های گوشتی مقالات متعددی وجود دارد، اما تحقیقات در زمینه کاربرد نشاسته‌های اصلاح شده سیب‌زمینی به منظور جایگزینی با فسفات در این فراورده‌ها محدود بوده است.

رسکونی و همکاران (Resconi *et al.*, 2016) تأثیر افزودن نشاستهٔ سیب‌زمینی و برنج را به عنوان جایگزین فسفات بر ویژگی‌های تکنولوژیکی، دستگاهی و حسی تولید ژامبون بازساخته[4] بررسی کردند. هر دو نشاسته افت پخت و شدت طعم را کاهش دادند. در فرمولاسیون‌هایی که سدیم تری پلی فسفات افزوده نشده بود، یا مقدار آن کم بود، نشاستهٔ برنج اثر بیشتری بر ویژگی‌های بافتی ژامبون در بافت‌سنجی دستگاهی داشت، در حالی که نشاستهٔ سیب‌زمینی باعث بهبود آبدار بودن محصول شده بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزودن نشاسته می‌توان مقدار سدیم تری‌پلی فسفات (۰/۳ درصد) را به نصف تقلیل داد بدون افزایش یافتن افت پخت، اما مقداری کاهش امتیازات ارزیابی حسی اجتناب‌ناپذیر است (Resconi *et al.*, 2016).

نشاسته‌های اصلاح شده جزو لیست GRAS هستند و مونوگراف‌های آنها در USP/NF, pH. Eur., JP موجود است (Dürig & Karan, 2019). از نظر اتحادیه اروپا نشاسته‌های اصلاح شده برای استفاده بی‌خطر هستند و با شمارهٔ E (E1404-

1- Clean label
2- Green technologies
3- E-number additives
4- Restructured ham

1452) روی بسته بندی برچسب گذاری شده اند.

هدف از پژوهش حاضر جایگزینی نسبی نیمی از فسفات با ۳ نوع نشاستهٔ اصلاح شده سیب‌زمینی و مطالعه اثر کاربرد آنها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی سوسیس کوکتل است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه برای تهیهٔ سوسیس کوکتل

گوشت، روغن مایع، آرد گندم، شیر خشک بدون چربی، گلوتن، نیتریت سدیم، پلی فسفات سدیم و کازئینات سدیم اصلی‌ترین مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون سوسیس کوکتل بودند. سه نوع نشاستهٔ اصلاح شده سیب‌زمینی شامل استیلیتد دی استارچ آدیپات[1]، هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات[2] و استارچ سدیم اکتنیل سوکسینات[3] از بیرکامیندوی آلمان خریداری شد. مجموعاً ۶ تیمار با حضور نشاستهٔ اصلاح‌شدهٔ سیب‌زمینی به‌عنوان جایگزین کل یا بخشی از فسفات و یک شاهد مطابق جدول ۱ تهیه شد.

جدول شماره ۱- فرمولاسیون‌های مختلف سوسیس کوکتل با افزودن نشاسته اصلاح شده به جای فسفات (درصد وزنی/وزنی)

Table 1- Different formulations of cocktail sausage with addition of modified starch instead of phosphate (weight/weight percentage)

تیمارها Treatments	ترکیبات Ingredient					
	گوشت Meat	آرد Flour	آب و یخ Water&Ice	نشاسته اصلاح شده (مقدار به درصد) Modified starch(%)	فسفات Phosphate	سایر مواد* *Other Ingredient
T0 (Standard)	55	6	16.21	0	0.4	22.39
T1	55	3	18.06	(1.35) Acetylated Distarch Adipate	0.2	22.39
T2	55	0	19.91	(2.7) Acetylated Distarch Adipate	0	22.39
T3	55	3	18.06	(1.35) Hydroxypropyl Distarch Phosphate	0.2	22.39
T4	55	0	19.91	(2.7) Hydroxypropyl Distarch Phosphate	0	22.39
T5	55	3	18.06	(1.35) Starch Sodium Octenyl Succina	0.2	22.39
T6	55	0	19.91	2.7 Starch Sodium Octenyl Succinate	0	22.39

*۱/۵۵ درصد گلوتن، ۱/۵۵ درصد ایزوله سویا،۱/۵ درصد شیر خشک،۱/۲۵ درصد سیر منجمد، ۰/۷۵ درصد فلفل دلمه‌ای،۱/۵ درصد نمک، ۲ درصد تخم‌مرغ، ۱ درصد ادویه،۰/۰۱ درصد نیتریت،۰/۰۳ درصد اسید آسکوربیک، کاراگینان ۰/۲۵ درصد

*1.55% Gluten, 1.55% Soy Isolate, 1.5% Dry Milk, 1.25% Frozen Garlic, 0.75% Bell Pepper, 1.5% Salt, 2% Egg, 1% Spices, 0.01% Nitrite, 0.03% Ascorbic Acid, 0.25% Carrageenan

تهیهٔ سوسیس کوکتل

سوسیس کوکتل با ۵۵ درصد گوشت، طبق فرمولاسیون ذکرشده در جدول ۱، تهیه شد. در مرحلهٔ اول، گوشت تا حد امکان از چربی و بافت‌های همبند پاکسازی و در داخل دستگاه چرخ‌گوشت با اندازهٔ شبکهٔ ۴ میلی‌متر قرار داده شد تا کاملاً ریز و یکنواخت شود. مواد ذکرشده در فرمولاسیون هر تیمار تهیه و وزن شدند و مخلوط آنها همراه با گوشت در داخل کاسه کاتر (Kramer & Grebe, Wallau, Germany) به مدت ۵ دقیقه در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داده شد. در مرحلهٔ امولسیون‌سازی، نشاسته و سدیم کازئینات در دمای

1- Acetylated distarch adipate
2- Hydroxypropyl distarch phosphate
3- Starch sodium octenyl succinate

۸-۹ درجه سلسیوس به مخلوط فرمولاسیون اضافه گردید. بعد از خرد شدن کامل گوشت، خمیر آن به ماشین پرکن (Handtmann VF300) انتقال داده شد. سپس سوسیس‌های تهیه‌شده در اتاق دود دهی قرار داده شدند و تا هنگام رسیدن دمای مرکز آنها به ۷۵ درجه سلسیوس، مدت پخت را سپری کردند. این دما با ترموتر و از قسمت مرکزی سوسیس اندازه‌گیری شد. بعد از پخت کامل، سوسیس‌ها تا زمان خنک شدن در آب سرد غوطه‌ور و در نهایت خشک شدند. این سوسیس‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی/ پلی‌آمیدی گذاشته و در دمای ۴ درجه سلسیوس تا زمان آزمون‌ها نگهداری شدند (Petridis *et al.*, 2013).

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

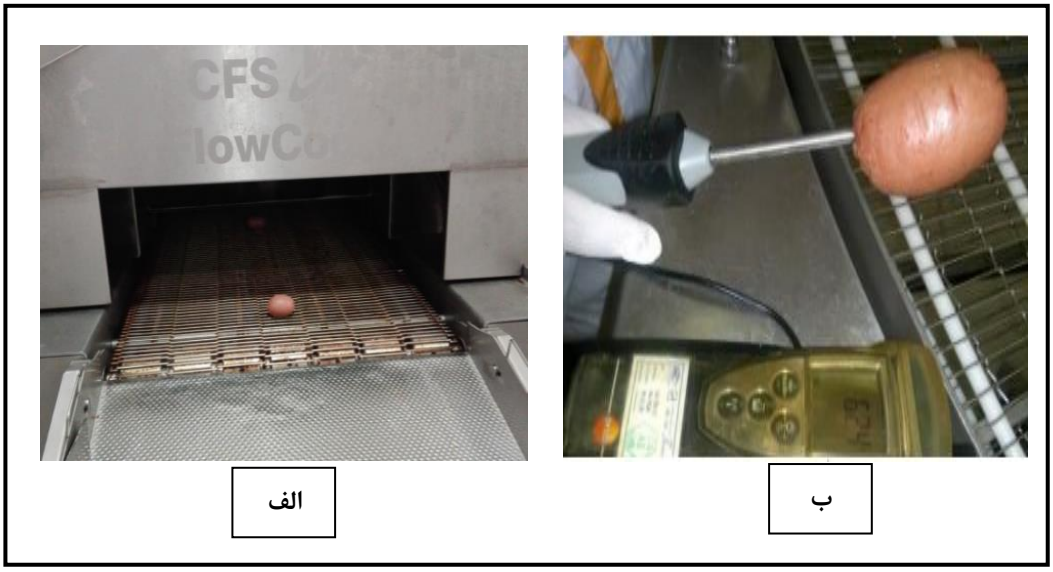
pH

ده گرم از هر یک از نمونه‌ها در آب مقطر همگن و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و pH آن مطابق استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۰۲۸ در روز اول و پس از گذشت ۱۵ و ۳۰ روز اندازه‌گیری شد. pH با استفاده از دستگاه pH متر Janway مدل 3045 اندازه‌گیری شد(ISIRI, 2008a).

افت پخت[1]

برای تعیین افت پخت از روش Hayes (سال ۲۰۱۱) بهره گرفته شد. بعد از تهیه‌شدن سوسیس و قبل از پخت، وزن آن اندازه‌گیری شد. سوسیس در آون (مدل Memmert, D91126, Germany) برای پخت قرار گرفت. دمای ورودی دستگاه پخت ۱۴۰ درجه سلسیوس و دمای خروجی ۱۸۰ درجه سلسیوس تنظیم شد تا دمای مرکز نمونه‌ها ۶۳ درجه سلسیوس (۳ ± درجه سلسیوس) در مدت ۷ دقیقه برسد (شکل ۱). پس از گذشت دورهٔ پخت، سوسیس خنک و وزن آن مجدداً تعیین شد. این آزمون در روزهای اول، پانزدهم و سی‌ام اجرا شد . درصد افت پخت از رابطهٔ ۱ به دست آمد (Hayes *et al.*, 2011):

$$\frac{\text{وزن سوسیس قبل از پخت} - \text{وزن سوسیس پس از پخت}}{\text{وزن سوسیس قبل از پخت}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$



شکل ۱- دستگاه پخت سوسیس (الف) و نحوه اندازه‌گیری دمای مرکز نمونه (ب)

Figure 1- cooking machine of sausage (a) and the way of measuring the temperature of center of sample (b)

1- Cooking Loss

سفتی بافت

برای سنجش سفتی بافت نمونه‌های سوسیس بلافاصله پس از تولید و پس از ۱۵ و ۳۰ روز نگهداری از دستگاه بافت سنج (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Model: CT3-4500, USA) استفاده شد. نمونه‌هایی از هر سوسیس با قطر ۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر تهیه و به دمای محیط رسانده شد. در این آزمون از پروب استوانه‌ای آلومینیمی با قطر ۵ سانتی‌متر استفاده شد. سرعت حرکت پروب ۵ میلی‌متر بر ثانیه بود و بیشینه نیروی لازم برای فشردن نمونه ها، به عنوان سفتی بافت در نظر گرفته شد (Wang *et al.*, 2015).

ویژگی‌های میکروبی

قسمت خارجی بسته‌بندی سوسیس با اتانول ۷۰ درصد به‌خوبی ضدعفونی و پوشش پلی آمیدی با چاقوی استریل برش داده شد. مقدار ۱۰ گرم ازهر نمونه با ۹۰ گرم آب پپتونه همگن و سوسپانسیون اولیه تهیه گردید. رقت‌سازی با آب پپتونه تا رسیدن به رقت‌های موردنظر صورت پذیرفت. میکروارگانیسم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران ۵۲۷۲ و به کمک محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) شمارش شدند (ISIRI, 2007a). کپک‌ها و مخمرها نیز با روش کشت سطحی و با استفاده از محیط کشت DRBC و بر اساس شماره استاندارد ۱-۱۰۸۹۹ شمارش شدند (ISIRI, 2008b). به‌منظور شمارش کلی‌فرم‌ها، از محیط کشت ویولت ردبایل آگار طبق اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۶۳ استفاده شد (ISIRI, 2007b). شناسایی سالمونلا با استفاده از محیط کشت RVS، TTB، BGA، XLD و مطابق شماره استاندارد ۱۸۱۰ صورت گرفت(ISIRI, 2002). اشریشیا کلی طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۴۶ و با کمک محیط کشت (لوریل سولفات براث، Ec و آب پپتونه) شمارش شد (ISIRI, 2005a). به‌منظور شناسایی استافیلکوکوس اورئوس از محیط کشت برد پارکر آگار بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۶۸۰۶ استفاده گردید (ISIRI, 2005b). کلستریدیوم پرفریژنز مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۹۷ با محیط کشت TSC بررسی شد (ISIRI, 2006). تمامی محیط‌های کشت استفاده‌شده در این پژوهش ساخت کمپانی Merck KGaA, Germany بودند.

ویژگی‌های حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۲۰ ارزیاب آموزش دیده خانگی[1] و با استفاده از روش هدونیک[2] صورت گرفت. نمونه‌های مکعبی شکل ۶ تیمار و شاهد به ضخامت ۲/۵۴ سانتی‌متری برای تعیین ویژگی‌های حسی شامل رنگ، عطر و بو، طعم، بافت و پذیرش کلی آنها تهیه شد. ارزیابی در دمای اتاق و تحت تابش نور فلورسانت مهتابی دنبال شد. در این آزمون هر ارزیاب‌ها برای هر تیمار امتیازی از ۱ تا ۵ در نظر می‌گرفت، که عدد ۱ بسیار نا مطلوب و عدد ۵ بسیار مطلوب ارزیابی می‌شد. نمونه‌های حاصل از ۶ تیمار با ۶ کد سه رقمی و به صورت تصادفی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیاب‌ها در بین آزمون هر نمونه از آب معدنی برای شست و شوی دهان خود و از بین بردن طعم نمونهٔ قبلی استفاده می‌کردند (Riss *et al.*, 2005).

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی دنبال شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه[3] به‌منظور تعیینِ بود یا نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای هر شاخص در زمان‌های

1- In House panel
2- Hedonic Test
3- Two way ANOVA

صفر، ۱۵ و ۳۰ روز و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن با استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل نتایج از نرم‌افزار SPSS نگارش ۲۲ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excell نگارش (۲۰۱۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

pH

نتایج بررسی pH نمونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. به طور کلی، تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) بین pH تیمارها با نمونهٔ شاهد در زمان‌های صفر، ۱۵ و ۳۰ مشاهده نشد. با گذشت زمان، pH به میزان بسیار کمی افزایش پیدا کرده است که البته این میزان افزایش معنی‌دار نیست. نوع نشاسته بر pH تیمارها اثر معنی‌داری ($p<0.05$) نداشته است. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات اکتاس و ژنسلپ (Aktas & Genccelep, 2006) و پتراسیک (Pietrasik, 1999) همخوانی دارد. شاته و همکاران (Schutte *et al.*, 2021) نیز با کاربرد کاراگینان به عنوان جایگزین نسبی سدیم تری‌پلی‌فسفات در تهیهٔ ژامبون بازسازی شده، تفاوت معنی داری در شاخص pH نمونه‌ها مشاهده نکردند.

تقریباً همه فسفات‌های مورد استفاده در فرآورده‌های گوشتی فسفات‌های قلیایی هستند و موجب افزایش pH می‌شوند. به‌این‌ترتیب با ایجاد فاصله از نقطهٔ ایزوالکتریک موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب پروتئین می‌شوند. در pH های بالا، دافعه الکترواستاتیک موجب افزایش فاصله بین اکتین و میوزینمی‌شود و آب بیشتری در این فضا قرار خواهد گرفت (Hughesa *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2016).

جدول شماره ۲- مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) pH نمونه‌های سوسیس فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات

Table 2- Values (mean ± standard deviation) of pH of sausage samples formulated with modified potato starch as a relative substitute for phosphate

زمان نگهداری (روز) Storage (Day) / کد تیمار Treatment Code	0	15	30
(standard) T_0	5.9±0.07 ^{abAB}	5.8 ±0.03 ^{aA}	0.6±0.09 ^{aB}
T_1	5.7±0.07 ^{aA}	5.8±0.04 ^{aA}	0.6±0.13 ^{aB}
T_2	5.9±0.13 ^{bA}	5.9±0.04 ^{abA}	0.6±0.13 ^{aA}
T_3	5.8±0.07 ^{abA}	5.9±.0.07 ^{abA}	0.6±0.16 ^{aA}
T_4	6.0±0.08 ^{bB}	5.8±0.07 ^{Ab}	0.6±0.12 ^{aB}
T_5	5.9±0.02 ^{abA}	5.9±0.04 ^{aA}	9.5±0.14 ^{Aa}
T_6	5.9±0.02 ^{abA}	5.9±0.07 ^{abA}	0.6±0.16 ^{aA}

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Non- similar lowercase letters in each column and non- similar uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% probability level

افت پخت

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) بین نمونهٔ شاهد (T0) و تیمارهای T1، T3 و T5 وجود ندارد. این تیمارها به ترتیب حاوی ۱/۳۵ درصد "استیلیتد دی استارچ آدیپات"، "هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات" و "استارچ سدیم اکتنیل سوکسینات" بودند. اما نمونه‌های سوسیس T2، T4 و T6 که به ترتیب حاوی ۲/۷ درصد از نشاسته‌های فوق الذکر بودند، میزان افت پخت نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد و به صورت معنی‌داری بیشتر بود که علت آن را می‌توان در مقدار رطوبت بالاتر در نمونه‌های T2، T4 و T6 جستجو کرد و افت وزنی بیشتر را به سهم بیشتر آب افزوده شده به فرمولاسیون نسبت به نمونه شاهد نسبت داد. افت پخت با افزایش زمان نگهداری به ۳۰ روز به طور معنی‌داری افزایش یافت، که قابل انتظار بود.

جدول شماره ۳- مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) افت پخت سوسیس‌های فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات

Table3- Values (mean ± standard deviation) of cooking loss of sausages formulated with modified potato starch as a relative substitute for phosphate

زمان نگهداری(روز) Storage(Day) / کد تیمار Treatment Code	0	15	30
T_0 (شاهد)	0.0 ±0.0^{aA}	0.0 ±0.0^{aA}	3.47±0.04 ^{aB}
T_1	0.0 ± 0.0^{aA}	0.50 ±0.70 ^{aB}	3.93 ±0.32 ^{abC}
T_2	4.00 ±0.0 ^{bcA}	4.50 ± 0.70 ^{bAB}	4.85 ±0.21 ^{cdB}
T_3	0.0 ±0.0 ^{Aa}	0.0 ±0.0 ^{aA}	3.69 ±0.20 ^{aB}
T_4	3.30 ±0.42 ^{bA}	3.50 ±0.70 ^{aA}	4.61 ±0.57 ^{bcB}
T_5	0.50 ±0.70 ^{aA}	0.50 ±0.70 ^{aA}	4.12 ±0.59 ^{abcB}
T_6	4.5 ±0.070 ^{cA}	5.0 ±0.0 ^{cB}	5.555 ±0.07 ^{dC}

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Non- similar lowercase letters in each column and non- similar uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% probability level

هوسا و همکاران (Hughesa *et al.*, 2014) و چوی و همکاران (Choi *et al.*, 2016) گزارش داده‌اند که افت پخت در محصولات گوشتی کم چرب با رطوبت بالا بیشتر است. پرابهو و هوساک (Prabhu & Husak, 2014) به این نتیجه رسیدند که نشاستهٔ طبیعی سیب‌زمینی موجب بهبود بازده پخت می‌شود. کمترین درصد افت پخت بین سه تیمار T1، T3 و T5 مربوط به نمونهٔ T3 بود که با توجه به یکسان بودن فرمولاسیون آنها به غیر از نوع نشاسته اصلاح شده، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که احتمالاً نشاستهٔ اصلاح شده " هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات" نسبت به بقیه قابلیت بالاتری در حفظ آب محصول و کاهش افت پخت دارد. تیمارهای با زیرنویس فرد حاوی ۱/۳۵ درصد از

نشاسته‌های اصلاح شده مختلف بودند. یادآوری می‌شود با توجه به اینکه در خصوص افت پخت تفاوت معنی‌داری بین نمونهٔ شاهد با نمونه‌های T1، T3 و T5 وجود نداشته، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با جایگزینی حداقل نیمی از فسفات در فرمولاسیون شاهد با نشاستهٔ اصلاح شده تغییر معنی‌داری در میزان افت پخت مشاهده نمی‌شود. این نتیجه‌گیری با نتایج بررسی‌های روسونن و همکاران (Ruusunen *et al.*, 2003) مطابقت دارد.

سفتی بافت

بررسی شاخص سفتی بافت (جدول ۴) نشان می‌دهد پس از ۱۵ روز نگهداری، تیمارهای T5 و T6 به ترتیب حاوی ۱/۳۵ و ۲/۷ درصد استارچ سدیم اکتنیل سوکسینات و پس از ۳۰ روز نگهداری تیمار T2 حاوی ۲/۷ درصد استیلیتد دی استارچ آدیپات به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) نرم‌تر از نمونهٔ شاهد بودند. سفتی بافت این نمونه‌ها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت. به‌طورکلی، در مقایسه با روز اول، پس از ۱۵ و ۳۰ روز نگهداری سفتی بافت نمونه‌ها مشابهت بیشتری به یکدیگر پیداکرده‌اند و یکنواخت‌تر شدند. در نمونهٔ شاهد با افزایش زمان نگهداری تا ۳۰ روز بافت به طور معنی‌داری سفت‌تر شده است. این میزان سفت شدن در مورد تیمارها مشاهده نشد.

جدول شماره ٤- مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) سفتی بافت (بر حسب کیلوگرم نیرو) سوسیس‌های فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات

Table4-Values (mean ± standard deviation) of hardness (kgf) of sausages formulated with modified potato starch as a relative replacement of phosphate

زمان نگهداری (روز) Storage (Day) / کد تیمار Treatment code	0	15	30
(Standard) T_0	2730.00±72.12 ^{bcA}	2608.75±45.60^{bA}	3446.250±114.90 ^{bB}
T_1	2835.50±297.69 ^{cA}	2477.50±20647^{abA}	2776.0±629.32 ^{abA}
T_2	2594.250±91.57 ^{abcAB}	2403.75±3075^{abA}	2499.250±241.47^{aAB}
T_3	2732.75±189.85 ^{bcAB}	2421.75±2.99.45^{abA}	2796.0±584.77 ^{abAB}
T_4	2507.00±236.88 ^{abcAB}	2429.00±7.07^{abA}	25740.750± 33.58 ^{abAB}
T_5	2376.00±93.33 ^{abAB}	2181/25±93/69^{aA}	2793.750± 254.91 ^{abB}
T_6	257.214±45.96 ^{aB}	2205.00±109.60 ^{aA}	2662.500± 36.06^{abB}

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Non- similar lowercase letters in each column and non- similar uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% probability level

تحقیقات نلسن و همکاران (Neilsen *et al.*, 1995) روی همبرگر نشان می‌دهد که افزودن فسفات تا مقدار ۰/۲ درصد، میزان سفتی را افزایش می‌دهد ولی بیشتر از این حد، مقدار سفتی کاهش می‌یابد. همین نتیجه در تحقیقات رسکونی و همکاران (Resconi *et al.*, 2016) نیزگزارش شده که البته در مقادیر بالاتر از ۰/۳ درصد به‌دست‌آمده است. در نمونهٔ شاهد میزان فسفات ۰/۴ درصد است که مطابق تحقیقات رسکونی و همکاران و نلسن و همکاران میزان سفتی کاهش می‌یابد (Neilsen *et al.*, 1995; Resconi *et al.*, 2016) با توجه به کاهش فسفات در فرمولاسیون‌های پژوهش حاضر، قاعدتاً باید میزان سفتی افزایش یابد ولی جایگزین کردن آن با نشاستهٔ اصلاح‌شده، این اثر را خنثی و درواقع میزان سفتی با افزودن نشاسته کاهش‌یافته است و درنتیجه نمونه‌های به‌دست‌آمده ازنظر سفتی با نمونهٔ شاهد تفاوت معنی‌داری ندارند. درواقع فسفات در مقادیر کمتر از ۰/۲ درصد سفتی را افزایش و نشاسته سفتی را کاهش داده است. در تحقیقات رسکونی و همکاران (Resconi *et al.*, 2016) از دو نوع نشاستهٔ برنج و سیب‌زمینی در فرمولاسیون ژامبون بازساخته به‌صورت مجزا بهره گرفته شده است که هر دو میزان سفتی و قابلیت جویدن را برخلاف فسفات کاهش داده‌اند که با نتایج تحقیقات موزر و همکاران (Motzer *et al.*, 1998) و اسکیلینگ و همکاران (Schilling *et al.*, 2003) مطابقت دارد. این موضوع احتمالاً به دلیل رقیق شدن ماتریکس گوشت است. این مورد با نتایج تحقیقات روسنن و همکاران (Ruusunen *et al.*, 2003) هم مطابقت دارد. به‌این‌ترتیب که نشاستهٔ اصلاح‌شده جذب آب و چربی را بهبود می‌بخشد. با بهبود جذب آب، میزان سفتی محصول کاهش می‌یابد. موبوگوئنگ و همکاران (Mbougueng *et al.*, 2015) نشان دادند که میزان سفتی به میزان قابلیت نگهداری آب در بافت بستگی دارد. با کاهش فسفات میزان جذب آب کاهش می‌یابد اما در مقابل با افزودن نشاستهٔ اصلاح‌شده، میزان جذب آب افزایش‌می‌یابد و بافت ازنظر نرمی با نمونهٔ حاوی فسفات برابری می‌کند. این نتیجه با نتایج تحقیقات کومار و شارما (Kumar & Sharma, 2003) در بررسی ویژگی کیفی و فیزیکوشیمیایی پاته خوک کم‌چرب با جایگزین چربی همخوانی دارد.

ویژگی‌های میکروبی

یکی از نکات اساسی در تولید فرآورده‌های گوشتی، توجه به ایمنی محصول تولیدی است. مطابق جدول ۵، بار میکروبی نمونه‌های سوسیس فرموله شده در زمان صفر تفاوت معنی‌داری($p<0.05$) با بار میکروبی شاهد نداشت. پس از ۳۰ روز نگهداری، بین نمونه سوسیس‌های شاهد و تیمارهای T1 و T3 تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. بار میکروبی تیمارهای T1 و T3 کمتر از بار میکروبی نمونهٔ شاهد بود و این نتایج نشان از این دارد که احتمالاً از نظر ایمنی میکروبی نیز نشاسته اصلاح شده به خوبی جایگزین فسفات شده است. کانکایا (Cankaya, 2018) نیز گزارش کرده است که نشاسته‌های اصلاح شده کلرواستات[1] در مقایسه با کوپلیمر گرافت آن با N - (۴-نیتروفنیل) آکریل آمید و همچنین در مقایسه با نشاستهٔ معمولی اثرهای ضد میکروبی معنی‌دار روی ۴ گونه باکتری (استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سوبتیلیس، اشریشیا کلی، انتروباکتر آئروژینوزا[2]) و یک گونه مخمر (کاندیدا تروپیکالیس[3]) داشته‌اند و آن را به گروه‌های کلر و استات در این نوع نشاسته نسبت داده‌اند. عبدالغنی و همکاران و عبدالغنی و محمود

1- Starch chloroacetate
2- *Enterobacter aeroginosa*
3- *Candida tropicalis*

(Abd El-Ghany *et al.*, 2019, Abd El-Ghany & Mahmoud, 2020) اثرهای ضد میکروبی قوی برای نشاستهٔ ذرت زیست‌تخریب‌پذیر گرافت شده/ کوپلیمرهای پلی (۴- آکریل آمیدوبنزوئیک اسید) بر ضد گونه‌های مختلف باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی و آسپرژیلوس فومیگاتوس[1] و کاندیدا آلبیکانس[2] گزارش کرده‌اند.

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بار میکروبی با گذشت زمان در نمونه‌ها افزایش می‌یابد که امری طبیعی است. نمونه‌های T2، T4 و T6 از نظر بار میکروبی نسبت به نمونه‌های T1، T3 و T5 در سطح بالاتری هستند که می‌تواند به دلیل وجود رطوبت بالاتر در نمونه‌های T1، T3 و T5 و کاهش اثر ضدمیکروبی فسفات‌ها به دلیل کاهش سهم آنها در فرمولاسیون باشد. این نتیجه‌گیری با نتایج تحقیقات پلگ و همکاران (Peleg *et al.*, 2015) همخوانی دارد. بر اساس جدول ۶ تمامی تیمارها از نظر شاخص‌های میکروبی مطابق با استاندارد بوده‌اند.

جدول شماره ۵- مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) بارمیکروبی سوسیس‌های فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات

Microbial values (mean ± standard deviation) of sausages formulated with modified potato starch as a relative substitute for phosphate

زمان نگهداری(روز) Storage(Day) / کد تیمار Treatment code	0	15	30
(Standard) T_0	$15\times10^2\pm0.00^{aA}$	$38.50\times10^2\pm1484.92^{abB}$	$45.50\times10^2\pm2050.60^{bcB}$
T_1	$9.5\times10^2\pm500.00^{aA}$	$61.00\times10^2\pm1555.63^{bB}$	$13.5\times10^2\pm70.71^{aA}$
T_2	$13.4\times10^2\pm509.16^{aA}$	$58.5\times10^2\pm636.39^{bB}$	$34.00\times10^2\pm1979.89^{abcAB}$
T_3	$11.5\times10^2\pm212.32^{aA}$	$40.50\times10^2\pm1909.18^{abB}$	$14.00\times10^2\pm141.42^{aAB}$
T_4	$32.5\times10\pm148.24^{bA}$	$47.00\times10^2\pm1838.47^{abA}$	$31.00\times10^2\pm424.26^{abcA}$
T_5	$11.5\times10^2\pm707.10^{aA}$	$45.00\times10^2\pm1272.79^{abB}$	$21.50\times10^2\pm494.97^{abAB}$
T_6	$21\times10^2\pm424.64^{abA}$	$21.00\times10^2\pm424.26^{aA}$	$61.00\times10^2\pm12.7279^{cB}$

حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون و حروف بزرگ غیر مشابه در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Non- similar lowercase letters in each column and non- similar uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% probability level

جدول شماره ٦- ویژگی‌های میکروبی سوسیس‌های فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات در مقایسه با حدود مجاز استاندارد ملی ایران

Table6- Microbial characteristics of sausages formulated with modified potato starch as a relative substitute for phosphate compared to the permissible limits of the Iranian national standard

Salmonella	Fungus-Mold	Clostridium perfringens	Staphylococcus aureus	Escherichia Coli	Coliform	Treatment
Negative	102	50	<10	Negative	<10	Standard
Negative	<10	<10	<۱۰	Negative	<10	T_1
Negative	<10	<10	<10	Negative	<10	T_2
Negative	<10	<10	<10	Negative	<10	T_3
Negative	<10	<10	<10	Negative	<10	T_4
Negative	<10	<10	<10	Negative	<10	T_5
Negative	<10	<10	<10	Negative	<10	T_6

1- *Aspergillus fumigatus* 2- *Candida albicans*

ویژگی‌های حسی

برای تعیین فرمولاسیون بهینه از نظر مصرف‌کنندگان، نتایج ارزیابی‌های حسی شامل بررسی رنگ، مزه، عطر و بو، ظاهر، بافت، کام‌پذیری و پذیرش کلی در جدول ۷ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$). از نظر شاخص‌های ارزیابی حسی بین نمونه‌های سوسیس فرموله شده و نمونهٔ سوسیس شاهد مشاهده نمی‌شود. رسکونی و همکاران (Resconi *et al.*, 2016) کاهش شدت طعم و بهبود آبدار بودن محصول را در فرمولاسیون‌های ژامبونی که سدیم تری پلی فسفات افزوده نشده بود یا مقدار آن کم بود در صورت افزودن نشاسته سیب‌زمینی گزارش کرده‌اند.

جدول شماره ۷- امتیازات ارزیابی حسی (میانگین ± انحراف معیار) سوسیس‌های فرموله شده با نشاسته اصلاح شده سیب زمینی به عنوان جایگزین نسبی فسفات

Sensory evaluation scores (mean ± standard deviation) of sausages formulated with modified potato starch as a relative substitute for phosphate

شاخص حسی Sensory index / کد تیمار Treatment Code	رنگ Color	مزه Flavor	عطر و بو Odor	بافت Texture	پذیرش کلی Acceptance
(Standard) T_0	3.17±0.51 ^{a}	3.83±0.81 ^{ab}	3.67±0.75 ^{a}	3.33±0.75 ^{a}	3.67±0.75 ^{ab}
T_1	3.17±0.51 ^{a}	3.50±0.63 ^{ab}	3.33±0.40 ^{a}	3.17±0.51 ^{a}	3.33±0.40 ^{a}
T_2	3.17±0.51 ^{a}	3.83±0.51 ^{ab}	3.67±0.40 ^{a}	3.67±0.75 ^{ab}	3.67±0.40 ^{ab}
T_3	3.17±0.51 ^{a}	3.33±0.75 ^{a}	3.33±0.40 ^{a}	3.17±0.81 ^{a}	3.33±0.40 ^{a}
T_4	3.17±0.51 ^{a}	3.83±0.51 ^{ab}	4.00±0.54 ^{a}	3.83±0.51 ^{ab}	4.00±0.54 ^{ab}
T_5	3.00±0.54 ^{a}	3.67±0.12 ^{ab}	3.67±0.75 ^{a}	3.67±0.75 ^{ab}	4.00±0.54 ^{ab}
T_6	3.33±0.40 ^{a}	4.17±0.51 ^{b}	3.67±0.40 ^{a}	4.50±0.43 ^{b}	4.30±0.44 ^{b}

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Non-similar letters in each column indicate significant differences at the 5% probability level.

نتیجه‌گیری

با توجه به مخاطرات احتمالی مصرف فسفات‌ها برای سلامتی و تمایل مصرف‌کنندگان به خرید فراورده‌های فاقد فسفات یا با فسفات کاهش‌یافته، در این پژوهش اثر جایگزینی نسبی نمک‌های فسفات با سه نوع نشاستهٔ اصلاح شدهٔ سیب زمینی در فرمولاسیون سوسیس کوکتل مطالعه شد. نتایج آنالیز شیمیایی نشان داد که فرمولاسیون‌های T_1، T_3 و T_5 از نظر افت پخت مشابه نمونهٔ شاهد هستند. در این تیمارها نشاستهٔ اصلاح شده جایگزین نیمی از فسفات در فراورده‌های سوسیس کوکتل شده بود. در بین فرمولاسیون‌های T_1، T_3 و T_5، مطلوب‌ترین نتیجه از نظر شاخص ذکر شده مربوط بود به نمونهٔ T_3 (حاوی ۱/۳۵ درصد نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات). از نظر ویژگی‌های حسی، تفاوت قابل توجه و معنی‌داری بین تیمارها و شاهد مشاهده نشد. با توجه به نتایج ویژگی‌های میکروبی فراورده‌های تولیدی، در روز اول تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و نمونهٔ شاهد وجود نداشت، اما پس از گذشت ۳۰ روز نگهداری، نتایج حاصل از فرمولاسیون‌های T_1 و T_3 از لحاظ ویژگی‌های میکروبی بهتر از نمونهٔ سشاهد بود. ویژگی‌های میکروبی این دو نمونه با شاخص‌های استاندارد مطابقت داشت. بنابراین، با

توجه به تحلیل نتایج، مطلوب‌ترین نمونه در این پژوهش فرمولاسیون T_3 با ۱/۳۵ درصد نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات بود.

تعارض منافع

نویسندگان در ارتباط با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Abd El-Ghany, N.A. and Mahmoud, Z.M. 2020. Synthesis, characterization and swelling behavior of high-performance antimicrobial amphoteric hydrogels from corn starch. Polymer Bulletin, pp.1-22.

Abd El-Ghany, N.A., Aziz, M.S.A., Abdel-Aziz, M.M. and Mahmoud, Z. 2019. Antimicrobial and swelling behaviors of novel biodegradable corn starch grafted/poly (4-acrylamidobenzoic acid) copolymers. International journal of biological macromolecules. 134, 912-920.

Aktas, N., Genccelep, H. 2006. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. Meat Science, 74: 404–408.

Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Naes, T. and 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.

Bacchetta, J., Bernardor, J., Garnier, C., Naud, C. and Ranchin, B. 2020. Hyperphosphatemia and chronic kidney disease: a major daily concern both in adults and in children. Calcified tissue international. 108, 116-127.

Cankaya, N. 2018. Modification of starch: structural and antimicrobial properties. International Journal of Chemistry and Chemical Engineering Systems. 3.31-35.

Choi Y.S. Jeong, T.J. Hwang K. E. Song D. H. Ham, Y. K. Kim, Y. B. Jeon, K. H. Kim, H.W. Kim C. J. 2016. Effects of various salts on physicochemical properties and sensory characteristics of cured meat. Korean Journal Food Science Animal Resources. 36 (2): 152–158.

Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N. and Rotter, I., 2021. The Effects of calcium, magnesium, phosphorus, fluoride, and lead on bone Tissue. Biomolecules, 11(4) :535-566.

Dürig, T. and Karan, K., 2019. Binders in wet granulation. In Handbook of Pharmaceutical Wet Granulation (pp. 317-349). Academic Press.

Dykes, G. A., Coorey, R., Ravensdale, J. T., & Sarjit, A. 2019. Phosphates. In L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Eds.), Encyclopedia of food chemistry (pp. 218-224). Oxford: Academic Press.

Hayes, J.E., StePanyan. V., Allen, P., O'Grady, M.N., & Kerry, J.P. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. LWT-Food Science and Technology, 44, 164-172.

Hughesa, J., Oisethb, S., Purslowc, P. and Warner, R. D. 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. Meat Science. 98 (3): 520-532.

Institute of Standard and Industrial Researchs of Iran. 2007b. Microbiology of food and animal feed –Comprehensive method for counting coliform bacteria - colonycounting method. Iran National Standard. No. 9263. (in Persian)

Institute of Standard and Industrial Researchs of Iran. 2008b. Microbiology of food and animal feed- search Comprehensive method for counting Moulds and Yeasts colony count technique at 25°C. Iran National Standard.NO.10899-1. (in Persian)

Institute of Standard and Industrial Researchs of Iran.2002. Microbiology of food and animal feed feeding stuffs- Horizontal method for the detection of salmonella. Iran National Standard. No. 1810. (in Persian)

Institute of Standard and Industrial Researchs of Iran.2005a.Microbiology of food and animal feed - search and counting of Escherichia coli using the most probable number method, Iran National Standard. No. 2946. (in Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2005b. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Enumeration of coagulase – Positive staphylococci (staphylococcus aureus and other species) – Test method. Part 1: 2nd revision. Iran National Standard .No.6806-1. (in Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2007a. Microbiology of food and animal feeding Stuffs – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Colony count technique at 30°C. Iran National Standard No. 5272. (in Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2008a. Meat and meat products – Measurement of pH – Reference test method. 1st Revision, ISIRI No. 1028. (in Persian)

Institute of Standards and Industrial Research of Iran.2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for enumeration of clostridium perfringens colony count technique. Iran National Standard. No. 2197. (in Persian)

Jo, K., Lee, S., Jo, C., Jeon, H.J., Choe, J.H., Choi, Y.S. and Jung, S., 2020. Utility of winter mushroom treated by atmospheric non-thermal plasma as an alternative for synthetic nitrite and phosphate in ground ham. Meat science, 166, p.108151.

Kalantar-Zadeh, K., Gutekunst, L., Mehrotra, R., Kovesdy, C. P., Bross, R., Shinaberger, C. S., Kopple, J. D. 2010. Understanding sources of dietary phosphorus in the treatment of patients with chronic kidney disease. Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 5(3), 519- 673 530

Kumar, M. and Sharma, B.D. 2003. Quality characteristics of low-fat ground pork patties containing milk co-precipitate. Asian-australasian journal of animal sciences, 16(4): 588-595.

Leon, 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-U230.

Lu, F., Kang, Z.L., Wei, L.P. and Li, Y.P. 2021. Effect of sodium bicarbonate on gel properties and protein conformation of phosphorus-free chicken meat batters. Arabian Journal of Chemistry, 14(2): p.102969.

Mbougueng, P. D., Tenin, D., Tchiégang, C. and Scher J. 2015. Effect of starch type on the physicochemical and textural properties of beef patties formulated with local spices. American Journal of Food Science and Technology. 3: 2, 33-39.

Motzer, E.A., Carpenter, J.A., Reynolds, A.E. and Lyon, C.E., 1998. Quality of restructured hams manufactured with PSE pork as affected by water binders. Journal of Food Science. 63(6): 1007-1011.

Nielsen, G. S., Peterson, B. R. and Moller, A. J. 1995. Impact of salt, phosphate and temperature on the effect of a transglutaminase (F XIIIa) on the texture of restructured meat. Meat Science, 41: 293–299.

Peleg, M., Corradini, M. G., and Normand, M. D. 2015. On modeling the effect of water activity on microbial growth and mortality kinetics. Pharmaceutical and Food Systems, 263-278.

Pereira, J., Hu, H., Xing, L., Zhang, W. and Zhou, G. 2020. Influence of rice flour, glutinous rice flour, and tapioca starch on the functional properties and quality of an emulsion-type cooked sausage. Foods, 9(1), p.9.

Petridis, D., Ritzoulis, C., Tzivanos, I., Vlazakis E., Derlikis E. and Vareltzis P. 2013. Effect of fat volume fraction, sodium caseinate, and starch on the optimization of the sensory properties of frankfurter sausages. Food science and Nutrition. 1 (1): 32-44.

Pietrasik, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. Meat Science, 51: 17-25.

Pinton, M.B., dos Santos, B.A., Lorenzo, J.M., Cichoski, A.J., Boeira, C.P. and Campagnol, P.C.B., 2021. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: An overview. Current Opinion in Food Science. 40, 1-5.

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. 96(1): 454-455.

Razzaque, M.S. 2020. Can excessive dietary phosphate intake influence oral diseases? Advances in Human Biology. 10(2): 35-37.

Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the council of 16 December 2008 on food additives. In: Official Journal of the European Union https://ec.europa.eu/food/safety/food_improvement_agents/additives/database_en.

Resconi V. C., Keenan D. F., García E., Allen P., Kerry J. P. and Hamill R. M. 2016. The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham. Meat Science. 121, 127-134.

Riis, J., Loewenstein, G., Baron, J., Jepson, C., Fagerlin, A. and Ubel, P. A. 2005. Ignorance of hedonic adaptation to hemodialysis: a study using ecological momentary assessment. Journal of Experimental Psychology: General. 134(1): 3-9.

Ruusunen, M., Vainionpää, J., Lyly, M., Lähteenmäki, L., Niemistöc, M., Ahvenainen, R., & Puolanne, E. 2005. Reducing the sodium content in meat products: the effect of the formulation in low-sodium ground meat patties. Meat Science, 69, 53–60.

Schutte, S., Marais, J., Muller, M. and Hoffman, L.C. 2021. Replacement of Sodium Tripolyphosphate with Iota Carrageenan in the Formulation of Restructured Ostrich Ham. Foods. 10(3): 535-546.

Thangavelu, K.P., Kerry, J.P., Tiwari, B.K. and 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.

Wang, Y., Sun, Y., Zhang, X., Zhang, Z., Song, J., Gui, M., and Li, P. 2015. Bacteriocin-producing probiotics enhance the safety and functionality of sturgeon sausage. Food Control. 50, 729-735.

Wyers, R. 2019. Blog: EFSA issues new phosphate limits advice, warns that safe levels may be being exceeded. Food Ingredients 1st .Available at: https://www.foodingredientsfirst.com/news/efsa-issues-new-eu-phosphates-limits-advice warns-that-safe-levels-may-be-being-exceeded.html

Food Engineering Research/Vol.21/No.72/Spring& Summer 2021/P: 93-108

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

The Effect of Relative Phosphate Replacement with Modified Potato Starch in Cocktail Sausage Formulation

Z. MalekZadeh, S. E. Hoseini* and H. Behmadi

* Corresponding Author: Professor of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Science and Food Industrial, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: ebhoseini@srbiau.ac.ir

Received: 4 April 2021, Accepted: 18 January 2022

http://doi: 10.22092/fooder.2022.354081.1299

Abstract

Phosphates are used as stabilizers and emulsifiers in many processed foods. Phosphates are used in more than 65% of meat products. Due to the potential health risks of phosphate consumption and the tendency of consumers to buy phosphate-free or phosphate-reduced products, several studies have been conducted in recent years to replace phosphate in meat products. Due to the unique functional properties of phosphates, their complete removal is technologically challenging. The aim of the present study was to partially replacement of phosphate in cocktail sausages with modified potato starch. Effect of adding three types of starch including: Acetylated distarch adipate, Hydroxypropyl distarch phosphate and Starch sodium octenyl succinate at two levels of 1.35 and 2.7% compared to samples of sausages produced with commercial phosphate (Control sample - no modified starch) on physicochemical properties of sausage including pH, cooking loss, tissue firmness, microbial characteristics (coliform, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, Salmonella and mold and yeast) and sensory characteristics (color, odor, texture and acceptance) were evaluated in a 5-point hedonic system during 30 days of storage (zero, 15 and 30 days after production). Replacement of phosphate with modified starch did not make a significant difference in the pH of the samples with the control. No significant difference ($p < 0.05$) was observed in the cooking loss of samples containing 1.35% of modified starch with the control sample. The cooking loss was significantly higher in sausages containing 2.7% of modified starch with higher moisture content. All samples were microbiologically in accordance with Iranian national standards. Formulated sausage samples were not significantly different ($p < 0.05$) from the control at time zero. After 30 days of storage, the microbial load of treatments containing 1.35% of acetylated diastarch adipate and hydroxypropyl diastarch phosphate were less than the control. Increasing the amount of starch to 2.7%, regardless of their type, increased the microbial load. In this study, the most desirable formula in terms of quality were sausages containing 1.35% modified hydroxypropyl diastarch phosphate starch and sausages containing 2.7% modified sodium starch actinyl succinate starch were less desirable compared to other formulations.

Keywords: Chemical Additives, Reduced Phosphate, Water Storage Capacity, Meat Products