

## ارزیابی خصوصیات و ویژگی‌های سوسیس ماهی قزل‌آلای فراسودمند حاوی پروبیوتیک و جایگزین چربی

اقدس صادقی<sup>۱</sup>، وحید حکیم‌زاده<sup>۲\*</sup>، اسماعیل عطای‌صالحی<sup>۳</sup>، حسن رشیدی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران  
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران  
\* نویسنده مسئول (v.hakimzadeh@iauq.ac.ir)  
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران  
۴- دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

### چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۴  
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

### واژه‌های کلیدی

اینولین  
سوسیس تخمیری  
قزل‌آلا  
لاکتوباسیلوس پلاننتاروم  
نیتروزآمین

از بین محصولات گوشتی می‌توان به سوسیس و کالباس‌های تخمیری اشاره کرد که دارای خصوصیات ویژه‌ای از جمله زمان نگهداری بیشتر، ارزش تغذیه‌ای بالاتر به‌واسطه کاهش نیتروزآمین و عطر و طعم مطلوب‌تر هستند. استفاده از گوشت ماهی به‌جای گوشت قرمز، استفاده از جایگزین‌های چربی و کاربرد سوش‌های پروبیوتیک در این محصولات توانسته است تا حدود زیادی منجر به تولید محصولی فراسودمند شود. در این تحقیق، تولید سوسیس تخمیری ماهی قزل‌آلا با پروبیوتیک‌های لاکتوباسیلوس رامنوسوس و پلاننتاروم و جایگزینی قسمتی از چربی آن با اینولین و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بافتی، تغذیه‌ای و حسی آن طی زمان مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی اینولین طی زمان رطوبت کمتری از دست دادند (کمتر از ۴ درصد). میزان چربی نمونه‌ها طی گذشت زمان تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. pH نمونه‌های حاوی پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد آفت بیشتری داشتند و به حدود ۴/۸-۴/۶ رسیدند. اینولین در نمونه‌ها شدت روشنایی را کاهش و قرمزی را افزایش داد. از طرفی حضور پروبیوتیک‌ها سبب کاهش شدت روشنایی نمونه‌ها شد. نمونه‌های پروبیوتیک حاوی اینولین در مقایسه با نمونه‌های حاوی چربی بیشتر، به سبب کاهش pH به نقطه ایروالکتریک و متراکم‌تر شدن رشته‌های پروتئینی، سختی بیشتری داشتند. انسجام بافت نمونه‌های با چربی کاهش یافته نیز بیشتر بود. مقدار نیتروزآمین در نمونه‌های حاوی پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد کمتر بود و طی گذشت زمان به زیر ۱ پی‌پی‌بی رسید. ارزیابی حسی نیز به استثناء عطر و بو رای به برتری نمونه شاهد داشت و سایر نمونه‌ها نیز در ارزیابی حسی تفاوت زیادی با هم نداشتند.

### مقدمه

می‌تواند تأمین‌کننده مواد مغذی مهمی باشد. عوامل مختلفی همچون فاکتورهای حسی، تغذیه‌ای و اقتصادی بر عمومیت مصرف گوشت دخیل هستند

گوشت و فراورده‌های آن یکی از منابع مهم پروتئین در رژیم غذایی افراد محسوب می‌شود و مصرف به اندازه آنها

خصوصیات کیفی فرآورده بخصوص بافت و طعم و بوی بهتر آن است. باتوجه به اینکه ماهی از فسادپذیری بالایی برخوردار است تخمیر لاکتیکی می‌تواند روش مهمی جهت نگهداری تولیدهای دریایی در کشورهای در حال توسعه باشد (Hu, Xia, & Ge, 2008).

ماهی قزل‌آلا<sup>۱</sup> یکی از منابع خوب آهن است و آهن در خون‌سازی و همچنین در حفظ مقاومت بدن در برابر میکروب‌ها نقش مهمی بر عهده دارد. آهن موجود در قزل‌آلا به‌گونه‌ای است که جذب آن در دستگاه گوارش آسان بوده و به‌خوبی در بدن به مصرف می‌رسد. علاوه بر آن آهن موجود در قزل‌آلا نقش مهمی در پیشگیری از کم‌خونی ناشی از فقر آهن بر عهده دارد. نتایج مطالعه‌های دیگر نیز نشان داده‌اند چربی امگا-۳ ماهی قزل‌آلا می‌تواند فشارخون و ضربان قلب را در بیماران صرع تنظیم کند و از تعداد تشنج‌های آن به‌طور قابل‌توجهی بکاهد. قزل‌آلا به‌عنوان منبع غنی پروتئین، به آسانی در دستگاه گوارش هضم و جذب می‌شود و تقریباً به‌طور کامل در بدن به مصرف می‌رسد. همچنین عنصر روی موجود در آن در رشد کودکان و در تنظیم بلوغ جنسی نوجوانان تأثیر مهمی دارد و مصرف آن در دوران رشد از کوتاهی قد پیشگیری می‌کند. قزل‌آلا حاوی مقدار قابل‌توجهی از ویتامین‌های گروه B بوده که در تنظیم فعالیت سلول‌های عصبی و در نتیجه، در سلامت سیستم عصبی و سلامت پوست تأثیر دارد. همچنین بعضی از انواع ویتامین‌های گروه B در خون‌سازی نیز مؤثرند.

استراتژی دیگر در تولید انواع سوسیس و کالباس فراسودمند استفاده از پروبیوتیک‌ها طی تخمیر آن است. پروبیوتیک‌ها دارای خاصیت ضدسرطانی هستند که این عمل را با خنثی‌سازی مسمومیت ژنوتوکسین‌ها<sup>۲</sup> در روده انجام می‌دهند (Picard et al., 2005). مصرف پروبیوتیک‌ها منجر به تولید طیف متفاوتی از ترکیبات تخمیری بازدارنده می‌گردد. از بین ترکیبات بازدارنده‌ای که به‌وسیله این باکتری‌ها تولید می‌شود، می‌توان به آنتی‌بیوتیک‌ها، دی‌استیل، استوئین، استالدهید، اسید چرب آزاد، آمونیاک، آنزیم‌های تجزیه‌کننده باکتری‌ها، اتانول، پراکسید هیدروژن، باکتریوسین‌ها و آمینواسیدها اشاره کرد. مواد ضد میکروبی تولیدشده توسط این باکتری‌ها، نقش اساسی در سلامت و

(Ertürkmen, Kiliç, & Kiliç, 2016). از بین محصولات گوشتی می‌توان به سوسیس و کالباس‌های تخمیری اشاره کرد که در جهان سهم قابل‌توجهی را به خود اختصاص داده‌اند و دارای خصوصیات ویژه‌ای از جمله بهبود زمان نگهداری، بهبود ارزش تغذیه‌ای به‌واسطه کاهش نیتروزآمین و بهبود عطر و طعم هستند که بیشتر ناشی از متابولیت‌های تولیدشده باکتریایی طی تخمیر می‌باشند (Xu, Xia, Yang, & Nie, 2010).

با این حال محصولات گوشتی مانند سوسیس و کالباس به ندرت به‌عنوان یک محصول سلامتی بخش تلقی می‌شوند چون حضور نیترات، نمک و میزان چربی بالای آن تصویر یک غذای سودمند را از بین می‌برند (Vuyst, Falony, & Leroy, 2008). محتوی چربی بالا در این محصولات مسئول ایجاد خصوصیات مختلفی در انواع سوسیس و کالباس می‌باشد. نخست از نظر فیزیولوژی و تغذیه‌ای منبعی از ویتامین‌های محلول در چربی و انرژی می‌باشند. دوم اینکه چربی می‌تواند در توزیع و ایجاد عطر و طعم، احساس دهانی، بافت و در کل پذیرش کلی توسط مصرف‌کننده نقش مهمی داشته باشد. همچنین گرانول‌های چربی دارای نقش تکنولوژیکی در تولید سوسیس‌ها دارند به‌این‌صورت که در کاهش رطوبت از لایه‌های داخلی سوسیس مؤثرند (Olivares, Navarro, Salvador, & Flores, 2010; رکنی, ۱۳۸۷). در این راستا و در کاهش نگرانی‌های مصرف این قبیل محصولات گوشتی، محققین مبادرت به تغییراتی در تولید انواع سوسیس و کالباس ورزیدند. استفاده از گوشت ماهی به‌جای گوشت قرمز، استفاده از جایگزین‌های چربی و کاربرد سوش‌های پروبیوتیک در این محصولات توانسته است تا حدود زیادی منجر به تولید یک محصول فراسودمند شود (عطار، موحد، & مظاهری‌اسدی, ۱۳۹۶; علی‌نژاد, ۱۳۹۰).

ماهی علاوه بر منبعی غنی از پروتئین‌های با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیک بالا قادر می‌باشد ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری را در دسترس قرار دهد (Moosavi-Nasab, Mohammadi, & Oliyaie, 2018). با این حال فسادپذیری شدید ماهی موجب شده که مصرف آن به‌صورت تازه و کافی محدود به مناطق مجاور سواحل دریا و مکان‌های صید ماهی باشد. استفاده از فناوری تخمیر به‌عنوان راهکاری دیگر به‌منظور افزایش طول مدت نگهداری یک فرآورده، افزایش ارزش افزوده و بهبود

1. Trout  
2. Genotoxin

کنستانتره پروتئین سویا، ۲ درصد نشاسته اصلاح‌شده ذرت، ۱/۷۵ درصد نمک، ۰/۳ درصد پلی‌فسفات سدیم، ۰/۸ درصد ادویه، ۰/۰۲ درصد نیترات سدیم، ۰/۰۲ درصد اسید آسکوربیک و ۰/۱ درصد مونوسدیم گلوامات<sup>۸</sup> استفاده شد. بیج‌های جداگانه‌ای نیز با اینولین به میزان ۲ درصد از چربی کل نمونه شاهد تهیه شد و سلول‌های فشرده و مرطوب دو استارتر لاکتوباسیلوس رامنوسوس و لاکتوباسیلوس پلانتروم تهیه‌شده از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران پس از آماده‌سازی به مقدار ۰/۱ گرم بر کیلوگرم به‌صورت جداگانه به هر بیج تلقیح گردید. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اجازه داده شد تا عمل تخمیر صورت گیرد تا pH آن به حدود ۵ برسد و درنهایت در اتاق پخت با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد فراوری حرارتی شد. یک بیج نیز بدون اینولین و استارتر به‌عنوان نمونه شاهد تهیه گردید (Dinçer, Yılmaz, & Çaklı, 2017; عطار, 1396). (et al., 1396)

**آماده‌سازی و فعال‌سازی سویه میکروبی پروبیوتیک**  
سوش‌های لاکتوباسیلوس پلانتروم (PTCC1058) و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (PTCC1637) به شکل پودر لیوفلیزه<sup>۹</sup> آن برای رسیدن به تعداد ۱۰<sup>۹</sup> واحد تشکیل‌کننده بر گرم باکتری به مدت ۷۲ ساعت در محیط MRS Broth در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد رشد داده شد و سپس طی سانتریفیوژ (Hermle, Z36 HK, ساخت آلمان) در ۶۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه، سلول‌های فشرده مرطوب به‌دست‌آمد. در انتها برای حذف ناخالصی‌ها با محلول ۰/۱ درصد آب پیتونه شست‌وشو داده شد و در شرایط کاملاً بهداشتی نگهداری شد (Mokarram, Mortazavi, Najafi, & Shahidi, 2009).

#### اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی

اندازه‌گیری pH به‌صورت مستقیم با pH متر (Hanna, ساخت تایوان) در مخلوطی همگن از نمونه و آب به نسبت ۱:۱ انجام شد. میزان پروتئین براساس در نظر گرفتن ضریب ۶/۲۵ و با اندازه‌گیری میزان ازت با دستگاه کلدال (مدل ۷40، ایران) صورت گرفت. میزان رطوبت نیز براساس استاندارد آنالیز گوشت صورت گرفت به‌این‌صورت که اختلاف

افزایش نیمه عمر این فراورده‌ها بر عهده دارند (Abrahamse, Pool-Zobel, & Rechkemmer, 1999; علی‌نژاد, ۱۳۹۰). نیتروزآمین یکی از ترکیبات مهم سرطان‌زا بوده که در انواع محصولات گوشتی فراوری‌شده یافت می‌شود (Chen et al., 2016). استفاده از نیترات در محصولات گوشتی به سبب بهبود رنگ و خصوصیت نگهدارندگی آنها اجتناب‌ناپذیر است. اما یکی از عوامل مهم در میزان نیتروزآمین محصولات گوشتی مقدار مصرف نمک‌های نیترات در محصولات گوشتی می‌باشد (Wang Herrmann, Granby, & Duedahl-Olesen, 2015; et al., 2015). به نظر می‌رسد استفاده از گوشت ماهی به‌جای گوشت قرمز در سوسیس و کالباس مصرف نیترات را کاهش داده است و از طرفی پروبیوتیک‌های موجود در آن می‌توانند از تشکیل‌شدن این ترکیب جلوگیری کنند. مطالعه‌ها نشان داده است که لاکتوباسیلوس پنتوسوس<sup>۳</sup> R3 میزان نیتروزآمین را در یک محیط کشت ام آر اس برات<sup>۴</sup> کاهش می‌دهد (Xiao, Li, Zhou, Ma, & Chen, 2018). از طرفی این عقیده وجود دارد که ساختار سوسیس و کالباس می‌تواند از پروبیوتیک‌ها طی گذر از سیستم هضم بدن محافظت کند (Klingberg & Budde, 2006). یک تحقیق انجام‌شده روی داوطلبانی که روزانه ۵۰ گرم سوسیس کالباس پروبیوتیک مصرف کردند نشان داد که میزان سطح ایمنی بدن میزبان بهبود یافت اگرچه کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان کلسترول و تری‌گلیسرید<sup>۵</sup> سرم خونی داوطلبان مشاهده نشد (Jahreis et al., 2002).  
باتوجه به مطالب عنوان‌شده، در این تحقیق تولید سوسیس تخمیری ماهی قزل‌آلا با پروبیوتیک‌های لاکتوباسیلوس رامنوسوس<sup>۶</sup> و لاکتوباسیلوس پلانتروم<sup>۷</sup> و همچنین جایگزینی قسمتی از چربی آن با اینولین مورد بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### تولید سوسیس تخمیری

در هر بار تولید حدود ۶۹ درصد گوشت چرخ‌شده ماهی قزل‌آلا، ۱۸ درصد بیخ، ۶ درصد روغن آفتاب‌گردان، ۲ درصد

3. lactobacillus pentosus
4. MRS Broth
5. triglyceride
6. lactobacillus rhamnosus
7. Lactobacillus Plantarum

8. Monosodium glutamate
9. Lyophilized

اوپراتور تحت‌خلأ تا رسیدن به ۰/۵ میلی‌لیتر تغلیظ شد تا برای انتقال به گاز کروماتوگرافی-طیف‌سنجی جرمی GC-MS (مدل Varian CP-3800، هلند) آماده گردد. ستون کروماتوگرافی از نوع DP5 با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود. عملکرد تشخیصی آن در ۷۰ الکترون‌ولت صورت گرفت و دمای آن نیز در دامنه ۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و با افزایش ۶ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه تنظیم شد (Xiao et al., 2018).

#### ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس ماهی با استفاده از ۱۰ نفر ارزیاب (۵ نفر آقا و ۵ نفر خانم) و به روش هدونیک ۷ نقطه‌ای انجام شد. نمونه‌ها از نظر ویژگی‌هایی نظیر ظاهر، بافت (قابلیت جویدن و تردی) و احساس دهانی در روز ۲۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند و برای هر کدام از فاکتورهای ذکر شده، امتیاز ۱ تا ۷ (بسیار ضعیف تا بسیار عالی) در نظر گرفته شد (Rubio et al., 2013).

#### آنالیز آماری

در این تحقیق اثر حضور اینولین در فرمولاسیون، نوع سوش پروبیوتیک و زمان ماندگاری در سه بازه ۱۰ روزه به‌عنوان متغیرهای مستقل (جدول ۱) در قالب طرح کاملاً تصادفی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میزان نیتروز آمین نمونه‌ها بررسی شد و با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹.۱) و Microsoft Office Excel (نسخه ۲۰۱۳) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین داده‌های هر آزمون در سه تکرار با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری<sup>۱۴</sup> (LSD) در سطح ۹۵ درصد انجام مقایسه شد.

جدول ۱- متغیرهای به‌کاررفته در طرح کاملاً تصادفی

تیمارها	متغیرها	
	اینولین	نوع سوش
شاهد	۰	زمان (روز) ۳۰-۰
تیمار ۱	۲ درصد چربی کل	۳۰-۰ رامنوسوس
تیمار ۲	۰	۳۰-۰ رامنوسوس
تیمار ۳	۲ درصد چربی کل	۳۰-۰ پلانناروم
تیمار ۴	۰	۳۰-۰ پلانناروم

14. Least Significant Difference

وزن نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. میزان چربی نیز به روش استخراج با دستگاه سوکسله (E500، آریا آزما، ایران) با حلال ان-هگزان در یک سیستم مداوم رفلاکس انجام شد (AOCS, 2006; AOAC, 1975).

#### بافت‌سنجی

بافت‌سنجی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل پرتن TVT6700، ساخت بریتانیا) از نظر فاکتورهای همچون سختی<sup>۱۰</sup>، ارتجاعیت<sup>۱۱</sup>، قابلیت جویدن<sup>۱۲</sup> و چسبندگی<sup>۱۳</sup> ارزیابی گردید. به‌صورتی‌که برش‌های سوسیس در اندازه ۱/۵×۲×۲ سانتی‌متر آماده شد و با پروب قطر ۷۵ میلی‌متر و نیروی پیشران حدود ۵ گرم مورد آزمون قرار گرفت (Olivares et al., 2010).

#### رنگ‌سنجی

فاکتورهای رنگ‌سنجی نمونه‌ها مانند قرمزی (a\*)، زردی (b\*) و روشنایی (L\*)، از طریق نرم‌افزار Image J نسخه ۵.۲.۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای تهیه عکس از نمونه‌ها از محفظه‌ای استفاده گردید که روشنایی آن با استفاده از ۶ لامپ فلورسنت با قدرت ۸ وات (رنگ سفید) تأمین شده است. روی محفظه دوربینی (EOS، Canon، 1000D، ساخت ژاپن) با فاصله ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌ها قرار داده شد و تصویر با وضوح ۲۸۱۶×۱۸۸۰ پیکسل گرفته شد (Huang, Hou, & Li, 2013).

#### اندازه‌گیری نیتروز آمین

برای این منظور ابتدا لازم بود تا نیتروز آمین از نمونه‌های سوسیس استخراج گردد. ابتدا ۲۰۰ گرم سوسیس با ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر مخلوط شد و به‌همراه ۱۲۰ گرم نمک طعام به یک ارلن ۱۰۰۰ سی‌سی انتقال یافت و روی حمام بخار به جوش آمد. سپس ۴۰۰ میلی‌لیتر از تقطیر شده آن به یک فلاسک سرد حاوی ۴۰ میلی‌لیتر دی‌کلرومتان انتقال یافت و با ۳ میلی‌لیتر اسید سولفوریک و ۸۰ گرم نمک طعام مخلوط شد و سپس به قیف جداکننده انتقال یافت. در نهایت با کاغذ صافی ۰/۲۲ میکرومتر صاف شد و با

10. Hardness
11. Springiness
12. Chewiness
13. Cohesiveness

جدول ۲ - آنالیز شیمیایی نمونه‌های سوسیس ماهی قزل‌آلای طی زمان نگهداری

تیمار	pH									
	رطوبت (درصد)		چربی (درصد)		زمان (روز)		پروتئین (درصد)		۰	
شاهد	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰
	۵۷/۶±۰/۱۶ <sup>cd</sup>	۶۰/۱±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۳±۰/۱۳ <sup>ab</sup>
تیمار ۱	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰
	۵۸/۳±۰/۱۳ <sup>bc</sup>	۶۰/۹±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>
تیمار ۲	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰
	۵۹/۳±۰/۱۵ <sup>ac</sup>	۶۰/۳±۰/۱۳ <sup>bb</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۰±۰/۱۳ <sup>ab</sup>
تیمار ۳	۳۰	۲۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰	۱۰	۳۰	۲۰
	۵۸/۶±۰/۱۵ <sup>bd</sup>	۶۱/۳±۰/۱۳ <sup>bb</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۶۲/۵±۰/۱۳ <sup>ab</sup>

حروف غیرمشابه کوچک در هر ستون (تیمار مشخص) از نظر آماری در سطح (0.05) تفاوت معنی داری دارند. حروف غیریکسان بزرگ هر سطر (زمان مشخص) از نظر آماری در سطح (0.05) تفاوت معنی داری دارند.

## نتایج و بحث

### خصوصیات شیمیایی

در این تحقیق میزان چربی، پروتئین، رطوبت و pH سوسیس ماهی طی یک دوره ۳۰ روزه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). بدیهی بود که نمونه‌های حاوی اینولین به‌عنوان جایگزین چربی دارای اختلاف معنی‌داری ( $P > 0.05$ ) از نظر میزان چربی با سایر نمونه‌ها بودند. اما میزان چربی در بین نمونه‌های حاوی اینولین و سوش‌های پروبیوتیک طی بازه زمانی بررسی شده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. میزان چربی طی زمان نگهداری نسبت به روز اول اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ) و کاهش بسیار کم آن در برخی تیمارها شاید به دلیل فعالیت سوش‌های پروبیوتیک نمونه باشد. این نتایج با مشاهده‌های برخی از محققین مطابقت داشت (Liaros, Ndif, Linus-Katsanidis, & Bloukas, 2009; Chibueseh, & Bseocha, 2019). هرچند نتایج برخی محققین دیگر نشان‌دهنده افزایش میزان چربی طی یک دوره ۶۳ روزه بود که ممکن است به واسطه کاهش رطوبت بالا طی این دوره طولانی ایجاد شده باشد. میزان پروتئین در بین هیچ کدام از نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ) اما طی دوره ۳۰ روزه به دلیل افت رطوبت کمی افزایش یافت (Olivares et al., 2010). میزان رطوبت نمونه‌ها طی گذشت زمان به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که کاهش رطوبت در نمونه شاهد (۸/۵ درصد) نسبت به نمونه‌های دیگر (۶/۵-۷/۵ درصد) بیشتر بود. این امر ممکن است به دلیل فعالیت پروبیوتیک‌های موجود در سوسیس و سوق دادن pH به سمت نقطه ایزوالکتریک باشد. در pH ایزوالکتریک رطوبت به دلیل تجمع رشته‌های پروتئینی پیوند کمتری با آنها ایجاد می‌کند و میزان اتلاف رطوبت تسریع می‌شود (عطار et al., 1396). میزان pH نمونه‌ها کاملاً وابسته به حضور اینولین به دلیل ماهیت اسیدی آن و گذشت زمان بود. طی زمان میزان pH به دلیل فعالیت پروبیوتیک‌ها کاهش پیدا کرد و از حدود ۵/۲ به حدود ۴/۶ رسید. تفاوت در نوع سوش پروبیوتیک نیز اختلاف زیادی را در میزان pH نمونه‌ها ایجاد نکرد (Dalmış & Soyer, 2008).

جدول ۳- رنگ‌سنجی نمونه‌های سوسیس ماهی قزل‌آلا طی زمان نگهداری

تیمار	فاکتور روشیایی (L*)					فاکتور قرمزی (a*)					فاکتور زردی (b*)					
	۳۰	۲۰	۱۰	۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰	۳۰	۲۰	۱۰	۰
شاهد	۵۹/۳±۱/۰۳ <sup>aA</sup>	۵۹/۳±۰/۱۹ <sup>aA</sup>	۵۸/۴±۱/۳۳ <sup>aB</sup>	۵۸/۴±۰/۲۵ <sup>bC</sup>	۵۸/۱±۱/۱۳ <sup>aB</sup>	۳/۰±۰/۲۰ <sup>cB</sup>	۲/۸±۰/۴۵ <sup>cC</sup>	۲/۸±۰/۳۶ <sup>aA</sup>	۳/۴±۰/۱۷ <sup>cA</sup>	۳/۴±۰/۱۷ <sup>cA</sup>	۳/۴±۰/۱۷ <sup>cA</sup>	۳/۴±۰/۱۷ <sup>cA</sup>	۱۲/۱±۰/۹۳ <sup>aA</sup>	۱۲/۳±۰/۷۴ <sup>aA</sup>	۱۲/۲±۰/۷۴ <sup>aA</sup>	۱۲/۱±۰/۹۳ <sup>aA</sup>
تیمار ۱	۵۴/۷±۰/۵۸ <sup>cA</sup>	۵۴/۶±۱/۱۳ <sup>cA</sup>	۵۴/۸±۰/۹۸ <sup>cA</sup>	۵۳/۱±۰/۳۶ <sup>aB</sup>	۵۳/۶±۰/۸۸ <sup>dB</sup>	۳/۱±۰/۱۵ <sup>bB</sup>	۳/۱±۰/۱۵ <sup>bB</sup>	۳/۴±۰/۳۳ <sup>bB</sup>	۳/۶±۰/۳۳ <sup>bA</sup>	۳/۶±۰/۳۳ <sup>bA</sup>	۳/۶±۰/۳۳ <sup>bA</sup>	۱۰/۴±۰/۸۸ <sup>cA</sup>	۱۰/۳±۰/۸۸ <sup>cA</sup>	۱۰/۴±۰/۸۸ <sup>cA</sup>	۱۰/۴±۰/۸۸ <sup>cA</sup>	۱۰/۵±۰/۹۵ <sup>cA</sup>
تیمار ۲	۵۷/۴±۰/۳۳ <sup>bA</sup>	۵۷/۳±۰/۷۱ <sup>bA</sup>	۵۶/۶±۰/۵۶ <sup>bB</sup>	۵۶/۲±۰/۳۵ <sup>bB</sup>	۵۶/۲±۰/۳۵ <sup>bB</sup>	۲/۸±۰/۱۶ <sup>cB</sup>	۲/۸±۰/۱۶ <sup>cB</sup>	۳/۲±۰/۳۴ <sup>bA</sup>	۳/۳±۰/۴۴ <sup>cA</sup>	۳/۳±۰/۴۴ <sup>cA</sup>	۳/۳±۰/۴۴ <sup>cA</sup>	۱۱/۳±۱/۰۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۳±۱/۰۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۳±۱/۰۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۳±۱/۰۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۶±۰/۸۸ <sup>bA</sup>
تیمار ۳	۵۴/۹±۱/۰۳ <sup>cA</sup>	۵۴/۸±۱/۱۳ <sup>cA</sup>	۵۴/۲±۱/۱۳ <sup>cA</sup>	۵۴/۲±۰/۳۱ <sup>aD</sup>	۵۴/۲±۱/۲۳ <sup>cA</sup>	۳/۴±۰/۱۶ <sup>cB</sup>	۳/۴±۰/۱۶ <sup>cB</sup>	۳/۶±۰/۱۹ <sup>aB</sup>	۳/۸±۰/۴۵ <sup>aA</sup>	۳/۸±۰/۴۵ <sup>aA</sup>	۳/۸±۰/۴۵ <sup>aA</sup>	۱۰/۶±۰/۱۷ <sup>cB</sup>	۱۰/۶±۰/۱۷ <sup>cB</sup>	۱۰/۶±۰/۱۷ <sup>cB</sup>	۱۰/۶±۰/۱۷ <sup>cB</sup>	۱۱/۱±۰/۴۴ <sup>bA</sup>
تیمار ۴	۵۷/۱±۱/۲۱ <sup>bA</sup>	۵۷/۰±۰/۹۸ <sup>bA</sup>	۵۶/۵±۱/۰۹ <sup>bB</sup>	۵۶/۲±۱/۱۱ <sup>bB</sup>	۵۶/۲±۱/۱۱ <sup>bB</sup>	۲/۸±۰/۲۷ <sup>bB</sup>	۲/۸±۰/۲۷ <sup>bB</sup>	۲/۹±۰/۱۷ <sup>aB</sup>	۳/۲±۱/۰۱ <sup>aA</sup>	۳/۲±۱/۰۱ <sup>aA</sup>	۳/۲±۱/۰۱ <sup>aA</sup>	۱۱/۱±۰/۶۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۱±۰/۶۳ <sup>bB</sup>	۱۱/۳±۱/۰۰ <sup>bAB</sup>	۱۱/۳±۰/۸۵ <sup>bA</sup>	۱۱/۶±۱/۰۳ <sup>bA</sup>

حروف غیر مشابه کوچک در هر ستون (تیمار مشخص) از نظر آماری در سطح (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری دارند. حروف غیر یکسان بزرگ هر سطر (زمان مشخص) از نظر آماری در سطح (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری دارند.

### تغییرات رنگ

طی زمان نگهداری از شدت فاکتور L (روشنایی) کاسته شد. این امر در رابطه با کاهش وزن و متراکم‌تر شدن بافت در اثر ازدست‌دادن آب بود. از طرفی با جایگزینی اینولین به‌جای چربی از شدت روشنایی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ( $P>0/05$ ) کاسته شد (جدول ۳). این مشاهده‌ها با نتایج (Olivares et al., 2010) (۲۰۱۰) مطابقت داشت. در تحقیق دیگری نیز نشان داد که افزودن اینولین و کاهش چربی در سوسیس‌های فرانکفورتر سبب کاهش شدت روشنایی نمونه‌های سوسیس و افزایش فاکتور a یا قرمزی می‌شود (Cardoso, Mendes, & Nunes, 2009). (Berizi, Shekarforoush, Mohammadinezhad, Hosseinzadeh, & Farahnaki, 2017) (۲۰۱۵) گزارش کردند نمونه‌های سوسیس دارای ۶ درصد اینولین، شدت روشنایی کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت. همچنین (قصاب‌نژاد، حجتی، & جوینده، ۱۳۹۸) (۲۰۱۹) طی بررسی اثرات افزودن اینولین بر کفیر شیر میش بیان کردند که کاهش میزان روشنایی نمونه‌ها به‌دلیل حضور اسید لاکتیک باکتری‌ها و تجزیه پروتئین و در نتیجه پیشبرد واکنش مایلارد بوده است. (Bolenz, Amsberg, & Schäpe, 2006) (۲۰۰۵) افزایش میزان اینولین در شکلات شیری را عامل جذب بیشتر آب و در نتیجه کاهش پراکنش نور دانستند که سبب کاهش روشنایی شکلات شد که با نتایج سایر محققین نیز مطابقت داشت (El-Khair, 2009). میزان فاکتور a (قرمزی) تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطح ۵ درصد نداشت و ممکن است به‌دلیل عدم وجود رنگدانه میوگلوبین در سوسیس ماهی باشد، اما با کاهش درصد چربی از میزان فاکتور b (زردی) به میزان بسیار کمی کاسته شد که با نتایج محققین اشاره‌شده همخوانی داشت.



### بافت‌سنجی

براساس جدول (۴) درجه سختی سوسیس ماهی قزل‌آلا با گذشت زمان کمی افزایش یافت. یکی از دلایل این امر کاهش رطوبت و فشردگی بیشتر نمونه‌ها بود (Moosavi-Nasab et al., 2018). نمونه‌های حاوی چربی بیشتر نرم‌تر از نمونه‌های حاوی اینولین بود. با کاهش چربی در نمونه‌ها قابلیت جویدن نیز بیشتر شد (Berizi et al., 2017; Selgas, Salazar, & García, 2009). نمونه‌های حاوی چربی کمتر، ارتجاعیت کمتری داشت اما مقادیر آن در طول زمان تغییر چندانی نداشت که مطابق با نتایج (Liaros et al., 2009) و (Moosavi-Nasab et al., 2018) بود. انسجام در نمونه‌های با چربی کاهش یافته از نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها با میزان چربی بیشتر، بالاتر بود. (Berizi et al., 2017) (۲۰۱۷) گزارش کردند که جایگزینی اینولین به دلیل جذب بالاتر آب سبب تضعیف ساختار سه‌بعدی امولسیون سوسیس می‌شود که خود عامل افزایش انسجام بیشتر است.

### بررسی میزان نیتروزآمین

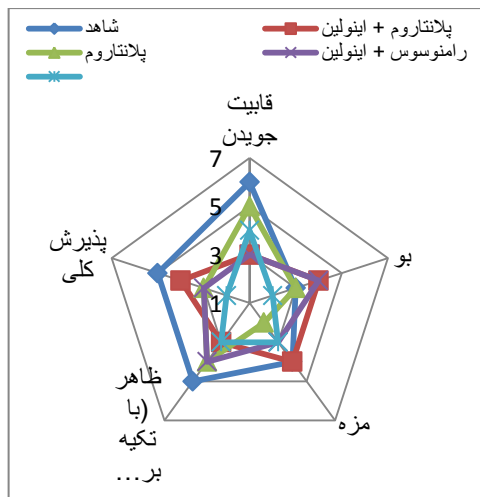
نیتروزآمین‌ها در محصولات گوشتی معمولاً به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند. نیتروزو دی‌متیل آمین<sup>۱۵</sup> (NDMA)، نیتروزو دی‌اتیل آمین<sup>۱۶</sup> (NDEA)، نیتروزو دی‌بوتیل آمین<sup>۱۷</sup> (NDBA) و نیتروزو پیرولیدین<sup>۱۸</sup> (NPYR) نیتروزآمین‌های رایج در فراورده‌های گوشتی هستند که در این تحقیق میزان نیتروزآمین کل نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست‌آمده در شکل (۱) میزان نیتروزآمین در نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بالاتر از سایر نمونه‌ها بود و طی گذشت زمان از ۰/۹۶ به ۱/۲۲ پی‌بی‌بی رسید. اما مقایسه آن با نمونه‌های حاوی پروبیوتیک نشان داد که حضور پروبیوتیک‌ها و فعالیت آنها در تولید اسیدهای آلی مانع از ایجاد و افزایش میزان نیتروزآمین طی زمان شد. اگرچه با گذشت زمان بر میزان نیتروزآمین در نمونه شاهد افزوده شد اما نمونه‌های پروبیوتیک توانستند میزان آن را تقریباً در سطح ثابتی (۰/۸۹-۰/۹۲ پی‌بی‌بی) طی زمان نگهدارند. همچنین نمونه‌های پروبیوتیک حاوی اینولین طی زمان از

جدول ۴ - بافت‌سنجی نمونه‌های سوسیس ماهی قزل‌آلای طی زمان نگهداری

شمار تیمار	انسجام (rattion)			ارتجاعیت (سانتی‌متر)			زمان (روز)			جویدنی (N.mm)			شمار تیمار
	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰	۲۰	۳۰	
شاهد	۰/۳۰±۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۶±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۵±۰/۰۸ <sup>bb</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۳۳/۹±۱/۲۱ <sup>bc</sup>
تیمار ۱	۰/۳۴±۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۰/۱۹±۰/۰۵ <sup>bc</sup>	۰/۱۹±۰/۰۵ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۷±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۷±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۱۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳۵/۶±۰/۹۳ <sup>c</sup>
تیمار ۲	۰/۱۳±۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۳۰/۱±۰/۰۵ <sup>c</sup>
تیمار ۳	۰/۲۴±۰/۰۱ <sup>ab</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>bc</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳۴/۵±۱/۳۵ <sup>bc</sup>
تیمار ۴	۰/۱۷±۰/۰۰۸ <sup>ab</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>bc</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۲۹/۸±۱/۱۱ <sup>cd</sup>

روف غیرمشابه کوچک در هر ستون (تیمار مشخص) از نظر آماری در سطح ( $P < 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری دارند. حروف غیریکسان بزرگ هر سطر (زمان مشخص) از نظر آماری در سطح ( $P < 0.05$ ) تفاوت معنی‌داری دارند.

15. Nitrosodimethylamine
16. Nitrosodiethylamine
17. Nitrosodibutylamine
18. Nitrosopyrrolidine



شکل ۲- نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس ماهی قزل‌آلا

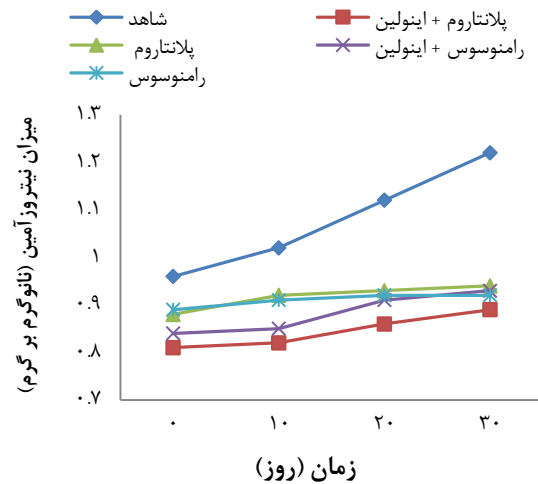
### ارزیابی حسی

در ارزیابی حسی اکثر ارزیاب‌ها به‌غیر از بوی مشخص‌تر ماهی در نمونه شاهد به سایر خصوصیات آن امتیاز بالاتری دادند. تردی، احساس دهانی و ظاهر نمونه شاهد امتیاز بالاتری را کسب کرد. اما نمونه‌های حاوی اینولین تلقیح‌شده با هر دو سوش عطر و آرومای بهتری را کسب نمود. ممکن است فعالیت سوش‌های پروبیوتیک طی فرایند تخمیر توانسته باشد تا حدودی بوی نامطلوب ماهی را از بین ببرد. نمونه‌های با چربی کمتر احساس دهانی و قابلیت جویدن ضعیفی را کسب نمودند، چون مستعد سفتی بیشتر بودند. با این حال امتیازهای ارائه‌شده بسیار به هم نزدیک بود. در شکل (۲) می‌توان نتایج ارزیابی را مشاهده نمود.

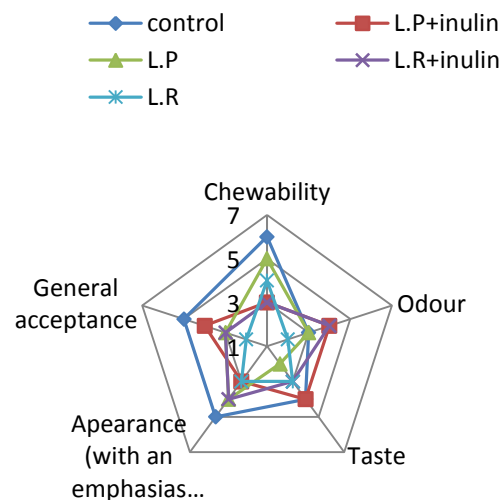
### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این تحقیق تلقیح پروبیوتیک‌ها بر سوسیس ماهی قزل‌آلا و همچنین جایگزینی قسمتی از چربی فرمولاسیون سوسیس با اینولین و مقایسه آن با نمونه شاهد نشان داد که نمونه‌های حاوی اینولین طی زمان نگهداری رطوبت بیشتری از دست دادند. همچنین چربی نمونه‌ها طی گذشت زمان تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نسبت به روز اول نداشت. میزان pH نمونه‌ها در سوسیس‌های حاوی پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت که مربوط به تولید اسیدهای آلی طی فعالیت آنها بود. نمونه‌های حاوی اینولین شدت روشنایی را کاهش و قرمزی را افزایش داد. از طرفی حضور پروبیوتیک‌ها نیز

نمونه‌های پروبیوتیک بدون اینولین در کاهش نیتروزامین تا حدودی مؤثرتر بودند اگرچه در سطح ۵ درصد این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۱). این یافته‌ها تا حدود زیادی با نتایج سایر محققین که از دیگر سویه‌های لاکتوباسیلوس در سوسیس تخمیری استفاده کرده بودند، مطابقت داشت (Sun, Kong, Chen, Han, & Diao, 2018; Xiao et al., 2018).



شکل ۱- نتایج حاصل از ارزیابی میزان نیتروزامین در نمونه‌های سوسیس ماهی قزل‌آلا طی زمان نگهداری





نمونه‌های حاوی پروبیوتیک طی زمان توانستند از افزایش میزان نیتروزآمین جلوگیری کنند و تقریباً مقدار آن را ثابت نگه‌دارند. ارزیابی حسی نیز رای به برتری نمونه‌های شاهد داشت اگرچه بوی ماهی در آن کمی بیشتر محسوس بود. سایر نمونه‌ها نیز در ارزیابی حسی تفاوت زیادی با هم نداشتند.

سبب کاهش شدت روشنایی نمونه‌ها شد. نمونه‌های حاوی اینولین در برابر نمونه‌های حاوی چربی بیشتر سختی بیشتری داشتند. حضور پروبیوتیک‌ها نیز به سبب کاهش pH به نقطه‌ایزوالکتریک، رشته‌های پروتئینی را متراکم‌تر و سختی را افزایش داد. چسبندگی نیز با کاهش چربی افزایش پیدا کرد. مقدار نیتروزآمین نیز در نمونه‌های حاوی پروبیوتیک نسبت به نمونه شاهد کمتر بود و

## منابع

- رکنی، ن. (۱۳۸۷). علوم و صنایع گوشت (چاپ پنجم): انتشارات دانشگاه تهران.
- عطاری، ا.، موحد، س.، & مظاهری‌اسدی، م. (۱۳۹۶). تولید سوسیس تخمیری پروبیوتیک بعنوان غذایی فراسودمند با استفاده از سویه‌های لاکتوباسیلوس پلانتاروم V299 و لاکتوباسیلوس رامنوسوس GG. علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴(۶۳)، ۱۵۴-۱۴۳.
- علی‌نژاد، ع. (۱۳۹۰). بررسی اثر باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Pediococcus pentosaceus* و دماهای مختلف فرآوری بر روی خصوصیات کارکردی سوسیس تخمیری تهیه شده از ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). پایان‌نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- قصاب‌نژاد، م.، حجتی، م.، & جوینده، ح. (۱۳۹۸). تأثیر اینولین بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی کفیر تولید شده از شیر گاومیش. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۶(۸۹)، ۳۶۷-۳۵۷.
- Abrahamse, S. L., Pool-Zobel, B. L., & Rechkemmer, G. (1999). Potential of short chain fatty acids to modulate the induction of DNA damage and changes in the intracellular calcium concentration by oxidative stress in isolated rat distal colon cells. *Carcinogenesis*, 20(4), 629-634. doi:<https://doi.org/10.1093/carcin/20.4.629>
- Alinezhad, A. (2011). *Effects of Lactobacillus plantarum and Pediococcus pentosaceus and different processing temperature on functional properties of fermented Common Carp (Cyprinus carpio) Sausage*. (Unpublished master's thesis), Department of Fishery, Faculty of Animal Science and Fishery, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, (in Persian)
- AOAC. (1975). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. In: Washington DC.
- AOCS. (2006). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist Society. In: Champaign, American Oil Chemist's Society. IL: USA.
- Attar, E., Movahed, S., & Mazaheri Asadi, M. (2016). Production of probiotic fermented sausages as a functional food using strains of *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Journal of food science and technology (Iran)*, 14(63), 154-143. (in Persian)
- Berizi, E., Shekarforoush, S. S., Mohammadinezhad, S., Hosseinzadeh, S., & Farahnaki, A. (2017). The use of inulin as fat replacer and its effect on texture and sensory properties of emulsion type sausages. *Iranian journal of veterinary research*, 18(4), 253-257. doi:<https://doi.org/10.22099/ijvr.2017.4622>
- Bolenz, S., Amtsberg, K., & Schäpe, R. (2006). The broader usage of sugars and fillers in milk chocolate made possible by the new EC cocoa directive. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(1), 45-55. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01023.x>
- Cardoso, C. M. L., Mendes, R., & Nunes, M. L. (2009). Instrumental Texture and Sensory Characteristics of Cod Frankfurter Sausages. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 625-643. doi:<https://doi.org/10.1080/10942910801992959>
- Chen, X., Li, J., Zhou, T., Li, J., Yang, J., Chen, W., & Xiong, Y. L. (2016). Two efficient nitrite-reducing *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented pork (Nanx Wudl) as competitive starter cultures for

- Chinese fermented dry sausage. *Meat science*, 121, 302-309. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.007>
- Dalmış, Ü., & Soyer, A. (2008). Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. *Meat science*, 80(2), 345-354. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.022>
- Dinçer, T., Yılmaz, E. B. Ş., & Çaklı, Ş. (2017). Determination of quality changes of fish sausage produced from saithe (*Pollachius virens* L., 1758) during cold storage. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(4), 391-399. doi:<https://doi.org/10.12714/egejfas.2017.34.4.05>
- El-Khair, A. (2009). Optimization of a new version of chocolate milk for endurance performance and post-exercise recovery. *Journal of Applied Sciences Research*(April), 482-489.
- Ertürkmen, P., Kiliç, G. B., & Kiliç, B. (2016). Utilization of lactic acid bacteria and probiotics on meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 15, 78-82.
- Ghasab Nezhad, M., Hojjati, M., & Jooyandeh, H. (2019). Effect of inulin on physico-chemical, microbial and sensory properties of the kefir produced of buffalo milk. *Journal of food science and technology(Iran)*, 16(89), 357-367. (in Persian)
- Herrmann, S. S., Granby, K., & Duedahl-Olesen, L. (2015). Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-526. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.101>
- Hu, Y., Xia, W., & Ge, C. (2008). Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture. *LWT - Food Science and Technology*, 41(4), 730-738. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.04.004>
- Huang, Z.-K., Hou, L.-Y., & Li, Z.-H. (2013). Image Clustering Using Graph Cuts in LAB Color Space. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 7(12), 1.
- Jahreis, G., Vogelsang, H., Kiessling, G., Schubert, R., Bunte, C., & Hammes, W. P. (2002). Influence of probiotic sausage (*Lactobacillus paracasei*) on blood lipids and immunological parameters of healthy volunteers. *Food Research International*, 35(2), 133-138. doi:[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00174-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00174-0)
- Klingberg, T. D., & Budde, B. B. (2006). The survival and persistence in the human gastrointestinal tract of five potential probiotic lactobacilli consumed as freeze-dried cultures or as probiotic sausage. *International journal of food microbiology*, 109(1), 157-159. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.014>
- Liaros, N. G., Katsanidis, E., & Bloukas, J. G. (2009). Effect of the ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages. *Meat science*, 83(4), 589-598. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.07.006>
- Mokarram, R. R., Mortazavi, S. A., Najafi, M. B. H., & Shahidi, F. (2009). The influence of multi stage alginate coating on survivability of potential probiotic bacteria in simulated gastric and intestinal juice. *Food Research International*, 42(8), 1040-1045. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.04.023>
- Moosavi-Nasab, M., Mohammadi, R., & Oliyaei, N. (2018). Physicochemical evaluation of sausages prepared by lantern fish (*Benthosema pterotum*) protein isolate. *Food science & nutrition*, 6(3), 617-626. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.583>
- Ndife, J., Linus-Chibueseh, A., & Bseocho, C. (2019). Development and evaluation of a non-dairy probiotic beverage from brown rice (*Oryzae sativa*). *Journal of Food and Processing Technology*, 10(8), 1-16.
- Olivares, A., Navarro, J. L., Salvador, A., & Flores, M. (2010). Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. *Meat science*, 86(2), 251-257. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.005>
- Picard, C., Fioramonti, J., Francois, A., Robinson, T., Neant, F., & Matuchansky, C. (2005). Review article: bifidobacteria as probiotic agents – physiological effects and clinical benefits. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 22(6), 495-512. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2005.02615.x>
- Rokni, N. (2008). *Science Technology of meat* (Vol. 5<sup>th</sup> Edition): University of Tehran Press. (in Persian)

- Rubio, R., Aymerich, T., Bover-Cid, S., Guàrdia, M. D., Arnau, J., & Garriga, M. (2013). Probiotic strains *Lactobacillus plantarum* 299V and *Lactobacillus rhamnosus* GG as starter cultures for fermented sausages. *LWT - Food Science and Technology*, *54*(1), 51-56. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.014>
- Selgas, M. D., Salazar, P., & García, M. L. (2009). Usefulness of calcium lactate, citrate and gluconate for calcium enrichment of dry fermented sausages. *Meat science*, *82*(4), 478-480. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.001>
- Sun, F., Kong, B., Chen, Q., Han, Q., & Diao, X. (2017). N-nitrosoamine inhibition and quality preservation of Harbin dry sausages by inoculated with *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*. *Food Control*, *73*, 1514-1521. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.018>
- Vuyst, L. D., Falony, G., & Leroy, F. (2008). Probiotics in fermented sausages. *Meat science*, *80*(1), 75-78. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.038>
- Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., & Zhang, J. (2015). Effects of plant polyphenols and  $\alpha$ -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT - Food Science and Technology*, *60*(1), 199-206. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.022>
- Xiao, Y., Li, P., Zhou, Y., Ma, F., & Chen, C. (2018). Effect of inoculating *Lactobacillus pentosus* R3 on N-nitrosamines and bacterial communities in dry fermented sausages. *Food Control*, *87*, 126-134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.025>
- Xu, Y., Xia, W., Yang, F., & Nie, X. (2010). Physical and chemical changes of silver carp sausages during fermentation with *Pediococcus pentosaceus*. *Food Chemistry*, *122*(3), 633-637. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.023>

## Evaluation of Properties and Characteristics of Functional Trout Sausages Containing Probiotics and Fat Substitutes

Aghdas Sadeghi<sup>1</sup>, Vahid Hakimzadeh<sup>2\*</sup>, Esmail Ataye Salehi<sup>3</sup>, Hasan Rashidi<sup>4</sup>

- 1- PhD Student, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
- 2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
- \* Corresponding author ([v.hakimzadeh@yahoo.com](mailto:v.hakimzadeh@yahoo.com))
- 3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
- 4- Associate Professor, Khorasan Razavi agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

### Abstract

Decrease in nitrosamine and optimal smell and flavour gives credit to such meat products as fermented sausages for their considerably optimal storage period and better nutritional values. Replacing red meat with fish and using replacer fat and probiotics in such products have played a great role in the production of such a highly functional food. Therefore, the focus of this study is mainly on the production of fermented trout sausages applying *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus plantarum*, substituting part of its fat with inulin while examining the physicochemical, textural, dietary, and sensory properties. The results showed that samples containing inulin lost less moisture over time (less than 4%). The fat content of the samples did not differ significantly over time and was almost the same. However, the pH of the samples containing probiotics decreased more than the control sample and reached about 4.6-4.8. Inulin content samples caused a marked decline in lightness and an increase in redness. Meanwhile, probiotic presence has caused more declines in lightness intensity in samples. Inulin content samples show more hardness as compared to high fat samples and the probiotics present after pH decline to isoelectric point caused an increase in intensity and hardness of protein fibres. Simultaneously, along with an increase in fat, cohesiveness increased. Nitrosamine content in probiotic samples was lower than the one in test sample much as there was an increase seen in all samples. Despite a little more odour being present, sensory analysis was in favour of the test samples. Other samples demonstrated little difference in sensory evaluation.

**Keywords:** Fermented sausage, Inulin, *Lactobacillus plantarum*, Nitrosamine, Trout

Accepted Article