ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی سوسیس تخمیری ماهی کپور معمولی متاثر از کشت ترکیبی استارتر کالچرهای *Pediococcus pentosaceus* و *Lactobacillus plantarum*

سیدعلی جعفرپور[۱*]، فرزانه یزدان‌پرست[۱]، رضا صفری[۲]

*a.jafarpour@sanru.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲ - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

در این مطالعه اثر تلقیح ترکیبی دو سوش باکتریایی *Pediococcus pentosaceus* و *Lactobacillus plantarum* در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد روی سوسیس تخمیری تهیه شده از ماهی کپور معمولی، به عنوان یک مدل، مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تولید سوسیس تخمیری ماهی کپور معمولی از گوشت چرخ شده ماهی، نمک (۳%)، گلوکز (۳%) و ترکیبی از باکتری‌های مذکور (۶ Log CFU/g) استفاده شد که به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند تا تخمیر صورت گیرد. پارامترهای pH، پپتیدهای محلول، شمارش میکروارگانیسم‌های سرمادوست و باکتری‌های اسید لاکتیک، آنالیز تقریبی (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر)، آنالیز پروفیل بافت و رنگ سوسیس تخمیری در زمان‌های ۰، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تخمیر مورد اندازه‌گیری شدند. بر اساس نتایج بدست آمده، باکتری‌های اسید لاکتیک بعد از ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری بسرعت رشد کرده که این امر کاهش معنی‌دار pH را بویژه در سوسیس‌های تلقیح شده با کشت ترکیبی بدنبال داشت، بگونه‌ای که در پایان تخمیر، مقدار pH از مقدار اولیه ۶/۹ به ۴/۴ رسید ($P<۰/۰۵$) که در نتیجه، سبب کاهش معنی‌دار رشد و تکثیر جمعیت باکتری‌های سرمادوست سودوموناس گردید ($P<۰/۰۵$). مقادیر پپتیدهای محلول نیز به طور معنی‌داری در سوسیس‌های تلقیح شده با کشت ترکیبی نسبت به نمونه‌های سوسیس فاقد کشت آغازگر افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در مورد بافت، سوسیس‌های تلقیح شده دارای سختی و قابلیت جویدن بالاتری نسبت به شاهد بودند. از لحاظ پارامترهای رنگ، هر دو نوع سوسیس بعد از گرمخانه‌گذاری دارای روشنی (L^*) و قرمزی (a^*) بیشتر بودند اما زردی (b^*) کمتری نسبت به همان نمونه در شروع آزمایش داشتند ($P<۰/۰۵$). در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری نمود که سوسیس‌های تخمیری تلقیح شده با کشت ترکیبی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و خواص بافتی مطلوب‌تری نسبت به شاهد برخوردار بودند.

لغات کلیدی: سوسیس تخمیری، کپور معمولی، باکتری‌های اسید لاکتیک، کشت آغازگر

* نویسنده مسئول

مقدمه

در مواد غذایی تخمیری باکتری‌های تولید کننده اسیدلاکتیک، گروهی از باکتری‌های گرم مثبت (G^+)، غیر هوازی و کم هوا دوست[1] یا مقاوم به هوا[2]، کاتالاز منفی و میله‌ای یا کوکسی شکل هستند که اسیدلاکتیک را به عنوان محصول اصلی یا تنها محصول سوخت و ساز تولید می‌کنند (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۲). این باکتری‌ها، از عناصر اصلی تخمیر گوشت محسوب می‌شوند که کیفیت بهداشتی و حسی محصول نهایی را بهبود می‌بخشند (Fadda *et al*., 1999). یکی از مهم‌ترین نقش‌های این میکروارگانیسم‌ها، افزایش عمر مفید محصولات تخمیری نسبت به مواد خام است (Omar *et al*., 2006).

از آنجایی که گوشت ماهی به عنوان یک منبع غنی از پروتئین با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیک بالا قادر است ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری را در دسترس مصرف کننده قرار دهد (موسوی نسب و همکاران، ۱۳۸۷) و در یک رژیم غذایی سالم نقش مهمی ایفاء کند (Kose *et al*., 2002)، بنابراین از جایگاه خاصی برخوردار است. تاکنون مطالعات محدودی در زمینه تخمیر فرآورده‌های شیلاتی صورت گرفته است. Yin و همکارانش در سال ۲۰۰۲ از باکتری‌های *Lactococcus lactis*، *L. plantarum* CCRC10069، *Lactococcus lactis* subsp. CCRC 12315 *Lactobacillus helveticus* CCRC 14092 به عنوان کشت آغازگر جهت تخمیر گوشت ماهی ماکرل در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد استفاده کردند (Yin *et al*., 2002). Hu و همکارانش (۲۰۰۸) اثرات سه گروه مختلف باکتری اسید لاکتیک را روی تشکیل آمین‌های بیوژنیک و پارامترهای کیفی ماهی کپور نقره‌ای مورد بررسی قرار دادند. Xu و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر تخمیر با باکتری اسید لاکتیک *Pediococcus pentosaceus* را در درجه حرارت‌های مختلف ۱۵-۳۷°C بر خصوصیات کیفی سوسیس کپور نقره ای، مورد بررسی قرار دادند.

جعفرپور و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی اثر باکتری *Lactobacillus plantarum* و دماهای مختلف فرآوری روی خصوصیات کارکردی سوسیس تخمیری تهیه شده از ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرداختند. Nie و همکاران (۲۰۱۴) اثر کشت های آغازگر ترکیبی آمینه منفی *Lactobacillus plantarum* ZY40 و *S. cerevisiae* JM19 را بر تجمع آمین‌های بیوژن در سوسیس تخمیری کپور نقره ای، مورد مطالعه قرار دادند (Nie *et al*., 2014).

بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی امکان تهیه سوسیس تخمیری از گوشت چرخ شده ماهی کپور معمولی بوده و در ضمن اثر توأم باکتری‌ها بر روی ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله pH، بازهای نیتروژنی فرار و پپتیدهای محلول در سوسیس تخمیری تهیه شده، بررسی گردید. همچنین بررسی اثر توام کشت باکتری‌ها روی ویژگی‌های بیوفیزیک از جمله ظرفیت نگهداری آب، رنگ و آنالیز پروفیل بافت سوسیس تخمیری تهیه شده نیز اندازه‌گیری گردید.

مواد و روش کار

تهیه فیله ماهی

ماهی کپور معمولی به طور کاملاً تازه از مراکز عرضه ماهی شهرستان ساری خریداری و سپس به پایلوت فرآوری گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل گردید. سپس به منظور برطرف کردن موکوس و آلودگی‌های سطحی، ماهی‌ها با آب سرد شسته، پوست‌گیری و سرزنی شده و امعاء و احشاء خارج شدند و مجدداً مورد شست و شو قرار گرفتند. سپس به روش دستی فیله‌ها را آماده نمودند و بوسیله دستگاه چرخ گوشت با دیسک با قطر ۳ میلی‌متر چرخ گردیدند.

آماده سازی باکتری‌ها

باکتری‌های *Pediococcus pentosaceu* و *Lactobacillus plantarum* به صورت پودر لیوفیلیزه

[1] Microaerophilic
[2] Aerotolerant

از مرکز پژوهش های علمی وصنعتی (کلکسیون باکتری و قارچ) خریداری شدند و مقدار یک گرم از پودر در شرایط استریل به ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع اضافه شد تا طی ۱۸ ساعت انکوباسیون در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به رشد لگاریتمی برسند (Xu *et al*., 2010a). سپس سوسپانسون حاصل را با سرم فیزیولوژی شستشو داده و نمونه‌ها در سانتریفیوژ یخچال‌دار (Universal Bench Centrifuge, Model PIT320R, Iran) در دمای ۴°C در دور ۱۰۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند و سه مرتبه با سرم فیزیولوژی مورد شستشو قرار گرفتند و مجدداً سانتریفیوژ گردیدند. در نهایت با استفاده از روش مک فارلند تعداد اولیه باکتری مشخص شده و پس از تهیه سوسپانسیون، میزان ۶log CFU/g باکتری به گوشت ماهی تلقیح گردید (Zhang *et al*., 2013).

تهیه سوسیس ماهی

برای تهیه سوسیس ماهی، گوشت چرخ شده ماهی به طور یکنواخت با ۳% گلوکز و ۳% نمک مخلوط شد و سپس باکتری‌های *Pediococcus pentosaceus* و *Lactobacillus plantarum* را که به سطح نهایی log ۶CFU/g رسیده بودند به مخلوط گوشت چرخ شده، تلقیح شدند و با کمک چرخ گوشت (Braun Meat Mincer G1500, England) بخوبی مخلوط شدند. سپس مخلوط بدست آمده در روکش‌های مصنوعی از جنس پلی آمید قرار داده شدند و سوسیس‌هایی به قطر ۳۰ میلی‌متر و به طول ۱۰ cm ایجاد گردیدند که انتهای آنها گره زده شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور تحت انکوباسیون قرار گرفتند تا تخمیر صورت گیرد. سپس در زمان های ۰ و ۴۸ ساعت تخمیر (گرمخانه‌گذاری) به منظور ارزیابی میکروبی، شیمیایی، فیزیکی و آنالیز تقریبی نمونه‌برداری انجام شد.

آنالیز میکروبی

برای این آزمون مقدار ۵ گرم از نمونه سوسیس را در محلول رینگر رقیق کرده و سپس یک دهم از محلول با رقت‌های مختلف در محیط کشت مخصوص به صورت سطحی کشت داده شد و تحت انکوباسیون قرار گرفت. باکتری‌های هوازی کل در محیط (PCA) Plate Count Agar در دمای ۳۷ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انکوبه گردید. باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط (DRSA) Deman Rogosa Sharp Agar به طور غیر هوازی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انکوبه شدند. جهت شمارش کلی باکتری‌های رشد کرده در محیط کشت، تعداد کلنی‌های موجود در پلیت مورد شمارش قرار گرفتند و عدد بدست آمده در عکس رقت ضرب شد و داده‌ها بر اساس لگاریتم طبیعی تعداد کلنی‌های شمارش شده (Colony Forming Unit) log CFU/g بیان گردید (Xu *et al*., 2010a).

ترکیب تقریبی

میزان پروتئین، چربی، رطوبت، و خاکستر بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری گردیدند.

اندازه‌گیری pH

ابتدا، مقداری از نمونه توسط دستگاه خردکن یکنواخت و هموژن شد. سپس مقدار ۵ گرم از آن به ۵۰ میلی لیتر آب مقطر جوشیده سرد شده که عاری از دی اکسیدکربن بود، اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه کاملاً مخلوط شده و با دستگاه pHمتر دیجیتالی (Multiline P4 WTW) قرائت شد (AOAC, 2000).

اندازه‌گیری مقدار پپتیدهای محلول

اندازه‌گیری مقدار پپتیدهای محلول، طبق روش Riebroy و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد (Riebroy *et al*., 2004). ۲ گرم از نمونه‌های سوسیس خرد شده با ۱۸ ml از محلول TCA (۵%) سرد بوسیله هموژنایزر (w/v) همگن

و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت نگه داشته شد و در دور 12000g به مدت ۱۵ دقیقه در ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شد. محلول رویی را جدا کرده و ۰/۵ سی سی از آن را به عنوان سوپرناتانت برداشته و مقدار ۴/۵ سی‌سی معرف بیورت به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری و سپس جذب نمونه با دستگاه فتومتر در طول موج ۵۴۰ nm قرائت شد. طبق معادله استاندارد ذیل غلظت پپتیدهای محلول محاسبه شد:

$$Y= 0.027 x – 0.001$$

Y=غلظت پپتیدهای محلول

X=طول موج قرائت شده از دستگاه (OD)

آنالیز پروفایل بافت TPA

آنالیز پروفایل بافت بر اساس روش تشریح شده توسط Jafarpour و Gorczyca (۲۰۰۹) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری بافت (CT3, BROOK FIELD) مجهز به یک پروب استوانه‌ای TA25/1000 انجام شد (Jafarpour and Gorczyca, 2009). سه برش از نمونه سوسیس (۳ سانتی متر ضخامت و ۳ سانتی متر قطر) را آماده کرده و اجازه داده شد تا با دمای اتاق به تعادل برسد. سپس دو بار تا ۵۰% ارتفاع اولیه فشرده شد. سختی، پیوستگی، خاصیت کش سانی، چسبندگی، قابلیت جوندگی و خاصیت صمغی با استفاده از نرم افزار Texture Pro CT V1.6 Build محاسبه شدند.

اندازه‌گیری رنگ

رنگ نمونه‌ها به صورت مقادیر a* ، b* و L*، با استفاده از دستگاه رنگ سنج (IMG Pardazeh, Cam-system XI, Iran) اندازه‌گیری شد که بترتیب روشنی، قرمزی/سبزی و زردی/آبی را نشان می‌دهند (جعفرپور، ۱۳۹۲).

L= پارامتر روشنایی در بازه بین ۱۰۰- ۰

a= پارامتر قرمزی در بازه بین ۱۲۰+ تا ۱۲۰-

b= پارامتر زردی در بازه بین ۱۲۰+ تا ۱۲۰-

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS 20 انجام پذیرفت. طرح آماری مورد استفاده، طرح کاملاً تصادفی و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و برای نمونه‌های مستقل (Independent samples T test) انجام شد. بررسی وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد (α=0/05) با آزمون دانکن صورت گرفت. داده‌ها به صورت انحراف معیار±میانگین بیان گردیدند که نتیجه سه تکرار برای هر آزمایش می‌باشد.

نتایج

آنالیز تقریبی

با توجه به جدول شماره ۱ مقدار پروتئین در ابتدا و قبل از تخمیر در حدود ۱۸/۵ درصد بود که هیچ اختلاف معنی‌داری را در میان دو گروه شاهد و تلقیح شده نشان نداد (P>۰/۰۵)، اما با شروع و گذشت ۴۸ ساعت از تخمیر مقدار آن در هر دو نمونه کاهش یافت، بطوریکه بترتیب به ۱۸/۷۱ و ۱۸/۷۲ درصد در گروه شاهد و تلقیح شده رسید. مقدار این افزایش در گروه تلقیح شده در مقایسه با گروه شاهد معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). مقدار چربی نیز تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها در دو زمان صفر و ۴۸ ساعت نشان نداد.

مقدار رطوبت نیز هیچ گونه اختلاف معنی‌داری را در شروع آزمایش بین دو گروه شاهد و تلقیح شده نشان نداد (P>۰/۰۵)، اما بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان تخمیر میزان کاهش رطوبت در هر دو تیمار نسبت به زمان صفر معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). میزان خاکستر نمونه‌ها نیز در انتهای تخمیر کاهش مختصری را نشان داد با این حال تفاوت بین دو تیمار در هر دو زمان صفر و ۴۸ ساعت معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

جدول ۱: آنالیز تقریبی سوسیس تخمیری ماهی در دو گروه شاهد و تلقیح شده بعد از ۴۸ ساعت تخمیر

Table 1: Proximate composition of fermented fish sausage in control and inoculated treatments after 48 h.

زمان (ساعت)	۰		۴۸	
پارامترها	شاهد	ترکیبی	شاهد	ترکیبی
پروتئین	۱۸/۵۷±۰/۰۵[a]	۱۸/۵۵±۰/۰۸[a]	۱۸/۷۱±۰/۰۸[b]	۱۸/۷۲ ±۰/۲۸[b]
چربی	۲/۹۳±۰/۰۴[a]	۲/۷۱±۰/۲۵[a]	۲/۹۷±۰/۲۵[a]	۲/۶۸±۰/۱۳[a]
رطوبت	۷۸/۳۴±۱/۰۶[a]	۷۶/۹۴±۰/۵۵[a]	۷۴/۵±۰/۰۰[b]	۷۴/۲۵ ±۲/۱۵[b]
خاکستر	۳/۲۷±۰/۰۷[a]	۳/۳۰±۰/۰۱[a]	۳/۱۳±۰/۰۴[a]	۳/۲۴±۰/۳۵[a]

انحراف معیار ± میانگین (Mean±Standard Deviation; n=۳)

حروف بالانویس شده متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد است.

نتایج pH

نتایج سنجش pH سوسیس تخمیری در جدول شماره ۲ ارائه شده است. با پیشرفت تخمیر، کاهش شدیدی در pH رخ داد، بگونه‌ای که از مقدار اولیه ۶/۹ کاسته شد و پس از۴۸ ساعت تخمیر بترتیب به ۴/۵۴ و ۴/۴ در نمونه شاهد و تلقیح شده با کشت ترکیبی رسید که سوسیس‌های تلقیح شده با کشت ترکیبی، pH پائین تری نسبت به شاهد داشتند. نتایج سنجش pH، اختلاف معنی‌داری را در ابتدا نشان نداد، اما در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت بین گروه‌های شاهد و تلقیح شده اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵).

جدول ۲: تغییرات pH سوسیس تخمیری ماهی در دو گروه شاهد و تلقیح شده

Table 2: Changes of pH in fermented fish sausage in control and inoculated groups.

زمان تخمیر(ساعت)	pH	
	گروه شاهد	گروه تلقیح شده
۰	۶/۹۷±۰/۰۰[aA]	۶/۹۴±۰/۰۱[aA]
۲۴	۶/۳۰±۰/۰۰[aA]	۶/۲۳±۰/۰۴[aA]
۴۸	۴/۵۴±۰/۰۰[bA]	۴/۴۰±۰/۰۵[bB]

میانگین±انحراف معیار (Mean±Standard Deviation; n=3)

حروف بالا نویس کوچک متفاوت در هر ستون و حروف بالانویس بزرگ در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

پپتیدهای محلول– TCA

نتایج حاصل از سنجش پپتیدهای محلول– TCA در جدول شماره ۳ ارائه شده است. در ابتدا مقدار پپتیدهای محلول– TCA در حدود ۳/۳ در دو گروه شاهد و تلقیح شده بود که با گذشت ۴۸ ساعت تخمیر میزان آن به طور قابل توجهی افزایش یافت و بترتیب به ۳/۷۳ و ۳/۹۵ در نمونه‌های شاهد و تلقیح شده رسید (P<۰/۰۵).

جدول ۳: داده های پپتیدهای محلول (TCA) در سوسیس های تخمیری ماهی در دو گروه شاهد و تلقیح شده با کشت ترکیبی

Table 3: Soluble peptide (TCA) data in fermented fish sausage in control and inoculated groups with mixed starter culture.

زمان (ساعت)	پپتیدهای محلول-TCA	
	شاهد	ترکیبی
۰	۳/۳۴±۰/۰۵ aA	۳/۳۳ ±۰/۰۳ aA
۴۸	۳/۷۳±۰/۰۱ bB	۳/۹۵±۰/۰۴ bA

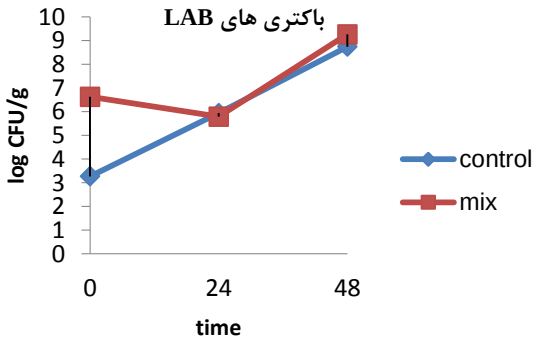
میانگین± انحراف معیار (Mean±Standard Deviation; n=3)

حروف بالانویس کوچک متفاوت در هر ستون و حروف بالانویس بزرگ در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

آزمایش‌های میکروبی

شمارش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)

تغییرات میکروبی سوسیس تخمیری در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. مقدار اولیه باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)، در نمونه‌های تلقیح شده به طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌های شاهد بود (P<۰/۰۵) که این تفاوت ناشی از تلقیح سویه‌های آغازگر بود. بگونه‌ای که تعداد اولیه LAB، به ترتیب ۶ log CFU/g و ۳ log CFU/g در گروه تلقیح شده و شاهد بود که پس از ۴۸ ساعت تخمیر به سطح حدود ۹/۵ log CFU/g در گروه تلقیح شده و ۸ log CFU/g در گروه شاهد رسید. با توجه به نتایج بدست آمده در هر دو گروه، باکتری‌های LAB جزء میکروارگانیسم های غالب طی تخمیر بودند (شکل ۱).



شکل ۱: تغییرات باکتری های اسید لاکتیک (LAB)در سوسیس تخمیری ماهی در دو گروه شاهد (Control) و تلقیح شده با کشت ترکیبی (Mix) در بازه زمانی ۴۸ ساعت

Figure 1: Changes of Lactic acid bacteria (LAB) in fermented fish sausage in control and inoculated groups with mixed starter culture after 48 h.

مقادیر کل جمعیت باکتری‌های سرمادوست

تعداد اولیه سودوموناس ها نیز درگروه شاهد و تلقیح شده حدود ۴/۱ log CFU/g بود که تفاوت معنی‌داری در ابتدای تخمیر در دو گروه مشاهده نشد (P>۰/۰۵). با پیشرفت تخمیر مقدار آن در گروه شاهد تا سطح log ۸/۵CFU/g افزایش یافت. بر اساس نتایج بدست آمده، گروه تلقیح شده در مقایسه با گروه شاهد تا حد قابل توجهی رشد سودوموناس ها را مهار کرده بود (P<۰/۰۵) بگونه‌ای که تعداد آنها به حدود ۳ log CFU/g رسید (شکل ۲).

نتایج آنالیز پروفایل بافت

نتایج حاصل از سنجش پارامترهای بافت در جدول شماره ۴ ارائه شده است. چنانکه مشهود است، بین تیمار شاهد و تیمار آزمایشی در شروع کار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما با گذشت زمان این تفاوت کاملاً معنی‌دار شد، بطوریکه میزان سختی تیمار سوسیس تلقیح شده بعد از گذشت ۴۸ ساعت بسیار بیشتر از تیمار شاهد ثبت گردید.

جدول ۴: تغییرات پارامترهای آنالیز پروفیل بافت (TPA) در سوسیس های تخمیری ماهی در دو گروه شاهد و تلقیح شده با کشت ترکیبی بعد از ۴۸ ساعت

Table 4: Changes of texture profile analysis (TPA) in fermented fish sausage in control and inoculated groups with mixed starter culture after 48 h.

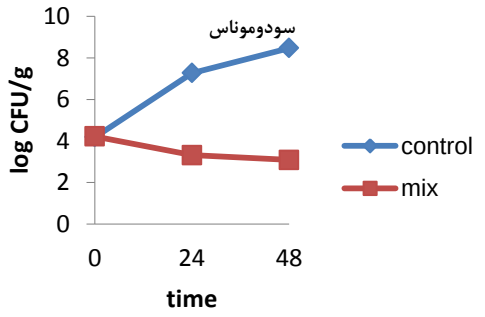
زمان (ساعت)		پارامترهای آزمون آنالیز پروفیل بافت (TPA)				
		سختی	بهم پیوستگی	چسبندگی	خاصیت ارتجاعی	قابلیت جویدن
۰	شاهد	۳۹/۵۲±۲/۲۶^{a}	۰/۵±۰/۰۱^{a}	۱±۰/۲^{a}	۰/۸۲±۰/۰۲^{a}	۱۶/۲۰±۰/۹۹^{a}
	ترکیبی	۳۸/۷۸±۲/۰۲^{a}	۰/۵±۰/۰۴۵^{a}	۰/۲۵±۰/۱۵^{b}	۰/۸۰±۰/۰۱^{a}	۱۶/۱۲ ±۲/۴۶^{a}
۴۸	شاهد	۶۳/۴۲±۴/۰۱^{B}	۰/۵۷±۰/۰۳۵^{A}	۰/۰۷۵±۰/۰۲۵^{B}	۰/۸۱±۰/۰۲^{A}	۳۱/۸۰±۰/۰۸۲^{B}
	ترکیبی	۱۰۲/۱۵±۲/۲۵^{A}	۰/۴۵±۰/۰۰۵^{B}	۰/۱۶±۰/۰۴^{A}	۰/۷۹±۰/۰۲^{A}	۳۸/۱۰±۰/۴۲^{A}

میانگین± انحراف معیار (Mean±Standard Deviation; n=۳)

حروف بالانویس متفاوت درهر ستون به تفکیک در زمان های صفر و ۴۸ ساعت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

بر اساس نتایج، میزان پیوستگی نیز در گروه تلقیح شده بر خلاف گروه شاهد با کاهش رو به رو بود و در زمان ۴۸ ساعت تفاوت معنی‌داری میان پیوستگی دو گروه مذکور مشاهده شد (P<۰/۰۵). میزان چسبندگی نیز پس از ۴۸ ساعت و در پایان تخمیر در هر دو گروه کاهش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). خاصیت ارتجاعی بیانگر میزان برگشت‌پذیری نمونه به شکل اولیه بعد از تغییر شکل توسط اولین فشردگی است.

با توجه به نتایج مربوط به این پارامتر، با گذشت ۴۸ ساعت از تخمیر، پارامتر خاصیت ارتجاعی در هر دو تیمار رو به کاهش رفت، اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد (P>۰/۰۵). قابلیت جوندگی، از پارامترهای دیگر بافت محسوب می‌شود که با توجه به نتایج حاصل از سنجش این پارامتر با گذشت ۴۸ ساعت از تخمیر، قابلیت جویدن در هر دو گروه افزایش یافت که این افزایش قابل توجه بود(P<۰/۰۵).



شکل ۲: تغییرات باکتری های سودوموناس در سوسیس تخمیری ماهی در دو گروه شاهد (Control) و تلقیح شده با کشت ترکیبی (Mix) در بازه زمانی ۴۸ ساعت

Figure 2: Changes of pseudomonas bacteria in fermented fish sausage in control and inoculated groups with mixed starter culture after 48 h.

پارامترهای رنگ

نتایج مربوط به رنگ سوسیس‌های شاهد و تلقیح شده با کشت ترکیبی در جدول شماره ۵ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، افزودن کشت ترکیبی تا حد زیادی بر پارامترهای رنگ موثر بوده است.

جدول ۵: نتایج مربوط به پارامترهای رنگ سوسیس تخمیری ماهی در دو گروه شاهد و تلقیح شده با کشت ترکیبی بعد از ۴۸ ساعت

Table 5: Changes of color parameters in fermented fish sausage in control and inoculated groups with mixed starter culture after 48 h.

زمان	L^*		a^*		b^*	
	شاهد	ترکیبی	شاهد	ترکیبی	شاهد	ترکیبی
۰	۸۰/۸±۰/۸۳^{aA}	۸۱±۰/۷۰^{aA}	-۶/۲±۰/۴۴^{aA}	-۶±۰/۷۰^{aA}	۱۱/۶±۰/۸۹^{aA}	۱۱/۸۰±۲/۱۶^{aA}
۴۸	۸۴±۱^{aB}	۸۵/۴±۱/۵۱^{aB}	-۳/۲±۰/۸۳^{bB}	-۱/۴±۰/۵۴^{aB}	۵/۴±۱/۶۷^{aB}	۰/۸±۱/۰۹^{bB}

میانگین± انحراف معیار (Mean±Standard Deviation; n=۵)

حروف بالانویس کوچک در هر ردیف و حروف بالانویس بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

همانطوری که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌کنید، در ابتدا و قبل از شروع تخمیر هیچگونه تفاوت معنی‌داری میان پارامترهای L^* ، a^* و b^* سوسیس شاهد و تلقیح شده مشاهده نشد، اما با گذشت ۴۸ ساعت از تخمیر، مقدار L^* با گذشت زمان در هر دو گروه افزایش یافت که این افزایش بین دو گروه مورد بررسی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). پارامتر a^* بین دو گروه مورد بررسی پس از ۴۸ ساعت افزایش یافت که اختلاف معنی‌داری میان دو گروه مشاهده شد. پارامتر b^* نیز در پایان تخمیر کاهش چشمگیری را نشان داد که از این منظر اختلاف معنی-داری بین دو گروه مشاهده شد (P<۰/۰۵).

بحث

بر اساس داده های پژوهش حاضر مقدار رطوبت سوسیس های تولیدی در طول تخمیر کاهش یافت که این کاهش ناشی از کاهش سریع pH سوسیس‌ها و رسیدن به نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های ماهی است که در آن، مقادیر بارهای مثبت و منفی رشته های پروتئینی با هم برابری کرده و توان اتصال آب توسط مولکول های پروتئین کاهش یافته که این امر باعث کاهش رطوبت سوسیس تخمیری شده است. Mokhtar و همکاران (۲۰۱۲) نیز مدت زمان تخمیر را عامل مهمی در دهیدراسیون سریع‌تر فرآورده تخمیری بیان نمودند (Mokhtar *et al*., 2012). همچنین نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات Essid و Hassouna (۲۰۱۳)، Xu و همکاران (۲۰۱۰) نیز مطابقت داشت (Xu *et al*., 2010a; Essid and Hassouna, 2013). مقدار پروتئین نیز با گذشت ۴۸ ساعت از زمان تخمیر افزایش معنی‌داری را در میان دو تیمار موجود نشان داد. این افزایش درصد پروتئین نیز در نتیجه کاهش میزان رطوبت رخ داده است که آن هم متاثر از کاهش شدید pH می‌باشد. نتایج مطالعات Arsalan و همکاران (۲۰۰۱) نیز نتایج این مطالعه را تایید نمودند (Arsalan and Dincoglu, 2001). Hu و همکاران (۲۰۰۸)، کاهش معنی‌دار مقدار رطوبت سوسیس‌های تخمیری را در پایان فرآیند تخمیر و به دنبال آن افزایش درصد پروتئین را گزارش نمودند (Hu *et al*., 2008). تفاوت معنی‌داری میان پارامترهای چربی و خاکستر سوسیس‌های تلقیح شده با کشت ترکیبی و سوسیس‌های فاقد کشت آغازگر پس از ۴۸ ساعت تخمیر مشاهده نشد (P>۰/۰۵). این نتایج نیز با نتایج Hu و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت.

نتایج این مطالعه نشان داد که سوسیس‌های تلقیح شده، pH پائین‌تری نسبت به سوسیس‌های شاهد داشتند این نتایج فعالیت اسیدی کنندگی قوی کشت‌های آغازگر ترکیبی را نشان می‌دهد. جعفرپور و همکاران (۱۳۹۲)، تغییرات pH در سوسیس تخمیری ماهی کپور معمولی را متاثر از دمای نگهداری دانستند و اعلام کردند که موثرترین دما بعد از ۴۸ ساعت تلقیح دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که باعث می‌گردد pH از ۶/۸ به ۴/۹۶ کاهش یابد. Hu و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند که

نمونه‌های سوسیس تلقیح شده با کشت آغازگر، pH پائین‌تری را نسبت به گروه های فاقد کشت آغازگر نشان دادند.

پارامتر پپتیدهای محلول نشان‌دهنده تخریب پروتئین های سارکوپلاسمی و میوفیبریلی بوسیله پروتئازهای درون زا و میکروبی در طول تخمیر می‌باشد که منجر به تولید پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد می‌شود (Yin *et al*., 2002; Visessanguan *et al*., 2004; Xu *et al*., 2010b). مقادیر بیشتر پپتیدهای محلول TCA، نشان دهنده هیدرولیز بیشتر پروتئین‌های عضله در طول تخمیر است (Riebroy *et al*., 2008) که هیدرولیز اولیه پروتئین‌های عضله بطور عمده به کاتاپسین های داخلی و در ادامه به فعالیت پپتیداز های میکروبی نسبت داده می-شود که به میزان بیشتری پروتئین‌ها را به پپتیدهای کوچک و اسید آمینه‌های آزاد می‌شکنند (Molly *et al*., 1997; Fadda *et al*., 1999; Riebroy *et al*., 2004). افزایش پپتیدها و اسید آمینه‌های آزاد ممکن است با توسعه عطر و طعم سوسیس مرتبط باشد (Yin و همکاران، ۲۰۰۲). برخی از محققین گزارش کردند که pH اسیدی می‌تواند فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک بخصوص کاتاپسین را بهبود بخشد (Molly *et al*., 1997; Riebroy *et al*., 2008). بر اساس نتایج این مطالعه، مقدار پپتیدهای محلول TCA پس از گذشت ۴۸ ساعت در نمونه حاوی کشت‌های ترکیبی با افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد همراه بوده است که این می‌تواند نشان-دهنده نقش موثر کشت ترکیبی در هیدرولیز بیشتر پروتئین‌های عضله طی تخمیر ۴۸ ساعته باشد. این نتایج مشابه نتایج Xu و همکاران (۲۰۱۰) و Riebroy و همکاران (۲۰۰۸) بود.

باکتری‌های اسید لاکتیک میکروارگانیسم های بسیار مهمی در صنایع غذایی بخصوص مواد غذایی تخمیری سنتی هستند. در این مطالعه نیز از دو گونه *Pediococcus pentosaceus* و *Lactobacillus plantarum* به عنوان کشت های آغازگر برای تخمیر سوسیس‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که شمار باکتری-های اسید لاکتیک پس از گذشت ۴۸ ساعت از فرآیند تخمیر، در هر دو گروه سوسیس‌های شاهد و تلقیح شده با کشت آغازگر افزایش معنی‌داری را نشان دادند و در پایان تخمیر جزء فلور میکروبی غالب بوده است (Xu *et al*., 2010a; Zhang *et al*., 2013; Arief *et al*., 2014). این امر سازگاری خوب این باکتری‌ها با شرایط موجود در گوشت ماهی کپور معمولی و همچنین توان رقابتی بالای این میکروارگانیسم‌ها در برابر فلور میکروبی موجود در گوشت را خاطر نشان می‌کند. این نتایج Zaho و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت. غالبیت LAB نیاز اولیه تولید موفق سوسیس تخمیری است (Zhang *et al*., 2013). قابلیت باکتری‌های اسید لاکتیک در جلوگیری از رشد میکروب‌های ناخواسته ممکن است ناشی از عوامل متعدد از قبیل تولید اسیدهای آلی شامل اسیدهای لاکتیک، استیک، پروپیونیک و فرمیک یا اسیدهای چرب آزاد، آمونیاک، بنزوات، پراکسید هیدروژن، دی استیل و سنتز باکتریوسین‌ها باشد که برخی از این مواد بازدارنده در مقابل طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زا اثر آنتاگونیستی دارد و لذا می‌تواند به نگهداری مواد غذایی کمک قابل ملاحظه‌ای نماید.

در خصوص ویژگی های بافتی سوسیس های تخمیری تولید شده در این پژوهش می توان بیان نمود که سختی سوسیس، معیار رسیدگی سوسیس است که از دناتوراسیون پروتئین‌های عضله و از دست دادن آب ناشی می‌شود. کاهش آهسته pH، بتدریج تجمع پروتئین را القاء کرده که منجر به تشکیل شبکه توده‌ای پروتئینی شده که قابلیت نگهداری آب کمتری داشته که با سفتی بافت مرتبط است. با پیشرفت تخمیر نمونه‌های سوسیس همزمان با افزایش نسبت بخش نامحلول، افزایش قابل-توجهی را در سختی و قابلیت جویدن نشان دادند (Xu *et al*., 2010a) بگونه‌ای که تفاوت معنی‌داری میان نمونه شاهد و تلقیح شده در زمان ۴۸ ساعت مشاهده شد ($P<0/05$). نتایج بدست آمده با نتایج Visessanguan و

همکاران (۲۰۰۴) و Riebroy و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

پارامتر بهم پیوستگی، آزمایش نحوه پایداری یک فرآورده در برابر تغییر شکل بعد از دومین فشردگی، نسبت به رفتار آن در طول تغییر شکل اول توسط اولین فشردگی است. میزان بهم پیوستگی نیز در گروه تلقیح شده برخلاف گروه شاهد با کاهش روبرو بود و در مدت ۴۸ ساعت تخمیر، تفاوت معنی‌داری میان پیوستگی دو گروه مذکور مشاهده شد (P<۰/۰۵). گزارش شده است که میزان پیوستگی که نشان‌دهنده قدرت باندهای داخلی ایجاد شده در نمونه است، همبستگی منفی با pH زیر ۵ داشته که پس از ۴۸ ساعت تخمیر با توجه به کاهش بیشتر pH در سوسیس تخمیری تلقیح شده و نزدیک شدن به نقطه ایزوالکتریک پروتئین و کاهش محتوای رطوبت می‌توان این کاهش را در میزان پیوستگی سوسیس تخمیری تلقیح شده، انتظار داشت. این نتیجه با داده‌های مربوط به پارامتر سختی همخوانی دارد و از سوی دیگر، در راستای نتایج مربوط به پارامتر خاصیت ارتجاعی نیز می‌باشد، زیرا این پارامتر که بیانگر میزان برگشت‌پذیری نمونه به شکل اولیه بعد از تغییر شکل توسط اولین فشردگی است. در مورد تیمار شاهد هیچ تفاوت معنی‌داری را در شروع آزمایش و بعد از ۴۸ ساعت تخمیر نشان نداد، اما در مورد تیمار تلقیح شده با توجه به تغییر ماهیت پروتئین‌ها در pH پایین انتظار می‌رفت که میزان خاصیت ارتجاعی بافت نیز کاهش یابد که همین روند مشاهده گردید.

از آنجایی که رنگ کیفیت کلی را تحت تاثیر قرار می دهد و از مهم‌ترین ویژگی‌های حسی سوسیس محسوب می‌شود (Hu *et al*., 2008) نقش مهمی در پذیرش محصول بوسیله مصرف‌کننده دارد (Riebroy *et al*., 2004). بر اساس نتایج، روشنی نمونه‌های سوسیس (L^*) در هر دو گروه با گذشت ۴۸ ساعت از تخمیر، افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار نبود. این افزایش ممکن است که ناشی از دناتوراسیون پروتئین‌ها باشد که در اثر اسیدهای تولید شده در ضمن تخمیر القاء شده است. نتایج بدست آمده منطبق با داده‌های مطالعه Riebroy و همکاران (۲۰۰۸) و Hu و همکاران (۲۰۰۸) بود. مقدار قرمزی (a^*) بسرعت در هر دو گروه مورد مطالعه طی ۴۸ ساعت تخمیر افزایش معنی‌داری را نشان داد. این افزایش در قرمزی به طور مشهودی ناشی از تشکیل نیتروزومیوگلوبین بوده که در نتیجه واکنش نیتروژن مونوکسید (NO) با میوگلوبین تولید شده است که این فرایند با کاهش pH مرتبط است. مقدار زردی (b^*) نیز کاهش چشمگیری را در طول فرآیند تخمیر نشان داد. نتایج این پژوهش با نتایج Lorenzo و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت (Lorenzo *et al*., 2012). بسیاری از محققین نیز اظهار داشتند که تاثیر میکروارگانیسم‌ها بر تغییر رنگ سوسیس تخمیری در ارتباط با تولید اسید، تخریب پروتئین و ثبات رنگدانه‌های صورتی است (Panya *et al*., 2003).

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که امکان تولید سوسیس تخمیری ماهی کپور معمولی با استفاده از کشت‌های آغازگر ترکیبی وجود دارد. همچنین کشت‌های آغازگر ترکیبی به طور معنی‌داری بر رشد میکروارگانیسم-ها، pH، پپتیدهای محلول و خصوصیات بافتی و رنگ سوسیس‌های تخمیری طی تخمیر لاکتیکی تاثیر گذار بوده‌اند، بگونه‌ای که در نمونه‌های تلقیح شده با کشت ترکیبی قبل از ۴۸ ساعت، رشد سریع‌تر باکتری‌های اسید لاکتیک و به دنبال آن کاهش سریع‌تر pH مشاهده شد. همچنین رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب نیز تا حد چشمگیری در نمونه‌های حاوی کشت آغازگر مهار شده بود. سوسیس‌های حاوی کشت آغازگر بترتیب حاوی مقادیر بالاتر پپتیدهای محلول نسبت به سوسیس‌های گروه شاهد بودند و از خصوصیات بافتی برتری نیز برخوردار بودند. در این مطالعه تولید سوسیس تخمیری از گوشت کپور معمولی با تلقیح ترکیبی از باکتری‌های *Pediococcus pentosaceus* و *Lactobacillus plantarum* و تخمیر طی ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه

سانتی‌گراد با موفقیت صورت گرفت و بر مبنای نتایج بدست آمده از آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی طی ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری، بهترین نتیجه مربوط به سوسیس‌های تخمیری تلقیح شده با کشت ترکیبی بود.

منابع

جعفرپور، ع.، ۱۳۹۲. سوریمی و ویژگی‌های فیزیکی شبکه ژل آن. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۲۷۲ صفحه.

جعفرپور، ع.، علی نژاد، عاطفه.، یگانه، سکینه.، و صفری، رضا.، ۱۳۹۲. ویژگی‌های میکروبی و بیوشیمیایی سوسیس تخمیری تهیه شده از گوشت ماهی کپور معمولی با تکنیک تلقیح باکتری *Pediococcus pentocacus* در دماهای مختلف انکوباسیون. مجله علمی شیلات ایران، ۲۲(۲): ۴۴-۳۳

سلطانی، م.، آخوندزاده، ا.، چوبکار، ن.، رومیانی، ل.، قائنی، م.، عباس زاده، س. و یداللهی، ف.، ۱۳۹۲. ارزیابی قابلیت تولید باکتریوسین توسط سه لاکتوباسیلوس بومی کشور توسط آنزیم‌های پروتئولیتیک. بیستمین کنگره ملی علوم وصنایع غذایی ایران،

معینی، س. و فرزانفر، ع.، ۱۳۸۴. بررسی امکان تولید فیش برگر از کوسه ماهی خلیج فارس. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۶): ۱۱۵۱-۱۱۴۳.

موسوی نسب، م.، موسوی نسب، س.، عابدی، ع.، حقیقی منش، س.، خالصی، ه.، و عباسفرد، ا.، (۱۳۸۷). تولید فرآورده‌های دریایی باارزش افزوده. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی،

doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.067

doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.023

doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.096

doi:10.1016/j.lwt.2007.04.014

doi:10.1016/j.meatsci.2011.03.010

AOAC, 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA.

Arief, I.I., Wulandari, Z., Aditia, E.L., Baihaqi, M., Noraimah., and Henhrawan., 2014. Physicochemical and microbiological properties of fermented lamb sausages using probiotic *Lactobacillus plantarum* IIA-2C12 as starter culture. Procedia Environmental Sciences, 20:352- 356. doi: 10.1016/j.proenv.2014.03.044

Arsalan, A. and Dincoglu, A.H., 2001. Fermented *Cyprinus carpio* L. sausage. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 25:667-673.

Essid, I. and Hassouna, M., 2013. Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. Food Control, 32:707-714. doi:14.10.1016/j.foodcont.2013.02.003

Fadda, S., Sanz, Y., Vignolo, G., Aristoy, M., Oliver, G. and Toldra, F., 1999. Characterization of muscle sarcoplasmic and myofibrillar protein hydrolysis caused by *Lactobacillus plantarum*. Applied and Environment Microbiology, 65:3540-3546.

Hu, Y., Xia, W. and Ge, C., 2008. Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture. LWT, 41:730-738. doi: 10.1016/j.lwt.2007.04.004

Jafarpour, A. and Gorczyca, E.M., 2009. Rheological characteristics and microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko gel. Food Biophysics, 4:172-179. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00937.x

Kose, S., Karacam, H., Kutlu, S. and Boran, M., 2002. Investigating the shelf-life of the

anchovy dish called Hamsikusu in frozen storage at -18 º C. Turkisk Journal of Veterinary Animal Sciences, 25:651-656.

Lorenzo, J., Temperán, S., Bermúdez, R., Cobas, N. and Purriños, L., 2012. Changes in physico-chemical, microbiological, textural and sensory attributes during ripening of dry-cured foal salchichón. Meat Science, 90:194-198 doi: 10.1016/j.meatsci.2011.06.025

Mokhtar, S., Mostafa, G., Taha, R. and Eldeep, G.S.S., 2012. Effect of different starter cultures on the biogenic amines production as a critical control point in fresh fermented sausages. European Food Research Technology, 235:527-535. doi: 10.4081/ijfs.2016.5568

Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekersm, M., Ghistelinck, M. and Geenen, I., **1997**. The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. Food Chemistry, 59:539-545. doi:10.1016/S0308-8146(97)00004-6

Nie, X., Lin, S. and Zhang, Q., 2014. Proteolytic characterization in grass carp sausage inoculated with *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus*. Food Chemistry, 145: 840-844.

Omar, N.B., Abriouel, H., Lucas, R., Martinez-Canamero, M., Guyot, J. and Galvez, A., **2006**. Isolation of bacteriocinogenic *Lactobacillus plantarum* strains from ben saalga, a traditional fermented gruel from Burkina Faso. International Journal of Food Microbiology, 112:44-50. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.06.014

Panya, A., Riebroy, S., Assavanig, A., Benjakul, S. and Visessanguan, W., 2003. Pale color formation in Nham, a Thai fermented pork sausage during fermentation. Paper presented at the 4th Agro-Industry conference, Bangkok, Tailand, May 30-June 1 2002.

Riebroy, S., Benjakul, S. and Visessanguan, W., **2008**. Properties and acceptability of Som-fug, a Thai fermented fish mince, inoculated with lactic acid bacteria starters. LWT 41:569-580.

Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijrongrojana, K. and Tanaka, M., **2004**. Some characteristics of commercial Som-fug produced in Thailand. Food Chemistry, 88:527-535.

Sudalayandi, K. and Manja, M., **2011**. Efficacy of lactic acid bacteria in the reduction oftrimethylamine-nitrogen and related spoilage derivatives of fresh Indian mackerel fish chunks. African Journal of Biotechnology, 10:42-47. doi: 10.5897/AJB10.1442

Tosukhowong, A., Visessanguan, W., Pumpuang, L., Tepkasikul, P., Panya, A. and Valyasevi, R., **2011**. Biogenic amine formation in Nham, a Thai fermented sausage, and the reduction by commercial starter culture, *Lactobacillus plantarum*

BCC 9546. Food Chemistry 129:846-853. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.05.033

Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P., 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. Meat Science 66: 579-588 doi: 10.1016/S0309-1740(03)00172-4

Xu, Y., Xia, W., Yang, F. and Nie, X., 2010b. Physical and chemical changes of silver carp sausages during fermentation with *Pediococcus pentosaceus*. Food Chemistry 122:633-637.

Xu, Y., Xia, W., Yang, F., Kim, J.M. and Nie, X., **2010a**. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus*. Food Chemistry 118:512-518. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.05.008

Yin, L.J., Pan, C.L. and Jiang, S.T., 2002. Effect of lactic acid bacterial fermentation on the characteristics of minced mackerel. *Journal of Food Science* 67:786-792. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10677.x

Zhang, Q., Lin, S. and Nie, X., **2013**. Reduction of biogenic amine accumulation in silver carp sausage by an amine-negative *Lactobacillus plantarum*. Food Control 32: 496-500. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.01.029

Zhao, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z. and Xiao, S., 2011. Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. Meat Science, 88: 761-766.

Physiochemical and textural properties of Common carp fermented sausages inoculated with mixed starter cultures of *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus plantarum*

Jafarpour A.[1]*; Yazdanprast F.[1]; Safaru R.[2]

*a.jafarpour@sanru.ac.ir

[1] Department of Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
[2] Caspian Sea Ecology Research Institute

Abstract

In this study, the effects of inoculation of two lactic acid bacteria including *Pediococcus pentosaceu* and *Lactobacillus plantarum* were evaluated on the fermented fish sausages produced from Common carp, as a model, at incubation temperature of 35˚C. Common carp fermented sausages were prepared from minced fish, salt (3%), glucose (3%) and the combination of two starter cultures of bacteria (6 log CFU/g) and fermentation occurred during the 48 h incubation. Soluble peptides, pH, phsycrophilic and lactic acid bacterial counts, proximate composition (protein, lipid, moisture and ash), texture profile analysis and color of fermented sausages were measured and compared to the non-inoculated sausages (the control group) at 0, 24 and 48 h after incubation. According to the results, lactic acid bacteria showed rapid growth after 48 h fermentation which led to the significant decrease in pH from initial values of around 6.9 to 4.4 ($P<0.05$) and the significant decrease in growth and proliferation of phsycrophilic *Pseudomonas* ($P<0.05$). The amounts of soluble peptides significantly increased in sausages that were inoculated with the mixed culture as compared to the control group ($P<0.05$). In terms of texture, the hardness and chewiness of inoculated sausages were higher than that of the control group ($P<0.05$). In terms of color parameters, the lightness (L^*) and redness (a^*) of both types of sausages were significantly increased after incubation, whereas the yellowness (b^*) was significantly decreased ($P<0.05$). It can be concluded that fermented sausages inoculated with mixed starter cultures had more favorable physiochemical characteristics and textural properties as compared to the control group.

Keywords: Fermented sausage, Common carp, Lactic acid bacteria, Starter culture

*Corresponding author