مقاله کامل علمی- پژوهشی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۸۱-۹۳
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2020.17823.1536

اثر جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم بر برخی شاخص‌های کیفی سس ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris*)

بهروز محمدزاده*

استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰٤/۰٤

چکیده

با هدف کاهش سطح نمک و بررسی اثر جایگزین کردن کلرید سدیم با کلرید پتاسیم بر کیفیت فرآورده نهایی، سس ماهی کیلکای معمولی با غلظت ۲۰ درصد نمک (وزنی/ وزنی) و در سه سطح جایگزینی ۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کلرید پتاسیم با کلرید سدیم طی ٤۵ روز تخمیر در دمای ۲±۳۷ درجه سانتی‌گراد تهیه گردید. شاخص‌های کیفیت در روزهای ۱۵، ۳۰ و ٤۵ دوره تخمیر در نمونه‌ها تعیین و تغییرات آن‌ها بررسی شد. بر اساس نتایج، دامنه مقادیر شاخص‌های کیفی در سطوح مختلف جایگزینی در انتهای دوره تخمیر بدین قرار بود: pH ۵/۲۳ تا ٦/٤۷، نیتروژن کل ۷/۳۰ تا ۸/۲۵ گرم در لیتر، نیتروژن فرمالینی ٦/۹۳ تا ۸/٤۰ گرم در لیتر، نیتروژن آمینو ٤ تا ۵/٦۰ گرم در لیتر، نسبت نیتروژن آمینو به نیتروژن کل ۵٤/۷۹ تا ٦۷/۸۸ درصد، مجموع بازهای نیتروژنی فرار ۱٦/٦۵ تا ۲٦/۹۰ میلی‌گرم درصد گرم و درجه هیدرولیز ۵٤/۸۸ تا ٦۷/۹۹ درصد. در مجموع دو سطح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد کلرید پتاسیم موجب افت کیفیت سس ماهی نسبت به نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد کلرید سدیم در شاخص‌های نیتروژن آمینو، نسبت نیتروژن آمینو به نیتروژن کل، مجموع بازهای نیتروژنی فرار و درجه هیدرلیز گردیدند. در بین دو سطح جایگزینی کلریدپتاسیم، نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم کیفیت بهتری را در شاخص‌های نیتروژن کل، نیتروژن فرمالینی و نیتروژن آمینو نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد کلرید پتاسیم نشان دادند. بنابراین توصیه می‌گردد، جهت کاهش سطح نمک در سس ماهی از سطح ۵۰ درصد کلرید پتاسیم استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: سس ماهی، کلرید پتاسیم، کلرید سدیم، کیفیت

* مسئول مکاتبه: behrooz9@gmail.com

مقدمه

یکی از فرآورده‌های دریایی که حاوی مقادیر بالایی نمک خوراکی کلرید سدیم می‌باشد، سس ماهی است، این فرآورده از طریق افزودن مقادیر قابل‌توجهی از نمک در حدود ۲۰-۲۵ درصد به‌صورت وزنی/ وزنی به ماهی تولید می‌شود. سس ماهی به‌عنوان یک فرآورده تخمیری ماهی، مایعی قهوه‌ای رنگ شفاف همراه با مزه شور و طعم ملایم ماهی بوده که نتیجه تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی است که طی فرایند تخمیر خودبه‌خودی و در غلظت بالای نمک و سطوح پائین اکسیژن رخ می‌دهد (شوان گودا و همکاران، ۲۰۱۶). مهم‌ترین ترکیبات مفید و سالم سس ماهی عبارت از بازدارنده‌های انعقاد فیبرین[1]، ترکیبات کورینوئید[2]، آنتی‌اکسیدان‌ها[3]، پپتیدهای زیست‌فعال[4]، آنزیم‌های میکروبی عمدتاً پروتئازها[5] و آمینواکسیدازها[6]، آنتی‌میکروب[7] و ضدفشار خون[8] (شوان گودا و همکاران، ۲۰۱۶) می‌باشند. گرچه ترکیبات ذکرشده نشان‌دهنده ارزش غذایی بالای سس ماهی بوده و آن را به‌عنوان یک غذای فراسودمند معرفی می‌کنند، ولی مصرف سس ماهی به‌عنوان یک غذای دریایی با سطوح بالای نمک کلرید سدیم که غالباً حاوی بین ۲۵-۲۰ درصد می‌باشد سبب افزایش ورودی سدیم به بدن می‌گردد و از سویی اثبات شده است مصرف سدیم به شکل نمک کلرید سدیم مستقیماً با افزایش فشار خون ارتباط دارد که این عارضه منجر به توسعه بیماری‌های قلبی-عروقی و کلیوی می‌گردد (هی و مک‌گرگور، ۲۰۰۲). یکی از بهترین راهکارهای جهت کاهش نمک به‌منظور کاهش میزان دریافتی سدیم، جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم می‌باشد. هر دو نمک دارای ویژگی‌های مشابه بوده و مصرف پتاسیم منجر به توسعه بیماری‌های قلبی عروقی و پرفشاری خون نمی‌گردد (گلیانشه و همکاران، ۲۰۰۷). جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم به نسبت ۵۰ درصد به ۵۰ درصد در ماهی سیم دریایی دودی شده که به‌مدت ٤٢ روز در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد، بر کیفیت شیمیایی، میکروبی و حسی اثر نداشت و سبب گردید تا فرآورده‌هایی قابل پذیرش و با کیفیتی مشابه فرآورده سنتی تولیده شده ولی با میزان سدیم کم‌تر به‌دست آید (فوانتس و همکاران، ۲۰۱۲). کیفیت و مقبولیت حسی سس ماهی ساردین تولید شده با جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم در سطوح مختلف بیانگر این بود که در جایگزینی با نسبت ٦٠ درصد کلرید سدیم به ٤٠ درصد به کلرید پتاسیم اثری روی بوی فرآورده نداشته اما بر طعم سس ماهی تأثیر گذاشته و منجر به عدم پذیرش از سوی مصرف‌کننده می‌شود، جایگزینی نسبی نمک در سطح ۷۵ درصد کلرید سدیم و ۲۵ درصد کلرید پتاسیم هم از لحاظ بو هم از لحاظ طعم از سوی مصرف‌کنندگان قابل‌پذیرش بود (سانسدا و همکاران، ۲۰۰۳). بررسی تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی سس ماهی از جمله میزان نیتروژن کل، نیتروژن فرمالینی، نیتروژن آمونیاکی، آمینواسید نیتروژن، مجموع بازهای نیتروژنی فرار و اسیدیته کل قابل‌تیتر طی فرایند تخمیر که تعیین‌کننده کیفیت سس ماهی نهایی تولیدشده، از لحاظ ارزش غذایی، درجه تخمیر، فساد، هیدرولیز پپتیدها و آمونیاک تولیدشده می‌باشد در مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته است (کلینک و همکاران، ۲۰۰۵؛ دیس سارفانگ و همکاران، ۲۰۰٦؛ هول مارسن و همکاران، ۲۰۰۷؛ زوو و همکارن، ۲۰۰۸؛ یانگ و من، ۲۰۱۸). ماهی کیلکای معمولی

1- Fibrin clotting inhibitors
2- Corrinoid compounds
3- Antioxidants
4- Bioactive peptides
5- Protease
6- Amino oxidases
7- Antimicrobial
8- Antihypertensive

(*Clupeonella cultriventris*) جزء مهم‌ترین گونه‌های سطح‌زی دریای خزر می‌باشد که در سال ۱۳۹۶ بیش از ۲۲۶۰۰ تن صید گردیده است (سالنامه آماری شیلات، ۱۳۹۶). بیش‌ترین کاربردهای این ماهی شامل تهیه پودر و روغن ماهی می‌باشد و مقداری نیز به‌صورت منجمد بسته‌بندی‌شده و کنسروشده مورد استفاده قرار می‌گیرد، با توجه به صید فراوان و قیمت پائین و از سویی فناوری ساده تخمیر، این گونه می‌تواند کاندید مناسبی جهت تهیه فرآورده‌های تخمیری باشد. در مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت سس ماهی تخمیری تهیه شده از ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris*) با سطوح مختلف جایگزینی نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم، تغییرات برخی شاخص‌های کیفی در نمونه‌های تهیه شده طی تخمیر تعیین و تجزیه و تحلیل خواهند شد.

مواد و روش‌ها

تهیه سس ماهی تخمیری: ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris*) به‌صورت منجمد و بسته‌بندی‌شده از شهرستان بابلسر تهیه گردید و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه آماده‌سازی ماهی شامل انجمادزدایی در آب، سرزنی، تخلیه شکمی و شستشو با آب سرد انجام شد. جهت تهیه سس ماهی از روش متداول تهیه سس ماهی در مناطق جنوبی کشور (مهیاوه) و با اندکی تغییرات جهت کنترل بهتر فرایند استفاده شد. بدین‌منظور در ظروف شیشه‌ای درب‌دار ابتدا ماهی تمیز شده قرار داده شد، سپس نمک به‌میزان ۲۰ درصد وزنی / وزنی افزوده شد و نهایتاً به نسبت ۱ به ۱ آب مقطر با دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد به محتویات ظروف اضافه شد. در مطالعه حال حاضر ۳ سطح جایگزینی صفر درصد، ۲۵ درصد و ۵۰ درصد کلرید پتاسیم به‌جای کلرید سدیم در نظر گرفته شد. در ادامه ظروف حاوی ماهی، نمک و آب به انکوباتور منتقل شدند و به‌مدت ۳۰ روز در دمای ۲±۳۵ درجه سانتی‌گراد تحت فرایند تخمیر قرار گرفتند. پس از گذشت ۳۰ روز نمونه‌های حاوی ماهی و نمک از صافی پارچه‌ای عبور داده می‌شوند و بخش مایع قهوه‌ای رنگ جداشده با مخلوط ادویه (خردل، اویشن، زیره، فلفل سیاه، رازیانه، تخم گشنیز) به‌میزان ۵ درصد وزنی / حجمی مخلوط شده و مجدداً جهت کامل شدن تخمیر و تهیه سس ماهی به انکوباتور با دمای ۲±۳۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و به‌مدت ۱۵ روز تحت تخمیر قرار می‌گیرد.

آماده‌سازی نمونه‌ها: در طی تخمیر سه بار و در روزهای ۱۵، ۳۰ و ٤٥ دوره تخمیر از نمونه‌های سه تیمار شامل سه سطح جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم نمونه‌برداری انجام شد، بدین‌صورت که با استفاده از کاغذ صافی عصاره‌های نمونه‌های مختلف جمع‌آوری و جهت آنالیزهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت.

سنجش شاخص‌های کیفیت سس ماهی: با استفاده از pH متر (Metrohm 827, Switzerland) pH عصاره‌های سس ماهی تعیین گردید. میزان نیتروژن کل نمونه‌های سس ماهی بر اساس روش کجلدال (AOAC، ۱۹۹۹) تعیین و بر حسب گرم نیتروژن در لیتر بیان می‌گردد. محتوی نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن فرمالینی و آمینو نیتروژن بر اساس روش استاندارد صنعتی کشور تایلند (۱۹۸۳) تعیین گردید. بدین‌منظور و برای سنجش نیتروژن فرمالینی ابتدا ۱ میلی‌لیتر نمونه سس ماهی با ۹ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده و سپس تا رسیدن به pH ۷ با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار تیتر شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر محلول فرمالدئید ۳۸ درصد حجمی/ حجمی به آن افزوده شد و مجدداً با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار تا رسیدن به pH ۹ تیتر گردید. در نهایت میزان نیتروژن فرمالینی از رابطه ۱ به‌دست آمد.

(۱) اختلاف حجم مصرفی محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار در دو مرحه تیتراسیون × ۱٤× ۰/۱ = نیتروژن فرمالینی (گرم در لیتر)

به‌منظور سنجش مقدار نیتروژن آمینو، ابتدا مقدار نیتروژن آمونیاکی بر اساس استاندارد کشور تایلند تعیین و سپس مقدار نیتروژن آمینو بر اساس رابطه ۲ تعیین گردید.

(۲) نیتروژن آمونیاکی – نیتروژن فرمالینی = نیتروژن آمینو (گرم بر لیتر)

مجموع بازهای نیتروژنی فرار نمونه‌ها با تقطیر مستقیم نمونه‌ها به درون اسید بوریک با استفاده از یک دستگاه کجلدال تعیین گردید (زارعی و همکاران، ۲۰۱۲). جهت سنجش درصد هیدرولیز نمونه‌های سس ماهی از رابطه ۳ استفاده گردید (سان و همکاران، ۲۰۱٦).

(۳) ۱۰۰× نیتروژن کل/ نیتروژن آمینو اسیدی = درجه هیدرولیز (٪)

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصله با نرم‌افزار SPSS 26 انجام پذیرفت. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، نتایج در قالب یک طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند و جهت بررسی تأثیر هم‌زمان دو عامل زمان تخمیر و سطح جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم بر شاخص‌های کیفی نمونه‌های سس ماهی از روش تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار شناخته شد از آزمون دانکن استفاده گردید. سطح اطمینان در تمامی مراحل آنالیز ۵ درصد در نظر گرفته شد (زار، ۱۹۹۹).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تغییرات pH در نمونه‌های سس ماهی کیلکا در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم طی زمان‌های مختلف تخمیر در جدول ۱ آورده شده است. مقدار pH در نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم در طول تخمیر به‌طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) بیش‌تر از pH دو سطح دیگر جایگزینی کلرید پتاسیم بود. pH نمونه‌های مختلف سس تهیه شده در انتهای دوره ٤٥ روه تخمیر در دامنه ۵/۲۳ تا ٦/٤٧ بود که منطبق بر دامنه استاندارد ارائه شده از سوی کدکس ۵ تا ٦/۵ برای سس ماهی بود (کدکس آلیمنتریس، ۲۰۱۳). سنجش pH در ٤٦ نمونه سس تجاری از کشورهای ژاپن (۳۱ عدد)، تایلند (۱۱ عدد)، ویتنام (۲ عدد)، چین (۱ عدد)، فیلیپین (۱ عدد) و ایتالیا (۱ عدد) نشان داد که دامنه pH نمونه‌های سس ماهی ژاپن، تایلند و ویتنام به‌ترتیب به‌ترتیب ۵/۹۷ تا ٤/٤٨، ۵/۲۵ تا ٤/۸۹، ۵/۱۰ تا ٤/۹۱ و pH نمونه سس‌های ماهی متعلق به چین، فیلیپین و ایتالیا نیز به‌ترتیب ۵/۱۷، ۵/۱۳ و ٤/۹۳ بود (ناکانو و همکاران، ۲۰۱۷). در مطالعه تغییرات کیفیت پس از تخمیر در نمونه‌های سس ماهی آنچوی طی توزیع در بازار pH نمونه‌های سس ماهی آنچوی ۱۲ برند تجاری بوسان کره جنوبی در دامنه تا ۵/٦۲ تا ٦ و نمونه‌های تهیه‌شده با دو غلظت ۲۰ و ۲۵ درصد نمک طی ۱۲ ماه نگهداری در دامنه ۵/۸ تا ۵/۵ بود (یانگ و من، ۲۰۱۸). مقادیر pH نمونه‌های سس مطالعه حاضر در انتهای دوره تخمیر تقریباً در تطابق با دامنه pH سس‌های تجاری رایج در بازارهای کشورهای دیگر می‌باشد. هیچ اختلاف معنی‌داری بین مقدار pH نمونه‌های مختلف سس ماهی ساردین در سطوح مختلف جایگزینی کلرید با کلرید پتاسیم مشاهده نشد. pH برای نمونه‌های دارای سطوح مختلف کلرید پتاسیم بین ۵/۳۲ تا ۵/۳۷ بود (سانسدا و همکاران،

۲۰۰۳). که این دامنه تغییرات pH منطبق بر تغییرات سطح جایگزینی صفر درصد کلرید پتاسیم و ۲۵ درصد کلریدپتاسیم در مطالعه حاضر می‌باشد و از میانگین تغییرات pH نمونه‌های حاوی ۵۰ کلرید پتاسیم کم‌تر می‌باشد. کاهش pH ممکن است ناشی از حضور یون‌های هیدروژن آزاد، اسیدهای آمینه آزاد و اولیگوپپتیدهای حاصل از فرایند پروتئولیز باشد و هم‌چنین مرتبط به حضور اسیدهای آلی مانند اسیدلاکتیک و اسید استیک باشد که توسط برخی میکروارگانیسم‌ها طی تخمیر تولید می‌شوند. در مقابل افزایش pH ممکن است در نتیجه حضور ترکیبات پایه‌ای شکل گرفته به‌وسیله دآمیناسیون اسیدهای آمینه رخ دهد (یانگ و من، ۲۰۱۸).

جدول ۱- تغییرات pH نمونه‌های سس ماهی کیلکا در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	۵/۰±۸۵/۰۱^{Bc}	٦/۰±۰۷/۰۱^{Bb}	٦/۰±٦۳/۱۱^{Ba}
روز سی‌ام	۵/۰±۹۹/۰۳^{Ac}	٦/۰±۲۳/۰۱^{Ab}	۷/۰±۰۰/۱۰^{Aa}
روز چهل و پنجم	۵/۰±۲۳/۰۱^{Cc}	۵/۰±۳۲/۰۱^{Cb}	٦/۰±٤۷/۰۱^{Ba}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند (P≤۰/۰۵).

نیتروژن محلول کل به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم کیفی سس ماهی در نظر گرفته می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۷) و عمدتاً از نیتروژن پروتئینی و ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی مانند اسیدهای آمینه آراد، نوکلئوتیدها، پپتیدها، آمونیاک، اوره و تری متیل آمین اکساید تشکیل شده است (فینه، ۱۹۹۲؛ شهیدی، ۱۹۹٤). تغییرات میزان نیتروژن کل در نمونه‌های مختلف سس ماهی کیلکا در جدول ۲ گزارش شده است. با گذشت زمان تخمیر میزان نیتروژن در تمامی نمونه‌های سس ماهی افزایش یافت، ولی این افزایش در نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد کلرید سدیم و نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد کلرید پتاسیم معنادار بود (P≤۰/۰۵)، در بین سطوح جایگزینی، نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم دارای مقادیر بیش‌تری نیتروژن طی زمان تخمیر بودند، ولی در انتهای تخمیر اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های حاوی ۱۰۰ کلرید سدیم نداشتند (P≤۰/۰۵). براساس استاندارد کدکس برای سس ماهی میزان نیتروژن کل محلول نباید کم‌تر از ۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر یا ۱ درصد باشد (کدکس آلیمنتریس، ۲۰۱۳). طبق استاندارد سس ماهی در تایلند (استاندارد صنعتی تایلند، ۱۹۸۳)، سس ماهی با محتوی نیتروژن کل بالاتر از ۲۰ گرم بر لیتر به‌عنوان سس ماهی درجه یک، حاوی ۲۰-۱۵ گرم بر لیتر نیتروژن کل به‌عنوان سس ماهی درجه دو و سس ماهی حاوی نیتروژن کل کم‌تر از ۱۵ گرم بر لیتر به‌عنوان سس ماهی درجه سه محسوب می‌شود (دیس سارفانگ و همکاران، ۲۰۰٦). در مقایسه با استاندارد کدکس و استاندارد کشور تایلند، سس تهیه شده از ماهی کیلکا در مطالعه حاضر کیفیت پائینی دارد، به‌طوری‌که در هیچ‌کدام از نمونه‌ها میزان نیتروژن کل به مقدار ۱۰ گرم در لیتر نرسید. میزان نیتروژن گزارش شده برای انواع سس ماهی متنوع است و بر اساس

نوع مواد خام یا شرایط فراوری متفاوت می‌باشد. در مطالعه‌ای که ناکانو و همکاران (۲۰۱۷) بر روی کیفیت انواع سس‌های ماهی تجاری تولید شده در کشورهای مختلف انجام دادند، دامنه مقادیر نیتروژن کل در نمونه‌های سس ماهی بدین‌ترتیب بود: در نمونه‌های ژاپن ۵/۲ تا ۳/۲۵ گرم در لیتر، در نمونه‌های تایلند ۱۲ تا ٤/۲۲ گرم در لیتر، در ویتنام ٤/۲۹ تا ۵/۲۹ گرم در لیتر، در چین، فیلیپین و ایتالیا به‌ترتیب ٦/۱۳، ۹/٤ و ۵/۱٤ گرم در لیتر بود. مقدار نیتروژن کل در نمونه‌های سس ماهی رنگین‌کمان (*Dussumieria acuta*) در تیمارهای مختلف شامل کم‌نمک، استاندارد، حاوی اسید سیتریک و ماهی چرخ شده همراه با افزایش زمان تخمیر افزایش یافت و در انتهای ۹۰ روز تخمیر، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان نیتروژن کل به‌ترتیب در نمونه‌های سس حاوی ٤ درصد اسید سیتریک ۸۵ میلی‌گرم در لیتر و نمونه‌های سس تهیه شده از ماهی چرخ شده ۲۲٤ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردید (شکیب و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲). در سس ماهی آنچوی (*Stolephorus heterolobu*) تهیه شده طی ٥٤ روز تخمیر محتوای نیتروژن کل همراه با افزایش گذشت زمان تخمیر افزایش یافت و در انتهای دوره تخمیر به مقدار ۱/٤۰ ± ۲۵/۰۱ گرم در لیتر رسید (مویدی و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲).

جدول ۲- تغییرات میزان نیتروژن کل نمونه‌های سس ماهی کیلکا بر حسب گرم در لیتر نمونه در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	۵/۰±٦۵/٤۵^{Cb}	٦/۰±۵۵/۱۵^{Bab}	۷/۰±۵۵/۷۵^{Aa}
روز سی‌ام	۷/۰±۵/۲۰^{Ba}	٦/۰±٦۵/۱۵^{Bb}	۸/۰±۱۵/۵۵^{Aa}
روز چهل و پنجم	۸/۰±۲۵/۲۵^{Aa}	۷/۰±۳۰/۲۰^{Ab}	۸/۰±۲۰/۳۰^{Aa}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند ($P\leq$۰/۰۵).

تغییرات میزان نیتروژن فرمالینی در نمونه‌های مختلف سس ماهی کیلکا در جدول ۳ مشاهده می‌شود. در مطالعه حاضر همراه با گذشت زمان تخمیر میزان نیتروژن فرمالینی در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت، به‌طوری‌که در هر سه سطح جایگزینی میزان نیتروژن فرمالینی در انتهای تخمیر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از آغاز تخمیر بود ($P\leq$۰/۰۵). در بین سطوح جایگزینی با کلریدپتاسیم، بیش‌ترین میزان نیتروژنی فرمالینی در انتهای دوره تخمیر در نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم مشاهده شد. محتوی نیتروژن فرمالینی به‌عنوان شاخص رایج درجه هیدرولیز پروتئین استفاده شده (چی ویساک، ۱۹۹۳) و در غذاهای تخمیری نقش مهمی را به‌عنوان شاخص رسیدن، درجه کهنگی یا خلوص و ایجاد طعم و مزه مطلوب ایفا می‌کند (بی‌یان، ۲۰۰۰) میزان نیتروزن فرمالدئیدی در سه فرمولاسیون مختلف (A، B و C) به‌کار رفته جهت تهیه سس از محصولات جنبی اسکوئید (*Symplectoteuthis oualaniensis*) پس از گذشت ۳۰ روز تخمیر به‌ترتیب ۱/۰±۰۲۸/۰۰۳۸، ۰±۱/۰٤٦ و ۱/۱۲۷±۰/۰٤۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود

(زوو و همکارن، ۲۰۰۸). در بررسی اثر افزودن سطوح مختلف طحال ماهی تون (*Katsuwonus pelamis*) (۰، ۱۰ و ۲۰ درصد) به همراه سطوح مختلف نمک کلرید سدیم (۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد) بر کیفیت سس تولیدی از ماهی ساردین (*Sardinella gibbosa*) مقدار نیتروژن فرمالینی در تمامی نمونه‌های همراه با گذشت زمان تخمیر (۱۸۰ روز) به‌تدریج افزایش یافت (کلومکلو و همکاران، ۲۰۰۶). میزان نیتروژن فرمالینی مهیاوه تهیه‌شده از ماهی آنچوی (*Stolephorus heterolobus*) همراه با گذشت زمان تخمیر به‌تدریج افزایش یافت و پس از گذشت ٥٤ روز تخمیر به مقدار ۰/۰۵۸± ۱۲/٤٤ گرم در لیتر رسید (مویدی و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲). افزایش میزان نیتروژن فرمالینی نشان‌دهنده میزان بالای هیدرولیز پروتئین‌های عضله ماهی توسط آنزیم‌های داخلی و میکروبی می‌باشد (تانک ویچارا، ۲۰۰۳؛ جیانگ، ۲۰۰۷). کاهش در مقدار نیتروژنی فرمالینی می‌تواند به‌علت کاهش جزئی هیدرولیز پروتئین‌ها در اثر کاهش شمار باکتری‌ها و میزان آنزیم‌های پروتئولیز باکتریایی مثل تریپسین به‌علت اثر بازدارندگی نمک و شرایط بی‌هوازی تخمیر باشد (مویدی و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر افزایش نیتروژن فرمالینی در سطوح مختلف جایگزینی دلالت بر افزایش هیدرولیز پروتئین‌های عضله ماهی است، گرچه این افزایش در تمامی نمونه‌ها در انتهای دوره تخمیر نسبت به روز سی‌ام معنادار نبود (P≥۰/۰۵).

جدول ۳- تغییرات میزان نیتروژن فرمالینی نمونه‌های سس ماهی کیلکا بر حسب گرم در لیتر نمونه در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	٤/۰±۸۳/٤۹^{Bb}	٥/۰±۳۲/٥٦^{Bb}	٦/۰±۷۹/٤۹^{Ba}
روز سی‌ام	۸/۰±۳۳/٤۹^{Aa}	۷/۰±۲۱/٤۲^{Ab}	۸/۰±۳۳/٤۹^{Aa}
روز چهل و پنجم	۷/۰±۹۱/۳٥^{Aa}	٦/۰±۹۳/۳٥^{Ab}	۸/۰±٤۰/۱٤^{Aa}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند (P≤۰/۰۵).

تغییرات میزان نیتروژن آمینو طی زمان تخمیر در تمامی نمونه‌های سس ماهی براساس جدول ٤ نشان‌دهنده یک روند افزایشی و سپس کاهشی می‌باشد. در انتهای تخمیر میزان نیتروژن آمینو در نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد کلرید سدیم در مقایسه با دو سطح جایگزینی دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (P≤۰/۰۵). نیتزژون آمینو به‌عنوان یک شاخص مرسوم جهت تعیین درجه هیدرولیز پروتئین طی تخمیر استفاده می‌شود و بر طعم و رایحه خاص سس ماهی تأثیرگذار است (جیانگ، ۲۰۰۷). بر اساس استاندارد کدکس و هم‌چنین استاندارد کشور تایلند، میزان نیتروژن آمینو در سس ماهی باید حداقل ٤۰ درصد میزان نیتروژن کل محلول باشد (استاندارد صنعتی تایلند، ۱۹۸۳؛ کدکس آلیمنتریس، ۲۰۱۳). در بررسی کیفیت ٤٦ نمونه تجاری سس ماهی از کشورهای مختلف توسط ناکانو و همکاران (۲۰۱۷)، دامنه نسبت نیتروژن آمینو به نیتروژن کل در نمونه‌های ژاپن بین ۷٥/۱۸ تا ۱۰۰ درصد، در نمونه‌های تایلند

۳۵/۹۱ تا ۵٦/۰۹ درصد، در نمونه‌های ویتنام ۳۸/٤٤ تا ۲٦/٦۸ و در نمونه‌های چینی، فیلیپینی و ایتالیایی به‌ترتیب ۵۰/۷۰، ٦۱/۵۰ و ٤۸/۲۲ درصد بود. در سس ماهی ماسه‌ای (*Arctoscopus japonicus*) که از طریق تخمیر به‌مدت ۱۰ ماه به‌وسیله کوجی برنج تلقیح‌شده با قارچ آسپرژیلوس لوچینزیز در دو غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد تهیه شده بود، سطح پائین نمک (۱۰ درصد) به‌همراه استفاده از کوجی برنج تلقیح‌شده با آسپرژیلوس لوچینزیز موجب افزایش قابل‌توجه نیتروژن آمینو طی ۱۰ ماه تخمیر نسبت به سایر نمونه‌ها شد. هم‌چنین نسبت نیتروژن آمینی به نیتروژن کل در نمونه‌های سس ماهی طی تخمیر در دامنه ۵۰/۹ تا ۵۵/۷ درصد بود (کیم و همکاران، ۲۰۱٦). مقدار نیتروژن آمینو قبل و بعد از تخمیر در نمونه‌های سس ماهی آنچوی (*Engraulis japonicus*) تهیه شده به‌وسیله آسپرژیلوس اورایزه به‌ترتیب ۵/٤٦ و ۷/۲۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود (سان و همکاران، ۲۰۱٦). محتوی نیتروژن آمینو در سس ماهی سنتی مهیاوه تهیه شده از ماهی آنچوی (*Stolephorus heterolobus*) همراه با گذشت تخمیر افزایش یافت و پس از ٥٤ روز تخمیر به مقدار ۱۰/۱۸ گرم بر لیتر رسید که تقریباً ٤۰ درصد میزان نیتروژن کل سس ماهی در انتهای تخمیر بود. افزایش در مقدار نیتروژن آمینواسیدی نشان داد که ترکیبات نیتروژنی به قطعات کوچک‌تر به‌ویژه به اسیدهای آمینه شکسته شده‌اند (مویدی و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر گرچه میزان نیتروژن آمینو نسبت به مطالعات مشابه از میزان کم‌تری برخوردار بود، ولی نسبت میزان نیتروژن آمینو به نیتروژن کل در انتهای دوره ٤۵ روزه تخمیر در سطوح مختلف جایگزینی کلریدپتاسیم به‌ترتیب در نمونه‌های حاوی ۱۰۰ کلرید سدیم ٦۷/۸۸ درصد، نمونه‌های حاوی ۲۵ کلرید پتاسیم ۵٤/۷۹ درصد و در نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم و ۵۰ درصد کلرید سدیم ۵۵/٦۱ درصد بود که نشان‌دهنده این است که در تمامی نمونه‌ها از این لحاظ بیش‌تر از استاندارد ارائه شده برای این نسبت بودند.

جدول ٤- تغییرات میزان نیتروژن آمینو نمونه‌های سس ماهی کیلکا بر حسب گرم در لیتر نمونه در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	۲/۰±۸۹/۲۸^{Ca}	۰/۰±۵٦/۲٤^{Cb}	۰/۰±۸٤/۲۸^{Bb}
روز سی‌ام	٦/۰±٤۵/٤۱^{Aa}	٤/۰±۷۳/۳۸^{Ab}	۵/۰±۲۲/۵۲^{Ab}
روز چهل و پنجم	۵/۰±٦۰/۲۸^{Ba}	٤/۰±۰۰/۲۹^{Bc}	٤/۰±۵٦/۰٦^{Ab}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند (P≤۰/۰۵).

مطابق داده‌های ارائه‌شده در جدول ۵، میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار با گذشت زمان تخمیر در دو سطح جایگزینی ۲۵ درصد کلرید پتاسیم و ۵۰ درصد کلرید پتاسیم به‌طور معناداری افزایش یافت (P≤۰/۰۵). در انتهای دوره تخمیر بیش‌ترین میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار در نمونه‌های حاوی ۵۰ کلریدپتاسیم به‌میزان ۲٦/۹۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه ثبت شد. مجموع بازهای نیتروژنی نشان‌دهنده درجه پروتئولیز در نمونه‌های سس ماهی است که به‌وسیله باکتری‌های فساد، آنزیم‌های اتولیز، دآمیناسیون

اسیدهای آمینه و کاتابولیت‌های نوکلئوتیدها تولید می‌شوند (دیس سارفانگ و همکاران، ۲۰۰۶). مجموع بازهای نیتروژنی فرار در سس ماهی سنتی ایران (مهیاوه) که از ۵ منطقه مختلف در جنوب ایران جمع‌آوری‌شده بود، سطح بسیار بالایی داشت، به‌طوری‌که میانگین آن برابر ۳۰۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم نمونه بود (زارعی و همکاران، ۲۰۱۲). مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار اولیه در نمونه‌های سس ماهی آنچوی (*Engraulis japonicus*) تهیه شده با سطوح مختلف نمک (۲۰ و ۲۵ درصد نمک) و نگهداری‌شده در دماهای مختلف (۱۰، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) پس از بسته‌بندی بین ۱۱۵ تا ۱۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود، اما طی دوره نگهداری غلظت‌ها به‌تدریج افزایش یافت و پس از یکسال غلظت‌های تقریباً به اندازه ۱۷۰ درصد افزایش یافت و به مقادیر ۱٦٦ تا ۱۹٤ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید (یانگ و من، ۲۰۱۸). بررسی کیفی سس ماهی سنتی مهیاوه تهیه شده از ماهی تازه و خشک آنچوی (*Stolephorus indicus*) طی ٤۵ روز تخمیر تحت‌تأثیر افزودن عصاره سیر (۵٪ حجمی / وزنی)، نشان داد که مجموع بازهای نیتروژنی فرار در انتهای دوره تخمیر به بیش از ۳۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم مهوه تولیدی برسد، به‌طوری‌که کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار به‌ترتیب در نمونه سس‌های تهیه شده از ماهی آنچوی تازه دارای عصاره سیر (۳۲۱/۸۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و تهیه‌شده از ماهی خشک بدون عصاره (۳۷٤/٤۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) مشاهده گردید (مرادی‌زاده‌فرد و همکاران، ۱۳۹۰). حد خطرناک و نامطلوب مقدار بازهای نیتروژنی فرار برای سس ماهی ۵۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم می‌باشد (سیلوا و همکاران، ۱۹۹۸) در طی تخمیر عمده‌ترین دلایل افزایش ترکیبات ازته فرار عبارتند از آزاد شدن آنزیم‌های دستگاه گوارش ماهی، از جمله تریپسین و کیموترپسین پس از صید ماهی و در حین حمل و نقل، آنزیم‌های فلور میکروبی طبیعی پوست ماهی و میکروارگانیزم‌های عامل فساد حاصل از دستکاری‌ها و انجمادزدایی ماهی (مویدی و موسوی‌نصب، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تمامی نمونه‌ها در مقایسه با نتایج پژوهش‌های اشاره‌شده و هم‌چنین با حد مجاز ارائه‌شده برای سس ماهی بسیار کم‌تر بود. با این وجود در بین سطوح مختلف جایگزینی، نمونه‌های حاوی ۵۰ کلرید پتاسیم به‌طور معنی‌داری دارای میزان بیش‌تری مجموع بازهای نیتروژنی فرار نسبت به دو سطح دیگر بود که می‌تواند نشانه‌ای از توسعه فساد در این نمونه باشد.

جدول ۵- تغییرات میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار نمونه‌های سس ماهی کیلکا بر حسب میلی‌گرم در صد گرم نمونه در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	۱۷/۰±۰۵/۹۵^{Ab}	۱٦/۰±۲۰/۳۰^{Bb}	۱۸/۰±۸۰/۲۰^{Ba}
روز سی‌ام	۱۵/۰±٤۰/۱۰^{Bc}	۱۷/۰±۷۰/۸۰^{Ab}	۲۷/۱±٤۵/۰۵^{Aa}
روز چهل و پنجم	۱٦/۰±٦۵/۳۵^{Ac}	۱۸/۰±۱۵/۳۵^{Ab}	۲٦/۰±۹۰/٦۰^{Aa}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند ($P\leq$۰/۰۵).

تغییرات درجه هیدرولیز در نمونه‌های مختلف سس ماهی کیلکا در جدول ٦ گزارش شده است. در انتهای روز سی‌ام دوره تخمیر در تمامی سطوح جایگزینی درجه هیدرولیز در بیش‌ترین مقدار خود بود و در پایان روز چهل و پنجم میزان هیدرولیز کاهش یافت. در بین سطوح جایگزینی کلریدپتاسیم، نمونه‌های حاوی ۱۰۰ کلرید سدیم و بدون کلریدپتاسیم به‌طور معنی‌داری دارای درجه هیدرولیز بیش‌تری نسبت دو سطح جایگزینی کلریدپتاسیم بود (P≤۰/۰۵). اصطلاح سس ماهی بر اساس تعریف امانو (۱۹٦۲) اشاره به یک مایع شفاف، قهوه‌ای رنگ هیدرولیز شده از ماهی نمک سود دارد. هیدرولیز پروتئین‌ها در تخمیر سس ماهی عمدتاً از طریق پروتئازهای داخلی در ماهی و علاوه بر آن پروتئازهای تولیدشده توسط باکتری‌ها رخ می‌دهد (گیلدبرگ، ۲۰۰۱؛ کلینک و همکاران، ۲۰۰۵؛ یانگ سوادیگال و همکاران، ۲۰۰۷). درجه هیدرولیز نمونه‌های سس ماهی تهیه شده از مخلوط ماهی کامل و محصول جنبی سوریمی ماهی سفید اقیانوس آرام (*Merluccius productus*) با گذشت زمان تخمیر تا انتهای دوره ۹ ماهه افزایش یافت و به بیش از ۷۰ درصد رسید. درجه هیدرولیز نمونه سس ماهی تهیه شده از ماهی کامل تا ماه سوم افزایش یافت و به حدود ٦۰ درصد رسید و سپس کاهش یافت و در انتهای دوره ۹ ماه تخمیر به کم‌تر از ۵۰ درصد رسید، به‌طوری‌که در انتهای تخمیر ۹ ماهه به‌طور معناداری کم‌تر (P≤۰/۰۵) از درجه هیدرولیز سس تهیه‌شده از مخلوط ماهی کامل و محصول جنبی سوریمی بود. (تانک ویچارا، ۲۰۰۳). درجه هیدرولیز در نمونه‌های سس ماهی آنچوی (*Engraulis japonicus*) تخمیرشده به‌وسیله قارچ آسپرژیلوس اورایزه (*Aspergillus oryzae*) تقریباً یک و نیم برابر بیش‌تر از نمونه‌ها قبل از تخمیر بود به‌طوری‌که از میزان ۵۲/۷۰ درصد به ۷۲/۲۲ درصد رسید (سان و همکاران، ۲۰۱٦). درجه هیدرولیز نمونه سس‌های تهیه‌شده در مطالعه حاضر در تمامی سطوح جایگزینی کلریدپتاسیم در روز سی‌ام به‌طور معنی‌داری بیش از آغاز تخمیر بود (P≤۰/۰۵)، ولی در انتهای دوره تخمیر نسبت به روز سی‌ام کاهش یافت که البته این کاهش در نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم معنادار نبود (P≥۰/۰۵). از طرفی بیش‌ترین درجه هیدرولیز در بین نمونه‌ها در سس ماهی حاوی ۱۰۰ کلرید سدیم در روز سی‌ام مشاهده شد که نشان می‌دهد حضور کلرید سدیم در مقادیر بالا بر هیدرولیز پروتئین تأثیر مثبتی محسوسی دارد و با افزایش سطح کلرید پتاسیم درجه هیدرولیز کاهش می‌یابد.

جدول ٦- تغییرات درجه هیدرولیز نمونه‌های سس ماهی کیلکا بر حسب درصد در سطوح مختلف جایگزینی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم و در زمان‌های مختلف تخمیر.

زمان تخمیر/ سطح جایگزینی	۱۰۰ درصد کلرید سدیم	۷۵ درصد کلرید سدیم + ۲۵ درصد کلرید پتاسیم	۵۰ درصد کلرید سدیم + ۵۰ درصد کلرید پتاسیم
روز پانزدهم	۵۱/۰±۲۹/٦۹^{Ca}	۱۱/۲±۲۳/۱۷^{Cb}	۱۱/٤±٤۵/۸۷^{Bb}
روز سی‌ام	۸٦/۷±۱۸/۷۰^{Aa}	۷۱/۷±۲٤/۳۲^{Aab}	٦٤/۱۰±۵٦/۷٤^{Ab}
روز چهل و پنجم	٦۷/۵±۹۹/٤۵^{Ba}	۵٤/۵±۸۸/۳۱^{Bb}	۵۵/۱±٦۹/۳۵^{Ab}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف کوچک متفاوت (a، b و c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف جایگزینی در هر زمان و حروف بزرگ متفاوت (A، B و C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های مختلف در هر سطح جایگزینی سنجش شده می‌باشند (P≤۰/۰۵).

نتیجه‌گیری کلی

یکی از چالش‌های اصلی در تولید سس ماهی به‌عنوان نوعی فرآورده تخمیری میزان بالای نمک کلریدسدیم به‌کار رفته می‌باشد. جایگزینی کلریدسدیم با کلریدپتاسیم یکی از راهکارهای مهم در کاهش سطح نمک در غذاهای دریایی می‌باشد. در پژوهش حاضر با هدف بررسی کیفیت سس ماهی تحت‌تأثیر جایگزینی کلریدسدیم با کلریدپتاسیم، سس ماهی کیلکای معمولی در سه سطح جایگزینی ۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کلرید پتاسیم با کلریدسدیم طی ٤٥ روز تخمیر تهیه و شاخص‌های کیفی در نمونه‌های مختلف سس ماهی در فواصل زمانی روزهای ۱۵، ۳۰ و ٤٥ دوره تخمیر تعیین گردیدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده با افزایش سطح کلرید پتاسیم از صفر به ۲۵ و ۵۰ درصد کیفیت سس ماهی تولیدشده در برخی شاخص‌ها هم‌چون نیتروژن آمینو، نسبت نیتروژن آمینو به نیتروژن کل، مجموع بازهای نیتروژنی فرار و درجه هیدرلیز نسبت به سس ماهی حاوی ۱۰۰ کلرید سدیم افت قابل‌توجهی داشت. در بین دو سطح جایگزینی، نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد کلرید پتاسیم نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد کلریدپتاسیم کیفیت بهتری را در شاخص‌های نیتروژن کل، نیتروژن فرمالینی و نیتروژن آمینو نشان دادند. در مجموع توصیه می‌گردد، جهت کاهش سطح نمک کلرید سدیم در سس ماهی از سطح ۵۰ درصد کلرید پتاسیم استفاده شود و هم‌زمان جهت حفظ و ارتقای کیفیت فرآورده نهایی از راهکارهایی هم‌چون به‌کارگیری کشت‌های آغازگر باکتریایی پرتئولیتیک و آنزیم‌های با فعالیت پروتئازی بالا استفاده شود.

منابع

1. Amano, K. 1962. Influence of fermentation of the nutritive value of fish with special reference to fermented fish products of Southeast Asia. In: Fish in Nutrition. Hee, N.E., Kreuzer, R. (Eds). Fishing News, London, United Kingdom Pp: 180-200.
2. AOAC. 1999. In: K. Helrich (Ed.), Official method of analysis (15th ed.). Washington, DC: Association of official Analytical Chemists.
3. Byun, M.W., Lee, K.H., Kim, D.H., Kim, J.H., Yook, H.S., and Ahn, H.J. 2000. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid. J. Food Prot. 63: 934-939.
4. Chaveesuk, R., Smith, J., and Simpson, B.K. 1993. Production of fish sauce and acceleration of sauce fermentation using proteolytic enaymes. J. Aqua. Food Prod. Technol. 2: 3. 59-77.
5. Codex Alimentarius. 2013. Standard for fish sauce. CODEX STAN 302-2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, Rome.
6. Dissaraphong, S., Benjakul, S., Visessang, W., and Kishimura, H. 2006. The influence of storage conditions of tuna viscera before fermentation on the chemical, physical and microbiological changes in fish sauce during fermentation. Bioresource Technology, 97: 2032-2040.
7. Effects of rice koji inoculated with *Aspergillus luchuensis* on the biochemical and sensory properties of a sailfin sandfish (*Arctoscopus japonicus*) fish sauce. Inter. J. Food Sci. Technol. 51: 8. 1888-1899.
8. Finne, G. 1992. Non-protein nitrogen compounds in fish and shellfish. In: Flick, J.G., Martin, R.E. (Eds.), Advances in seafood biochemistry, composition and quality (pp. 393-401). Lancaster: Techonomic Publishing.
9. Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J., and Barat, J. 2012. Effect of partial sodium replacement on physicochemical parameters of smoked sea bass during storage. Food Science and Technology International, 18: 3. 207-217.

10. Geleijnse, J.M., Witteman, J.C., Stijnen, T., Kloos, M.W., Hofman, A., and Grobbee, D.E. 2007. Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam Study. Europ. J. Epidemiol. 22: 11. 763-770.
11. Gildberg, A. 2001. Utilisation of male Arctic capelin and Atlantic cod intestines for fish sauce production - evaluation of fermentation conditions. Bioresource Technology, 76: 2. 119-123.
12. He, F.J., and MacGregor, G.A. 2002. Effect of modest salt reduction on blood pressure: a meta-analysis of randomized trials. Implications for public health. J. Human Hypertension. 16: 11. 761-770.
13. Hjalmarsson G.H., Park, J.W., and Kristbergsoon, K. 2006. Seasonal effects on the physicochemical characteristics of fish sauce made form capelin (*Mallotus villosus*). Food Chemistry, 103: 495-504.
14. Jiang, J.J., Zeng, Q.X., Zhu, Z.W., and Zhang, L.Y. 2007. Chemical and sensory changes associated Yu-Lu Fermentation process - A traditional fish sauce. Food Chemistry. 104: 1629-1634.
15. Joung, B.C., and Min, J.G. 2018. Changes in Postfermentation Quality during the Distribution Process of Anchovy (*Engraulis japonicus*) Fish Sauce. J. Food Prot. 81: 6. 969-976.
16. Kilinc, B., Cakli, S., Tolasa, S., and Dincer, T. 2005. Chemical, microbiological and sensory changes associated with fish sauce processing. European Food Research and Technology, 222: 5-6. 604-613.
17. Kim, B.M., Park, J.H., Kim, D.S., Kim, D.S., Kim, Y.M., Jun, J.Y., Jeong, I.H., Nam, S.Y., and Chi, Y.M. 2016.
18. Klomklao, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kishimura, H., and Simpson, B.K. 2006. Effects of the addition of spleen of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) on the liquefaction and characteristics of fish sauce made from sardine (*Sardinella gibbosa*). Food Chemistry, 98: 3. 440-452.
19. Liu, Y., Xu, Y., He, X., Wang, D., Hu, S., Li, S., and Jiang, W. 2017. Reduction of salt content of fish sauce by ethanol treatment. J. Food Sci. Technol. 54: 9. 2956-2964.
20. Moayedi, S.F., and Moosavi-Nasab, M. 2013. Evaluation of nitrogenous compounds, microbial changes and electrophoresis pattern during fermentation of Mahyaveh, the Iranian traditional fish sauce. Iran. Sci. Fish. J. 22: 3. 147-163.
21. Moradizadeh Fard, H., Jalalian, M., and Shabanpour, B. 2011. Effects of garlic extract on chemical and microbial and sensory properties of Mahveh produced from fresh and dried anchovy (*Stolephorus indicus*). J. Food Sci. Technol. 8: 30. 11-20.
22. Nakano, M., Sagane, Y., Koizumi, R., Nakazawa, Y., Yamazaki, M., Watanabe, T., Takano, K., Sato, H. 2017. Data on the chemical properties of commercial fish sauce products. Data in Brief, 15: 658-664.
23. Sanceda, N., Suzuki, E., and Kurata, T. 2003. Quality and sensory acceptance of fish sauce partially substituting sodium chloride or natural salt with potassium chloride during the fermentation process. Inter. J. Food Sci. Technol. 38: 4. 435-443.
24. Shahidi, F., Sikorski, Z.E., and Pan, B.S. 1994. Proteins from seafood processing discards. In Sea food protein (pp. 171-193). New York: Chapman and Hall.
25. Shakib, I., and Moosavi-Nasab, M. 2013. Chemical and sensory properties of fish sauce using dried rainbow sardine (*Dussumieria acuta*). Iran. Sci. Fish. J. 22: 1. 49-60.
26. Shivanne Gowda, S.G., Narayan, B., and Gopal, S. 2016. Bacteriological properties and health-related biochemical components of fermented fish sauce: An overview. Food Reviews International. 32: 2. 203-229.
27. Silva, C.C.G., Da Ponte, D.J.B., and Enes Dapkevicius, M.L.N. 1998. Storage temperature effect on histamine formation in big Eye Tuna and Skipjack. J. Food Sci. 63: 4. 644-647.

28. Statistical Yearbook of the Iranian Fisheries Organization. 2017. Iranian Fisheries Organization Department of planning and resource management, the office of planning and budget. 64p.
29. Sun, J., Yu, X., Fang, B., Ma, L., Xue, C., Zhang, Z., and Mao, X. 2016. Effect of fermentation by Aspergillus oryzae on the biochemical and sensory properties of anchovy (*Engraulis japonicus*) fish sauce. Inter. J. Food Sci. Technol. 51: 1. 133-141.
30. Thai Industrial Standard. 1983. Local Fish Sauce Standard. Department of Industry, Bangkok, Thailand.
31. Tungkawachara, S., Park, J.W., and Choi, Y.J. 2003. Biochemical properties and consumer acceptance of pacific whiting fish sauce. J. Food Sci. 68: 3. 855-860.
32. Xu, W., Yu, G., Xue, C., Xue, Y., and Ren, Y. 2008. Biochemical changes associated with fast fermentation of squid processing by-products for low salt fish sauce. Food Chemistry, 107: 1597-1604.
33. Yongsawatdigul, J., Choi Y.J., and Udomporn, S. 2004. Biogenic Amine formation in fish sauce prepared from fresh and temperature- abused Indian anchovy (*Stilephorus indicussis*). J. Food Sci. 69: 312-319.
34. Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International, Inc. 660p.
35. Zarei, M., Najafzadeh, H., Eskandari, M.H., Pashmforoush, M., Enayati, A., Gharibi, D., and Fazlara, A. 2012. Chemical and microbial properties of mahyaveh, a traditional Iranian fish sauce. J. Food Control. 23: 511-514.