(مقاله پژوهشی)

ارزیابی کیفی و بیوشیمیایی فیش فینگر تهیه شده از ماهی کوترساده (*Sphyraena jello*) درطول نگهداری در سردخانه (۱۸ċ-) به مدت چهارماه

سحر جلیلی[1*]

۱-گروه شیلات و فرآوری محصولات شیلاتی، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران.

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۵/۱۸ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۹/۰۸

DOI: 10.30495/jfst.2022.1937481.1743

چکیده

افزایش روزافزون آگاهی مردم نسبت به ارزش، سلامت و بهداشت مواد غذایی و همچنین تغییر روش زندگی درکشورهای صنعتی و در حال پیشرفت سبب شده است تا تقاضا برای محصولات متنوع، سالم وآماده مصرف شیلاتی‌بیشتر شود. هدف از این پژوهش، امکان‌سنجی تولید فیش فینگر از گوشت ماهی‌کوتر ساده (*Sphyraena jello*) و مقایسه ترکیبات تقریبی و شاخص‌های فساد در شرایط انجماد (۱۸ċ-) به مدت چهار ماه بود. ۴ تیمار فیش فینگر، به ترتیب: (تیمار۱:گوشت چرخ شده نشسته ، تیمار ۲: سوریمی، تیمار۳: گوشت چرخ شده نشسته+گوشت گوساله، تیمار۴: سوریمی+گوشت‌گوساله) در نظر گرفته شد. سپس فاکتورهای تقریبی (رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین) و شاخص‌های فساد شامل:(پراکسید، اسید چرب آزاد، اسید تیوباربیتوریک، بازهای ازته فرار)در محصولات تولید شده در زمان‌های: صفر(نمونه تازه)، ۱، ۲، ۳ و ۴ ماه در شرایط انجماد اندازه‌گیری شدند. بررسی نتایج فاکتورهای تقریبی نشان داد که تیمار۳ در چربی (۰/۰۶±۶/۷۲)، خاکستر(۰/۱۶±۲/۱۷)،پروتین(۰/۱۷±۱۵/۶۱) اختلاف معنی داری با سایر تیمارها ($P\leq0/05$) در پایان دوره نگهداری داشته است. تیمار۲ در فاکتور رطوبت با اختلاف‌معنی دار ($P\leq0/05$) نسبت به سایر تیمارها بالاترین میزان رطوبت را۰/۳۰±۴۲/ ۷۷ به دست آورد. با افزایش مدت نگهداری شاخص‌های فساد شیمیایی در تمام تیمارها به طور معنی‌داری افزایش‌یافت($P\leq0/05$). شاخص‌پراکسید(۰/۱۵±۴/۵۶ $meqO_2/kg$)، اسید چرب آزاد(۰/۰۲ ± ۳/۱۹ درصد)، و تیوباربیتوریک(۰/۰۵± ۲/۱۲۹ mg MA /kg) در تیمار ۳، در ماه سوم نگهداری و بازهای ازته آزاد(۰/۱۷± ۲۸/۲۲ mg/100 g) در ماه چهارم به بالاترین میزان خود رسید. در نتیجه این تیمار در ماه چهارم غیر قابل پذیرش اعلام شد. تیمار۲ با اختلاف معنی دار از نظر فاکتورهای فساد نسبت به سایر تیمارها بهترین ماندگاری را تا ماه چهارم به دست آورد. فیش فینگر های تهیه شده از سوریمی در تیمار ۲ و ۴ تا پایان ماه چهارم قابل پذیرش بودند.

واژه های کلیدی: فیش فینگر، کوتر ساده(باراکودا)،سوریمی، ارزیابی بیوشیمیایی، انجماد.

[*]مسئول مکاتبات: sahar.jalili2005@gmail.com

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در سال‌های اخیر در زمینه استفاده از منابع دریایی‌کم مصرف، تهیه مجموعه فرآورده‌هایی است، که، درحال حاضر با عنوان فرآورده‌های ارزش افزوده شناخته می‌شوند. سوریمی، فرآورده حدواسط است‌که به عنوان ماده اولیه‌برای‌تولیدمحصولات ارزش افزوده وآماده مصرف استفاده می‌شود. سوریمی، کنسانتره مرطوب پروتئین‌های میوفیبریل با کیفیت‌بالاست‌که‌ازگوشت‌گیری‌مکانیکی‌ماهی‌تازه وشستشوی آن و حذف ترکیبات محلول در آب (شامل: پروتئین‌های سارکوپلاسمیک، خون و آنزیم‌ها)، به دست آمده و آب آن از طریق فشار خارج شده و با مواد محافظ سرمایی مخلوط می‌شود تا از تغییرماهیت پروتئین هنگام نگهداری در سردخانه محافظت شود (۲۴). فیش فینگر یکی از فرآورده‌های حاصل ازسوریمی‌می‌باشدکه‌جزءفرآورده‌های‌سوخاری ماهی محسوب شده و از جمله غذاهای دریایی آماده در سراسر جهان است که به علت دارا بودن بیشتر خواص‌آبزیان از جمله اسیدهای چرب غیر اشباع و کلسترول پایین، غنی بودن از منابع امگا ۳، پروتئین‌ها، ویتامین‌های‌گروه B و مواد معدنی ارزش غذایی بالایی دارد (۱۹)، وبه کاهش انواع بیماری‌های قلب و عروقی و سایر بیماری‌ها کمک می‌کند (۳۴) و درحال حاضر فیش فینگر به فرم‌های‌گوناگون و با ضخامت‌های مختلف توسط تولیدکنندگان به صورت منجمد توزیع می‌شود (۴۲). به دلیل استفاده از انواع متنوع مواد اولیه پروتئینی حیوانی (گوشت، کازئین، شیر خشک، روغن، پروتئین سویا، گلوتن، تخم‌مرغ و غیره) درفرآورده‌های‌فینگری، این‌محصولات یکی از کاملترین غذاها به شمار می روند. تحقیقات متنوعی بر روی فیش فینگر ازانواع‌ماهیان مانند: ماهی‌های هوکی، ماهی خال‌دار، شاه‌ماهی، کاد و هیک انجام گرفته است. در استفاده از منابع ماهیان تیره گوشت، به منظور تولید سوریمی در مقایسه با ماهی‌های سفید گوشت مشکلاتی از جمله محدودیت بازار آن‌ها به دلیل طعم، بو، رنگ نامطلوب و تشکیل ژل ضعیف‌تر وجود دارد. ویژگی‌های‌کیفی نظیر، رنگ، بافت و تشکیل ژل از عوامل مهم برای پذیرش نهایی محصولات بر پایه سوریمی توسط مصرف‌کنندگان‌می‌باشد(۳۰).افزودنی‌هاسبب‌بهبود ویژگی‌های فیزیکی ژل سوریمی می‌شوند. با توجه به خواص‌کارکردی افزودنی‌های‌پروتئینی،برای‌تشکیل‌یک ساختارشبکه ژلی پایدار خیلی مهم هستند. بنابراین افزودنی‌های پروتئینی برای ایجاد بافت با کیفیت بالا در فرمولاسیون غذاهای دریایی مبتنی بر سوریمی استفاده می‌شوند (۳۳). تحقیقات پراکنده‌ای در زمینه محصولات تهیه شده ازسوریمی (فیش فینگر و ....) از ماهیان مختلف در شرایط نگهداری در سردخانه منتشر شده است. در تحقیقی سه نوع فیش فینگر از گوشت ماهی کپور معمولی (حاصل از قطعات فیله، گوشت چرخ شده و سوریمی) تولید نموده و ویژگی‌های ارگانولپتیکی محصول را مورد ارزیابی قرار دادند (۴۰). بر روی مقایسه خصوصیات کیفیت خمیر ماهی[1]تولید شده از گوشت چرخ‌کرده ماهی‌کیلکا وکپور نقره‌ای تحقیقی انجام گرفت(۴۷). ویژگی‌های شیمیایی و بیوفیزیکی برگرهای ترکیبی از سوریمی و گوشت قرمز را مورد مطالعه قرار دادند(۲۳). مطالعه ای نیز بر روی پاکورا تهیه شده از گوشت مینس ماهی‌کپورگونه (*Laboa rohita*) انجام شد (۳۹).تغییرات شیمیایی و حسی فیش فینگرهای تولید شده ازگوشت چرخ‌شده شسته و مینس ماهی کپور آینه‌ای مورد مطالعه قرارگرفت (۴۳). تغییرات شیمیایی فیش‌فینگرهای تولید شده از شیشه ماهی (*Atherina boyeri*) طی انجماد مورد بررسی قرار گرفته و گزارش‌ها نشان دادند که ترکیبات بیوشیمیایی محصول دستخوش تغییراتی می‌شود (۲۵). بررسی کیفیت فیش‌فینگر تهیه‌شده از ماهی(*Labeo rohita*) در طول دوره انجماد (۲) و تغییرات کیفی فیش‌فینگر و فیش‌برگر تهیه‌شده از ماهی(*Atherina hepsetus*) نیز انجام شده است (۱۲). نگهداری در سردخانه از بروز فساد میکروبی جلوگیری نموده و سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی را به حداقل می‌رساند؛ با این حال افت کیفیت در عملکرد پروتئین عضله در ارتباط با نگهداری در سردخانه اجتناب‌ناپذیر است (۲۵،۳). فاکتورهای موثر بر تغییر ماهیت پروتئین در زمان انجماد شامل غلظت

نمک، pH ، قدرت یونی، کشش سطحی و اثرات فیزیکی یخ و۲ آب‌زدایی‌می‌باشند. تغییر ماهیت و تجمع پروتئین‌های عضله با تشکیل پیوندهای دی سولفید و همچنین تولید فرم آلدئید مرتبط می‌باشد (۴). پایداری پروتئین میوزین ماهی در خلال انجماد به گونه ماهی وابسته است و خواص عملکردی میوزین مانند ظرفیت امولسیفیه شدن به درجه دناتوره شدن پروتئین مرتبط است. تغییرات در پروتئین‌های میوفیبریلی را می‌توان به شکل کاهش قابلیت حل‌شدن و استخراج در نمک و دیگر محلول‌های‌استخراج‌کننده‌وهمچنین‌کاهش‌درفعالیتهای-ATPase‌میوزین و اکتین، گروه‌های سولفیدریل، ویسکوزیته شدن، قابلیت‌تشکیل‌ژل‌مشاهده‌نمود(۲۱،۳۵).کوترماهیان (Sphyraenidae) از خانواده‌های مهم شیلاتی ساکن مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری *اقیانوس هند، اطلس و آرام می‌باشند (۴۴). ماهی* کوتر ساده (*Sphyraena jello*) یکی از گونه‌های خوش خوراک‌است‌که نقش اساسی در تامین بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز کشوررا ایفا می‌کند. . تهیه فیش‌فینگر از ماهی کوتر ساده، با هدف تهیه فرمولاسیون مناسب همراه با افزودنی‌های مناسب جهت افزایش جلب توجه مصرف‌کننده و همچنین ارزیابی فاکتورهای تقریبی و فساد ایجاد شده در فرآورده تولیدشده‌طی‌نگهداری‌درشرایط انجماد (۱۸- درجه سلسیوس) به مدت چهار ماه از اهداف این پژوهش بوده است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-آماده‌سازی نمونه

تعداد ۳۰ قطعه ماهی‌کوتر ساده (*S. jello*) (۸۰۰-۶۰۰ گرمی،) به صورت تازه از بازار ماهی فروشان خرمشهر، بهمن ۱۳۹۸ تهیه شد. ماهی‌ها بلافاصله درون جعبه‌های یونولیت و همراه با یخ به نسبت ۱:۲ (یخ: ماهی w/w) قرار گرفته و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان منتقل شدند. به محض انتقال به آزمایشگاه، ماهی ها با آب شیر شسته شده و پس از تخلیه شکمی مجدداً شستشو گردیدند. کار جداسازی پوست، فیله کردن و جداسازی‌گوشت از استخوان‌های ریز و درشت با دست صورت گرفت. برای چرخ کردن گوشت از دستگاه چرخ گوشت(پارس‌خزر-ایران- مدلM.G.1400) با قطر منافذ۲ میلی متر استفاده گردید. برای تهیه سوریمی، گوشت چرخ‌شده ماهیان شستشو داده شد. برای این منظور، مقادیر مناسبی از گوشت چرخ‌شده ماهی و آب سرد با نسبتض۱:۴ (آب:گوشت ماهی) درون یک ظرف شستشو ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه بدون وقفه هم زده شد. پس از اتمام شستشو، عمل‌آبگیری از مخلوط با استفاده از یک پارچه ابریشمی به‌صورت دستی انجام گرفت. در مرحله آخر از آب نمک ۰/۳ درصد برای آبگیری بهتر استفاده شد و در نهایت عمل آبگیری به شکل دستی و با تنظیف انجام گرفت. عمل شستشو و آب‌گیری در سه نوبت انجام پذیرفت و سوریمی با کیفیت مناسب به دست آمد (۳۴)،سپس گوشت چرخ شده شسته شده در ۲ فرمولاسیون و گوشت چرخ شده نشسته در۲ فرمول(جدول شماره ۲) با افزودنی ها با دستگاه مخلوط‌کن (پاناسونیک- ژاپن- مدلJ.W176P) مخلوط گردیدند. سپس خمیر به دست آمده در قالب هایی به ابعاد ۱×۲×۶ فرم دهی شد. نمونه‌های تهیه شده به صورت یک لایه نازک به قطر۲ میلیمتر به خمیرابه آغشته گردید ،سپس یک لایه‌آردسوخاری(ترخینه-ایران) افزوده گردید.فیش فینگرهای تهیه شده در مدت زمان ۲ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس نمونه های تهیه شده در روغن آفتاب گردان(فامیلا-ایران)گرم شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به وسیله دستگاه سرخ‌کن آشپزخانه‌ای (دلونگی-ایتالیا) به مدت ۳ دقیقه سرخ گردید.(۴۸،۱۶). فرمولاسیون خمیرابه در جدول ۱ ارائه شده است. نمونه‌های تهیه شده به صورت جداگانه در چهار پاکت زیپ‌لاک‌گذاشته و به مدت ۱۲۰ روز به صورت منجمد در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد. برای آماده سازی نمونه‌ها از روش انجماد زدایی با هوا (به مدت یک ساعت در دمای ۲ċ±۲۱) استفاده شد .آزمون ها در فواصل زمانی (صفر(تازه)،۱، ۲، ۳ و ۴) اعمال گردید.

جدول ۱- فرمولاسیون خمیرابه در فرایند پوشش دادن فیش فینگرهای تهیه شده (۵)

ردیف	ترکیبات	درصد اجزا
۱	**آرد گندم**	**۳۰**
۲	**آرد ذرت**	**۱۰**
۳	**آب آشامیدنی**	**٦۰**

جدول ۲- اجزای خمیر فیش‌فینگر ماهی‌کوترساده (*Sphyraena jello*) با چهار فرمول مختلف (برحسب گرم)

اجزا	گوشت چرخ‌شده ماهی[1]	گوشت گوساله[2]	آرد ذرت	پودر پیاز	تخم مرغ	نمک	فلفل	ادویه کاری	پودر سیر	پودر آویشن
فرمول ۱	٦۰۰	–	۲٤۲	٤٦	۱٤/۷	۱۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰/۲
فرمول ۲	٦۰۰	–	۲٤۲	٤٦	۱٤/۷	۱۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰/۲
فرمول ۳	۳۰۰	۳۰۰	۲٤۲	٤٦	۱٤/۷	۱۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰/۲
فرمول ٤	۳۰۰	۳۰۰	۲٤۲	٤٦	۱٤/۷	۱۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۰/۲

*فرمول ۱: ٦۰ درصد گوشت نشسته ماهی، فرمول ۲: ٦۰ درصد سوریمی فرمول ۳: مخلوط ۳۰ درصد گوشت نشسته ماهی با ۳۰ درصد گوشت قرمز، فرمول٤: مخلوط ۳۰ درصد سوریمی با ۳۰ درصد گوشت قرمز.

ترکیبات تقریبی فیش فینگرها (رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی) در نمونه تازه تولید شده(زمان صفر) صورت گرفت. نمونه‌های فیش فینگر ماهی‌کوترساده (*S. jello*) از نظر ویژگی‌های‌بیوشیمیایی(به‌مدت۱۲۰روزدرطول دوره نگهداری) به صورت ماهیانه مورد آزمایش قرارگرفتند. تمام‌آزمایش های بیوشیمایی و ترکیبات تقریبی‌طبق روش‌های ارایه در روش‌کار همراه‌با۳بار تکرار صورت‌گرفت. ترکیبات‌تقریبی‌فیش فینگرها توسط روش های استاندارد تعیین شد. میزان رطوبت توسط آون (Memmert مدل UNB40آلمان), در دمای ۲ ±۱۰۵ درجه سلسیوس به دست آمد، مقدار خاکستر نمونه‌ها از طریق خشک کردن نمونه‌ها در کوره (انگلستان ,Carbolit مدل ELF 11/6B) با درجه حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس انجام شد (۱۰). مقدار پروتئین تام به روش ماکروکلدال (۱) و محتوی چربی تام طبق روش بلایت و دیر (۶) انجام شد.

۲-۲-آزمون های شیمیایی

۲-۲-۱-اندازه‌گیری عدد پراکسید (PV)

ابتدا از ۱۵۰ گرم نمونه توسط محلول های متانول و کلروفرم طبق روش بلایت و دیر(۶) روغن استخراج شد.سپس، آن را به دقت در ارلن مایر۲۵۰ میلی‌لیتری سر سمباده‌ای وزن نموده و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسید استیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس میزان ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدور پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه اضافه و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم۰/۰۱نرمال تیتر شدومیزان‌پراکسیدبه‌صورت‌میلی اکیوالان در هزار گرم چربی گزارش شد (۱۰).

۲-۲-۲-اندازه‌گیری شاخص تیو باربیتوریک اسید (TBARs)

مقدار ۱۰ گرم نمونه با ۳۵ میلی‌لیتراسید پرکلریدریک مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی باقی ماند. ۵ میلی‌لیتر از این محلول با ۵ میلی‌لیتر معرف TBA مخلوط شد. لوله‌های حاوی مخلوط حاصل در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سلسیوس به

مدت ۳۰ دقیقه قرارگرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند.سپس توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (UNICO,USA UV-2100) مقدار جذب محلول درون لوله‌ها در طول موج ۵۳۸ نانومتر در مقابل شاهد (آب مقطر) خوانده شد و میزان آن محاسبه شد. مقادیر تیوباربیتوریک اسید به صورت میلی‌گرم مالون آلدئید به ازای هر کیلوگرم از نمونه بیان شد (۳۳).

۲-۲-۳-اندازه‌گیری بازهای ازته فرار (TVB-N)

میزان ازت‌های فرارکل با تقطیر۱۰گرم از نمونه‌های فیش فینگر پس از افزودن ۲ گرم از اکسید منیزیوم و ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالن کلدال ریخته شد. پس از ۳۰ دقیقه، عمل تیتراسیون محلول توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه یافت که اسید بوریک دوباره قرمز شود (۱).

۲-۲-٤-مقدار اسیدهای چرب آزاد (FFA)

ابتدا مقدار ۲۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک خنثی شده با سود نرمال به نمونه روغن که پیش از این استخراج شده بود به روش بلایت و دیر(۴)، اضافه و در مراحل بعدی با کمک ۲ تا ۳ قطره معرف فنل فتالئین و میزان مصرفی سود نرمال، مقدار اسیدیته بر حسب درصد اسید اولئیک محاسبه شد (۲۸).

۲-۳-آنالیز آماری

کلیه‌داده ها توسط آزمون کولمگرف-اسمیرنوف نرمال سنجی شد.بعد از تحقیق دو شرط اصلی‌آزمون های پارامتریک تجزیه واریانس(همگن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها)، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) برای مقایسه واریانس بین تیمارها و آزمون های دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها(در سطح ۵ درصد) با کمک نرم‌افزار آماری تحت ویندوز SPSS ver. 21 استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-شاخص رطوبت

بالا ترین میزان رطوبت در زمان تولید به تیمار۲ (سوریمی) با ۸۰/۷۶±۰/۱۸ درصد تعلق گرفت.میزان رطوبت در طول دوره نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq$ ۰/۰۵)، با توجه به داده‌های به دست آمده در پایان دوره نگهداری، تیمارهای ۲ و ۴ به ترتیب با ۷۷/۴۲ ±۰/۳۰ و ۷۷/۱۷ ±۰/۲۶ درصد دارای بالاترین مقدار رطوبت بودند،که نشان‌دهنده آن است که، شستشو وآب‌گیری(سوریمی)، آب اضافی را از گوشت خارج می‌کند، اما همچنان میزان رطوبت تیمارهای حاوی سوریمی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p\leq$ ۰/۰۵).

جدول ٤- مقادیر رطوبت (درصد) برای فیش فینگر ماهی کوتر ساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-ċ) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۷۱/۷۹ ± ۰/۲۵^{a,E}	۸۰/۷٦ ± ۰/۱۸^{b,E}	۷۱/۵٦ ± ۰/۲۲^{a,E}	۸۰/٤۵ ± ۰/۰۷^{b,E}
ماه اول	۱۳/۷۱ ± ۱٦/۰^{a,D}	۲۲/۸۰ ± ۱۵/۰^{b,D}	۹۹/۷۰ ± ۳٤/۰^{a,D}	۹۷/۷۹ ± ٤۲/۰^{b,D}
ماه دوم	۲٤/۷۰ ± ۱۲/۰^{a,C}	۵٤/۷۹ ± ۲۱/۰^{b,C}	۹٤/٦۹ ± ۳۷/۰^{a,C}	۱۹/۷۹ ± ۲۸/۰^{b,C}
ماه سوم	٦۸/۹۳ ± ۰/۲۲^{a,B}	۷۸/٦۱ ± ۰/۲٤^{b,B}	٦۸/۵۵ ± ۰/۱۰^{a,B}	۷۸/۳۵ ± ۰/۲۵^{b,B}
ماه چهارم	٦۸/۰۵ ± ۰/۱۷^{a,A}	۷۷/٤۲ ± ۰/۳۰^{b,A}	٦۷/۸۵ ± ۰/۱۹^{a,A}	۷۷/۱۷ ± ۰/۲٦^{b,A}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد.**

** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

رطوبت یکی از فاکتورهای مهم اندازه‌گیری کیفیت گوشت چرخ‌شده و سوریمی است، چون کاهش رطوبت باعث کاهش وزن،افزایش تغییرات اکسیداسیونی وتغییرماهیت نمونه می‌شود می‌شود(۳۳). بالا بودن میزان رطوبت فیش‌فینگرهای تهیه شده در زمان صفر، در (تیمار ۲) ناشی از خروج چربی و ترکیبات محلول درآب مانندخون، رنگ‌دانه‌ها، پروتئین و نمک‌ها است که موجب افزایش‌ظرفیت اتصال با آب و در نتیجه افزایش رطوبت درسوریمی نسبت به گوشت چرخ‌شده نشسته می‌شود. کاهش رطوبت نمونه‌ها در مدت نگهداری به‌صورت منجمد را می‌توان تأثیر آنزیم‌های پروتئولتیک بر پروتئین‌ها و تبدیل آن‌ها به اسیدهای آمینه آزاد و در نتیجه کاهش توانائی آن‌ها در حفظ رطوبت عنوان کرد (۱۵). نتایج تحقیقی نشان داد که پس‌از فرآیند شستشوی گوشت چرخ‌شده ماهی، میزان رطوبت از۷۴درصد به۸۲درصد افزایش یافته و در طول دوره نگهداری به‌صورت‌منجمدبه مدت ۹۰ روز، رطوبت به‌تدریج تا ۷۷ درصد کاهش می‌یابد. این پژوهشگران علت کاهش رطوبت در طول دوره انجماد را به حذف‌پروتئین‌های‌سارکوپلاسمیک در نتیجه شستشو، افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌هامربوط‌دانستند(۹).مطالعه‌سوریمی‌وگوشت‌چرخ شده نشسته (*Pangasianodon hypophthalmus*)، نشان داد که‌سوریمی مقدار رطوبت بالاتری نسبت به گوشت چرخ شده نشسته را دارا بود، که با نتایج این تحقیقات همخوانی داشت (۳۴، ۱۳، ۳۶). نتایج تحقیق دیگر نشان داد که سرخ کردن به طور معنی‌داری سبب کاهش رطوبت فیش‌فینگر ماهی کاراس (*Carassius gibelio*) می‌شود (۱۹).

۳-۲-شاخص خاکستر

تیمار(۳)با۰/۱۳±۳/۸۱ درصد خاکستر در زمان تولید و ۰/۰۶± ۲/۱۷ درصد در پایان دوره نگهداری، بالاترین میزان خاکستر را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص‌داده است. جایگزین کردن۳۰ درصد از گوشت چرخ‌شده ماهی باگوشت قرمز موجب افزایش میزان خاکستر در محصول نهایی این تیمار شد. روند کاهشی میزان خاکستر در طول دوره انجماد در همه‌ی نمونه‌ها به طور معنی‌داری مشاهده شد ($p\leq$ ۰/۰۵). کاهش میزان خاکستر در طول دوره انجماد به دلیل حذف عناصر معدنی در مرحله انجماد زدایی به همراه قطرات آب (آبچک) رخ داد.

جدول ۵-مقادیر خاکستر (درصد) برای فیش فینگر ماهی کوتر ساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-°C) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۳/٦٤ ± ۰/۰۸^{c,E}	۲/٤۸ ± ۰/۰٦^{a,E}	۳/۸۱ ± ۰/۱۳^{d,E}	۲/۷۳ ± ۰/۰۵^{b,E}
ماه اول	۳/۱۳ ± ۰/۱۲^{b,D}	۲/۱۱ ± ۰/۱۳^{a,D}	۳/٤٤ ± ۰/۱۲^{c,D}	۲/۲۵ ± ۰/۱۰^{a,D}
ماه دوم	۲/۷۲ ± ۰/۰٦^{c,C}	۱/۷۳ ± ۰/۰۸^{a,C}	۲/۸۳ ± ۰/۰۸^{c,C}	۱/۹۱ ± ۰/۰۷^{b,C}
ماه سوم	٤۰/۲ ± ۱٦/۰^{c,B}	۲۲/۱ ± ۰۵/۰^{a,B}	۵۲/۲ ± ۰۹/۰^{c,B}	٥٤/۱ ± ۰٦/۰^{b,B}
ماه چهارم	۱/۹٦ ± ۰/۰۹^{c,A}	۰/۹۲ ± ۰/۰۷^{a,A}	۲/۱۷ ± ۰/۰٦^{d,A}	۱/۱٦ ± ۰/۰۳^{b,A}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

۳-۳-شاخص پروتئین

بالاترین‌میزان‌پروتئین‌برای تیمار(۳) با۰/۳۰ ± ۱۹/۵۲ و۰/۱۷± ۱۵/۶۱درصدبه‌ترتیب در زمان تولید و در پایان دوره نگهداری ثبت شد؛ علت آن است که با جایگزین نمودن گوشت قرمز در فرمولاسیون، میزان پروتئین فیش‌فینگر به‌طورمعنی‌داری افزایش می‌یابد (p≤ ۰/۰۵). کمترین مقدار در زمان تولید به تیمار (۲) با۰/۱۳± ۱۶/۰۴ درصد تعلق گرفت. در فرآیند تولید سوریمی، ترکیباتی مانند: خون، رنگدانه‌ها، مواد تشکیل‌دهنده بو،آنزیم‌ها،موکوس‌ودر مجموع پروتئین‌های سارکوپلاسمیک از گوشت‌چرخ‌شده‌ماهی‌دفع‌می‌شوند و در نتیجه میزان پروتئین گوشت پس از فرآیند شستشو کاهش می‌یابد.

جدول ٦- مقادیر پروتئین (درصد) برای فیش فینگر ماهی‌کوتر ساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۰۱۸-) (میانگین ± انحراف معیار).

زمان / تیمار	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۱۷/۳۱ ± ۰/۱٦^{b,E}	۱٦/۰٤ ± ۰/۱۳^{a,E}	۱۹/۵۲ ± ۰/۲۰^{d,E}	۱۷/۸۲ ± ۰/۱۳^{c,E}
ماه اول	۱٦/۷۲ ± ۰/۱۵^{b,D}	۱۵/۵۳ ± ۰/۱۲^{a,D}	۱۸/٦۱ ± ۰/۱٤^{d,D}	۱۷/۱۱ ± ۰/۱٦^{c,D}
ماه دوم	۱٦/۲۲ ± ۰/۱۸^{b,C}	۱۵/۱٤ ± ۰/۱٤^{a,C}	۱۷/۹۱ ± ۰/۲۱^{c,C}	۱٦/٦۱ ± ۰/۱۲^{b,C}
ماه سوم	۱۵/۵۱ ± ۰/۱٦^{b,B}	۱٤/٤۲ ± ۰/۱۳^{a,B}	۱٦/۳۲ ± ۰/۱۳^{c,B}	۱۵/٦۳ ± ۰/۱۲^{b,B}
ماه چهارم	۱٤/۸۰ ± ۰/۲۰^{b,A}	۱۳/٦۲ ± ۰/۲۱^{a,A}	۱۵/٦۱ ± ۰/۱۷^{c,A}	۱٤/۵۳ ± ۰/۱۸^{b,A}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

نتایج یک پژوهش نشان داد که میزان پروتئین در برگرهایی که درصدهای مختلف سوریمی با گوشت قرمز در آن‌ها جایگزین شده است، کمتر بوده است، که با نتایج پژوهش حاضر منطبق است (۲۳). با افزایش مدت زمان نگهداری فیش‌فینگرها در حالت انجماد، میزان پروتئین خام در همه‌ی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p≤ ۰۵/۰) (جدول ۶). علت‌آن با اکسایش پروتئین ومدفون‌شدن‌گروه‌های سولفیدریل مرتبط‌می‌باشد، همچنین افزایش میزان اکسیداسیون و هیدرولیز چربی در مدت زمان نگهداری به‌صورت منجمد به‌طور قطع در کاهش حلالیت پروتئین‌های میوفیبریل مؤثر است و می‌تواند باعث کاهش قابلیت استخراج این پروتئین طی فرایند انجماد شود. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش میزان پروتئین در مدت نگهداری فرآورده‌های دریایی به‌صورت منجمد ارائه شده است (۴۳،۳۴). نتایج پژوهش مشابه نیز نشان داد که پروتئین گوشت ماهی کپور نقره‌ای بلافاصله پس از شستشو به‌طور چشمگیری کاهش یافته و سپس در مدت ۹۰ روز نگهداری در حالت انجماد، این روند کاهشی به‌تدریج ادامه می‌یابد (۲۷).

۳-٤- شاخص چربی

مقایسه چربی تیمارها نشان داد که با شستن گوشت چرخ‌شده ماهی، میزان چربی در محصول نهایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (p≤۰۵/۰). افزودن گوشت قرمز به گوشت چرخ شده نشسته (تیمار۳) میزان چربی نمونه ها اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (p≤۰۵/۰). بیشترین میزان چربی در ابتدای دوره در تیمار(۳) با ۰/۱۳± ۷/۶۱ درصد ثبت شد. از سوی دیگر، با افزایش مدت نگهداری در حالت انجماد، میزان چربی خام در همه‌ی نمونه‌ها به‌تدریج کاهش معنی‌داری را نشان داد. اما این کاهش در تیمار (۴) به میزان ۰/۰۷ ± ۶۵/۵ درصد در پایان دوره نگهداری ثبت شد. این کاهش به دلیل اکسیداسیون چربی و تاثیر آنزیم‌های موثر در فساد ,هیدرولیتیکی چربی و تبدیل آن به اسیدهای چرب آزاد است.

جدول ۷- مقادیر چربی (درصد) برای فیش‌فینگر ماهی‌کوترساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-°ċ) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۷/۲۳ ± ۰/۱۱^{b,C}	٦/۱۹ ± ۰/۰۷^{a,C}	۷/٦۱ ± ۰/۱۳^{c,D}	٦/۳٤ ± ۰/۰۹^{a,D}
ماه اول	۷/۱۷ ± ۰/۰٦^{c,BC}	۵/۹۸ ± ۰/۰٦^{a,B}	۷/٤۳ ± ۰/۱۰^{d,C}	٦/۲۷ ± ۰/۰۸^{b,CD}
ماه دوم	۷/۱۲ ± ۰/۰٤^{c,BC}	۵/۹۰ ± ۰/۰۲^{a,B}	۷/۲۰ ± ۰/۱۲^{c,B}	٦/۱٦ ± ۰/۰۲^{b,C}
ماه سوم	۷/۰۸ ± ۰/۰۷^{b,B}	۵/۷۹ ± ۰/۰٤^{a,A}	۷/۰٦ ± ۰/۰۵^{b,B}	۵/۸۵ ± ۰/۰۳^{a,B}
ماه چهارم	٦/۹۳ ± ۰/۰۵^{c,A}	۵/۷۲ ± ۰/۰۲^{a,A}	٦/۷۲ ± ۰/۰٦^{b,A}	۵/٦۵ ± ۰/۰۷^{a,A}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

اکسیداسیون چربی یکی از فاکتورهای مهم فساد در نگهداری ماهی و فرآورده های آن در حالت منجمد هست. چرخ کردن گوشت ماهی باعث افزایش اکسیداسیون که به علت اتصال اکسیژن در بافت می شود.در این تحقیق میزان چربی در طول نگهداری کاهش معنی داری از خود نشان داد.این کاهش به دلیل‌اکسیداسیون‌چربی‌وتاثیرآنزیم‌های‌موثردرفساد هیدرولیتیکی چربی و تبدیل آن به اسیدچرب آزاد است(۱).با افزایش سهم گوشت‌قرمز در تیمارها میزان چربی به طور معنی داری افزایش یافت که با نتایج تحقیق بر روی برگر تهیه شده از گوشت قرمز و سوریمی ماهی‌کپور معمولی همخوانی داشت(۲۴).مطالعه ای بر روی خصوصیات کیفی برگر تهیه شده ازگوشت چرخ شده کپور معمولی و سوریمی نشان دادکه میزان چربی در گوشت چرخ شده شسته نشده بالاتر است، (۲۹). چربی ماهیان به‌دلیل داشتن‌مقدارقابل توجهی از اسیدهای‌چرب با چند پیوند دوگانه درمقابل‌اکسیداسیون‌بسیار حساس بوده و آسیب‌پذیر می‌باشند.

۳-۵-شاخص پراکسید

روند تغییرات میزان پر اکسید در تمام تیمارها در طول دوره نگهداری تا ماه سوم نگهداری افزایشی بوده است .تیمار(۳) در زمان تولید با ۱/۵۲ ±۰/۱۴ ($meqO_2/kg$) و در پایان ماه سوم با ۴/۵۶ ±۰/۱۵ ($meqO_2/kg$) بیشترین میزان پراکسید را در تمام دوره نگهداری به خود اختصاص داد. عدم شستشوی گوشت ماهی چرخ‌شده موجب افزایش شاخص پراکسید در محصول شده و از سوی دیگر، افزودن گوشت قرمز، شاخص پراکسید را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد ($p\leq$۰/۰۵). اما بالاتر بودن میزان چربی و رنگدانه هم در نمونه‌های حاوی گوشت‌قرمزمی‌تواند باعث تشدید و تسریع فرآیند اکسیداسیون در مدت نگهداری شده که این کاهش در ماه چهارم مشاهده شد.

جدول ۸- مقادیر شاخص پراکسید ($meqO_2/kg$) برای فیش فینگر ماهی کوتر ساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-ċ) (میانگین ± انحراف معیار).

زمان / تیمار	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۱/۲۱ ± ۰/۱۲^{b,A}	۰/۸۷ ± ۰/۱۰^{a,A}	۱/۵۲ ± ۰/۱٤^{c,A}	۱/۱۰ ± ۰/۰۹^{b,A}
ماه اول	۲/٤۲ ± ۰/۲۲^{c,B}	۱/٤۳ ± ۰/۱۷^{a,B}	۲/۷۱ ± ۰/۱۵^{c,C}	۲/۰۰ ± ۰/۰۸^{b,B}
ماه دوم	۳/۷۵ ± ۰/۲۱^{c,D}	۲/۱۱ ± ۰/۱٤^{a,C}	٤/۱۵ ± ۰/۲۱^{d,D}	۲/۹۲ ± ۰/۱۸^{b,C}
ماه سوم	٤/۲۱ ± ۰/۲۰^{b,E}	۳/۳۳ ± ۰/۲٤^{a,D}	٤/۵٦ ± ۰/۱۵^{b,E}	۳/٦۵ ± ۰/۲۳^{a,D}
ماه چهارم	۲/۸۳ ± ۰/۲۷^{b,C}	٤/۲٦ ± ۰/۱۳^{c,E}	۲/۲۹ ± ۰/۲۲^{a,B}	٤/۵۱ ± ۰/۱۳^{d,E}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

شاخص پراکسید(PV) را می‌توان به عنوان یکی از عوامل اصلی زمان ماندگاری فرآورده‌های پرچرب در نظر گرفت (۱۶). در طول دوره نگهداری فیش‌فینگر در شرایط انجماد، میزان پراکسید ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. هرگاه میزان پراکسید بین ۰-۲ ($meqO_2/kg$) باشد، نمونه در شرایط بسیار خوب و اگر بین ۲-۵ ($meqO_2/kg$) باشد، نمونه در محدوده خوب قراردارد. سطح بالای ۵ ($meqO_2/kg$) ماهی، حداکثر میزان قابل قبول پراکسید برای مصرف انسان در نظر گرفته شده است (۳۲). در مطالعه حاضر، پراکسید در تمام تیمارها در زمان تولید در شرایط بسیار خوب بوده و بالاترین مقدار به تیمار۳ با ۰/۱۴ ±۱/۵۲($meqO_2/kg$) تعلق داشت؛ اما در ماه سوم همه تیمارها در محدوده خوب بودند و بالاترین میزان همچنان با ۱۵ /۰ ±۴/۵۶($meqO_2/kg$) به تیمار ۳ تعلق داشت، که باعث‌گردید تیمار۳ در ماه‌چهارم‌نگهداری غیر قابل مصرف اعلام شود. شست‌وشوی گوشت چرخ‌کرده ماهی در تیمارها موجب کاهش پراکسید در زمان تولید می‌شود،اما افزودن گوشت قرمز سبب افزایش معنی‌دار پراکسید در تیمارها در طول دوره نگهداری شده است. علت کاهش اکسیداسیون در نمونه‌های حاوی سوریمی، می‌تواند مرتبط با کم شدن چربی گوشت ماهی در اثر فرایندشستشو به‌عنوان ماده اولیه (سوبسترا) برای اکسیداسیون باشد. علاوه بر این، کاهش مقدار رنگ‌دانه «هم» موجود در میوگلوبین و هموگلوبین خون در اثر شستشو، که از سوی بسیاری از محققان به عنوان عمده‌ترین کاتالیزور اکسیداسیون چربی گزارش شده، است.

۳-٦-شاخص تیوباربیتوریک

میزان تیوباربیتوریک اسید در تیمار(۳)، با ۰/۰۴ ±۰/۸۷۴ و ۰/۰۵ ±۱/۱۲۹ (mg MA /kg) به ترتیب در نمونه تازه وماه سوم نگهداری بیشترین میزان را ثبت کرد (جدول ۹). میزان این شاخص درتیمارهای حاوی گوشت چرخ شده نشسته پس از گذشت چهار ماه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد معادل۵۰ درصد افزایش نشان داد. زیرا نمونه‌های فیش‌فینگر حاوی‌گوشت‌چرخ‌شده‌نشسته‌به لحاظ دارا بودن مقادیر فراوانی یون‌های فلزی بیشتر در معرض اکسیداسیون هستند و همچنین افزودن گوشت قرمز به فرمولاسیون فیش‌فینگر باعث افزایش میزان چربی‌و یون‌های فلزی در نمونه‌ها شده و بدین ترتیب اکسیداسیون تشدید می‌شود(۴۵،۴۷).در پایان دوره نگهداری درتیمارهای(۱)و(۳)در ماه چهارم شاهد کاهش تیوباربیتوریک بودیم، که محققان این کاهش را به واکنش احتمالی مالون دی آلدئید با انواع ترکیبات یا اجزای موجود در عضلات از جمله پروتئین‌ها و اسیدهای‌آمینه‌آزاد نسبت داده‌اند که در این حالت با وجود افزایش فساد ماهی، مقادیر تیوباربیتوریک اسید دچار

کاهش می‌شود. برخی از پژوهشگران نیز دلایل کاهش آن را پس‌از زمان مشخص بر اثر واکنش مالون‌دی آلدئید با اسیدهای آمینه ماهی، تشکیل ترکیبات اضافی کربونیل یا واکنش مالون دی آلدئید با میوزین بیان کرده‌اند(۴۱).

جدول ۹- مقادیر شاخص تیوباربیتوریک(mg MA /kg) برای فیش فینگر ماهی‌کوترساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه(۱۸ċ-) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۰/۷۳۲ ± ۰/۰۳^{b,A}	۰/۵۸۱ ± ۰/۰۵^{a,A}	۰/۸۷٤ ± ۰/۰٤^{c,A}	۰/٦۱۰ ± ۰/۰۵^{a,A}
ماه اول	۰/۹۱٤ ± ۰/۰۵^{c,B}	۰/٦۲۳ ± ۰/۰۷^{a,A}	۰/۹۷۹ ± ۰/۰٦^{c,B}	۰/۷۷٤ ± ۰/۰۲^{b,B}
ماه دوم	۱/۲۰۲ ± ۰/۰۷^{c,C}	۰/٦٦۱ ± ۰/۰٤^{a,AB}	۱/۳۵۷ ± ۰/۰۵^{d,C}	۰/۸۱۷ ± ۰/۰۱^{b,B}
ماه سوم	۱/۹۸٦ ± ۰/۰۲^{c,E}	۰/۷٤۱ ± ۰/۰۳^{a,BC}	۲/۱۲۹ ± ۰/۰۵^{d,E}	۱/۰۳٦ ± ۰/۰۳^{b,C}
ماه چهارم	۱/۳٤۷ ± ۰/۰٤^{b,D}	۰/۸۳۳ ± ۰/۰۸^{a,C}	۱/٦۱۳ ± ۰/۰۷^{c,D}	۱/۸٤۸ ± ۰/۰٦^{d,D}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف

تیوباربیتوریک اسید (TBA) از شاخص‌های ثانویه و مهم فساد چربی‌است که‌مقادیربالاتر۱تا۲ (mg MA /kg)آن در فرآورده آبزیان، افت کیفیت آن و مقادیر بالاتر ۳ تا ۴ (mg MA /kg) فساد آن را مشخص‌می‌کند. نتایج‌نشان‌می‌دهدکه روند تغییرات تیوباربیتوریک‌درسوریمی(تیمار۲)درطول نگهداری در انجماد ازتغییرمحسوسی‌برخوردارنبوده‌است‌این‌نتیجه با بررسی تغییرات کیفیت چربی‌سوریمی ماهی فیتوفاگ در دوره ذخیره سازی انجمادی، منطبق بوده و میزان تیوباربیتوریک برای سوریمی در اکثر ماه ها تغییر زیادی نداشته است. علت آن می‌تواند مرتبط با کم شدن چربی سوریمی در اثر فرایند شستشو به طور متوسط به اندازه یک سوم مقدار اولیه آن باشدکه به عنوان ماده اولیه (سوبسترا) برای اکسیداسیون است(۲،۲۹،۲۲).علاوه بر این‌کاهش مقدار رنگدانه هم، موجود در میوگلوبین و هموگلوبین خون در اثر شستشو که از سوی محققین به عنوان عمده ترین کاتالیزور اکسیداسیون چربی گزارش شده نیز می تواند دلیل این موضوع باشد. نتایج سوریمی نشان داد که شستشو در کاهش تشکیل ترکیبات کربونیل در مرحله ثانویه اکسیداسیون چربی بسیار موثر می‌باشد،(۸). افزایش مقدار تیوباربیوتیریک اسید در مدت نگهداری به حالت انجماد برای تولید فیش‌فینگر از لای ماهی (*Tinca tinca*)، ماهی تیلاپیا و شیشه ماهی نیزگزارش شده است (۱۵، ۲۵، ۲، ۴) ، همچنین، داشتن پوشش سوخاری سطح تماس با اکسیژن را کم می‌کند وباعث روندکند تولید تیوباربیوتیریک در طول زمان نگهداری می‌شود (۳۷).

۳-۷- شاخص اسیدهای چرب آزاد

تیمار(۲) در زمان تولیدکمترین میزان اسید چرب‌آزاد را با ۰/۰۱±۰/۱۴. درصد به دست‌آورد. میزان اسیدهای چرب آزاد تا ماه سوم نگهداری به‌طور معنی‌داری در همه تیمارها افزایش یافت (p≤ ۰/۰۵). و تیمار(۳) بیشترین مقدار را با ۰/۰۶± ۳/۵۲ درصدکسب‌نمود. افزایش اسیدهای چرب آزاد به دلیل فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک موجود در گوشت ماهی چرخ شده نشسته می‌باشد که در طول انجماد در دمای ۱۸ċ-همچنان فعال باقی می‌مانند. از ماه سوم نگهداری به بعد، در تیمار(۱) و(۳) شاهد روندکاهش این شاخص بودیم (جدول۱۰). تغییرات شدید در شاخص اسیدهای چرب آزاد در تیمار(۱) و(۳) که

نشان‌دهنده شدت اکسیداسیون در این نمونه ها بوده است. روند کاهشی، در ماه چهارم نگهداری احتمالاً به دلیل کاهش مواد اولیه (سوبسترا) یا افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد می‌باشد.

جدول ۱۰- مقادیر اسیدهای چرب آزاد (درصد اولئیک اسید) برای فیش فینگر ماهی کوتر ساده (*S. jello*) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-°C) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۰/۲٤ ± ۰/۰۲^{b,A}	۰/۱٤ ± ۰/۰۱^{a,A}	۰/۲۲ ± ۰/۰٤^{b,A}	۰/۱۵ ± ۰/۰۳^{a,A}
ماه اول	۰/۵۲ ± ۰/۰۲^{b,B}	۰/۳٦ ± ۰/۰۳^{a,B}	۰/۸۳ ± ۰/۰۵^{d,B}	۰/٦۳ ± ۰/۰٦^{c,B}
ماه دوم	۲/۹۵ ± ۰/۰٤^{c,C}	۱/٤٤ ± ۰/۰۲^{a,C}	۳/۱۵ ± ۰/۰٤^{d,C}	۱/۸٦ ± ۰/۰۸^{b,C}
ماه سوم	۳/۲٤ ± ۰/۰٦^{c,E}	۲/٤۷ ± ۰/۰۵^{a,D}	۳/۵۲ ± ۰/۰٦^{d,D}	۲/۷۸ ± ۰/۰۵^{b,D}
ماه چهارم	۳/۰۵ ± ۰/۰٦^{c,D}	۲/۵۰ ± ۰/۰۲^{a,D}	۳/۱۹ ± ۰/۰۲^{d,C}	۲/۹۲ ± ۰/۰٦^{b,E}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ارزیابی شد.

** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

اسیدهای‌چرب‌آزاد (FFA) شاخص اندازه‌گیری فساد چربی است که افزایش‌آن طی زمان ماندگاری، نشان‌دهنده فساد هیدرولیتیکی چربی و ناشی از عمل آنزیم‌های هیدرولیزکننده روی‌چربی‌ها است (۳۵). نتایج حاصل از تحقیق روی اسیدهای چرب‌آزادگوشت چرخ‌شده ماهی فیتوفاگ‌طی‌شش‌ماه افزایش معنی‌داری داشته است که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (۳۸).

۳-۸-شاخص بازهای ازته آزاد

روند تغییرات میزان بازهای از ته آزاد در تمام تیمارها در طول دوره نگهداری افزایش یافت. روند افزایشی این شاخص در تیمار(۳) از ۱۲/۱۶±۰/۱۳ در زمان تولید به ۲۸/۲۲±۰/۱۷ (mg/100g) در ماه چهارم نگهداری رسید (جدول ۱۱). علت بالابودن‌این‌پارامتردرتیمار (۳) را می‌توان به فعالیت خودهضمی آنزیم‌های‌درونی‌گوشت‌قرمزدرمقایسه با گوشت سفید دانست، زیرا فرآیند شست وشو بخش اعظمی از این نوع آنزیم را حذف نموده و بنابراین، پروتئین‌های میوفیبریلی از قابلیت ماندگاری بالاتری در طول دوره انجماد برخوردارند. روند افزایش شاخص TVB-N در مدت نگهداری در حالت انجماد در گوشت ماهی چرخ‌شده نشسته (کپور معمولی، فیتوفاگ، پنگوئسی، گزارش شده است (۱۷،۱۳،۴۸،۲۴).

جدول ۱۱- مقادیر بازهای ازته فرار (TVB-N) (mg/100 g) برای فیش فینگر ماهی کوتر ساده (S. jello) در زمان‌های مختلف نگهداری در سردخانه (۱۸-°C) (میانگین ± انحراف معیار).

تیمار / زمان	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ٤
زمان تولید	۱۱/۷٦ ± ۰/۱٦^{b,A}	۱۰/۵۲ ± ۰/۱۳^{a,A}	۱۲/۱٦ ± ۰/۲۰^{b,A}	۱۲/۰۵ ± ۰/۱۳^{b,A}
ماه اول	۱٤/٦٤ ± ۰/۱۵^{bc,B}	۱۲/۵٤ ± ۰/۱۲^{a,B}	۱۵/۲۳ ± ۰/۱٤^{c,B}	۱۳/٤۷ ± ۰/۱٦^{ab,B}
ماه دوم	۱۸/۷۲ ± ۰/۱۸^{b,C}	۱٤/٦۹ ± ۰/۱٤^{a,C}	۱۹/٤۲ ± ۰/۲۱^{b,C}	۱۵/۷۷ ± ۰/۱۲^{a,C}
ماه سوم	۳۷/۲۲ ± ۱٦/۰^{b,D}	۸۲/۱۷ ± ۱۳/۰^{a,D}	٦٤/۲۳ ± ۱۳/۰^{b,D}	۲۲/۱۹ ± ۱۲/۰^{a,D}
ماه چهارم	۵۳/۲٦ ± ۲۰/۰^{c,E}	۷۵/۱۹ ± ۲۱/۰^{a,E}	۲۲/۲۸ ± ۱۷/۰^{d,E}	۳۰/۲۲ ± ۱۸/۰^{b,E}

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰۵/۰ ارزیابی شد

.** حرف کوچک در هر ردیف و حرف بزرگ در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی‌دار در تیمارهای مختلف می‌باشد.

شاخص‌بازهای‌ازته‌آزاد(TVB-N) در مجموع شامل تری متیل آمین(حاصل‌فسادباکتریایی)، دی‌متیل‌آمین(حاصل خودهضمی آنزیمی)، آمونیاک و سایر ترکیبات فرار آمین‌دار در ارتباط با فساد فرآورده های دریایی است، (۱۸). شست‌وشوی گوشت چرخ‌شده درتیمار(۲) سبب کاهش میزان TVB-N در زمان تولیدوپایان‌دوره‌به‌ترتیب‌با۱۰/۵۲±۰/۱۳و۰/۲۱ ± ۱۹/۷۵ (mg/100 g) در مقایسه با سایر تیمارها شده است. علت این کاهش، خروج اسیدهای‌آمینه آزاد، پروتئین‌های سارکوپلاسمیک یا ترکیبات نیتروژن‌دار غیر پروتئینی طی شستشو می‌باشد. بر اساس یافته‌ها، فرآیند شستشوی گوشت چرخ‌شده ماهی (سالمون، هرینگ و آنچوی)موجب‌کاهش میزان بازهای نیتروژنی فرار در سوریمی می‌شود(۸،۱۴،۱۱). پژوهشگران‌اظهارداشتندکه کاهش شاخص TVB-N،به‌دلیل‌حذف ترکیبات حاوی نیتروژن و پروتئین‌های محلول در آب در مرحله شستشو می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده هر گاه بازهای نیتروژن فرار درماهی‌کمتر از ۲۰ گرم درصدگرم نمونه باشد، می‌توان نمونه‌ها را قابل مصرف دانست و زمانی‌که این مقدار از ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بیشتر شود، فرآورده غیرقابل مصرف است (۴۵، ۴۶،۴۸). بنابراین تیمارهای(۱)و (۳) طبق داده‌های به دست آمده، در پایان دوره غیرقابل مصرف گزارش شده اند.

٤-نتیجه‌گیری

نتایج‌حاصل ازاین‌مطالعه حاکی از آن است که از نظر ترکیبات تقریبی فیش فینگر تهیه شده، در تیمار۳(گوشت ماهی چرخ شده نشسته و گوشت گوساله) از زمان تولید تا پایان۱۲۰ روز نگهداری‌درشرایط انجماد،بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادو تیمار۲(سوریمی) از نظر فاکتور رطوبت بالاترین مقدار را ثبت نمود. از نظر فاکتورهای ارزیابی فساد، تیمارهای۲و ۴ (سوریمی و گوشت ساله) تا پایان دوره نگهداری قابل پذیرش اعلام شدند. و تیمار ۱ و ۳ در ماه چهارم به دلیل فساد غیر قابل پذیرش اعلام شدند. شستشوی گوشت ماهی، باعث کاهش روند فساد در فیش فینگر نگهداری شده در شرایط انجماد می‌گردد و اضافه‌کردن‌گوشت‌گوساله به تیمارها، سبب افزایش میزان پروتئین، خاکستر و چربی فیش فینگر می‌گردد، اما عدم شستشو عامل تسریع‌کننده برای فساد در فیش فینگرهای تهیه شده می باشد. بنابراین شستشوی گوشت ماهی می‌تواند باعث افزایش مدت زمان نگهداری، فرآورده های تهیه شده از آن میگردد. پیشنهاد می‌شود با توجه به نقش آبزیان در سلامت مصرف‌کننده تحقیقات بیشتری بر روی تولید فیش فینگر از انواع ماهی‌های با قیمت مناسب نیز انجام شود. همچنین به منظور رسیدن به حداکثر مقبولیت مصرف‌کننده ازچندین فرمولاسیون مطابق با ذایقه مصرف کنندگان نیز استفاده شود. فاکتورهای تاثیرگذار مانند: کیفیت گوشت ماهی مورد استفاده قبل از فرموله کردن و همچنین بررسی شرایط نگهداری در یخچال نیز پیشنهاد می شود.

٥- سپاسگزاری

با تشکر از مرکز تحقیقات شیلات و علوم وابسته دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان که در این تحقیق ما را یاری نمودند.

٦-منابع

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (15th Edition). Association of official Analytical Chemists. *Fish and other marine products*, 2(35): Pp: 864-890.
2. Asgharzadeh kiani, A., Shabanpour, B., Hoseini, H., Abbasi, M., Ghafari, F. 2008. Comparison of some chemical properties of surimi and minced meat fish (*Hypophthalmichthys molitrix*) as a raw material for fishery products. *Research and Construction*, 21(2):197-199.
3. ASTM. 1969. Manual and sensory tasting method.American Society for Testing and Materials, Philadelphia. Pp: 33-42.
4. Badii, F., Howell, N. K. A. 2002. Comparison of biochemical changes in cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) fillets during frozen storage. *Journal of the*

chemical quality of new manufactured pasted fish products in a large scale fish processing plant, *Egypt Benha veterinary Medical Journal*,31(2):63-72

15. Hall, G. M., Ahmad, N. H. 1997. Surimi and fish-mince products. *Fish Processing Technology*, 74-92.
16. Hedayatifard, M., Rezaei, N. 2016. Quality changes bacterial community and shelf life of fish finger of big head carp (*Aristichthys nobilis*) during storage at -18ċ. *Jornal Animal Biology*, 5(2): 97-109.
17. Hernandez-Herrero, M. M., Roig-Sagues, A. X., Lopez-Sabater, E.L., Rodriguez –Jerez, J. J., Mora-Ventura, E. L.1999. Volatile basic nitrogen and other physic chemical and microbiological characteristics as related to ripening of salted anchovies. *Journal of Food Science*, 64(2):344-347.
18. Huss, H. H.1994. Assurance of seafood quality, Fisheries Technical, Rome, Italy. pp. 334
19. Izci, L. 2010. Utilization and quality of fish fingers from Persian carp (*Carassius gibelio*bloc h, 1782). *Pakistan Veterinary Journal*, 30(4): 207-209.
20. Izci, L., Bilgin, S., Günlü, R. 2011. Production of fish finger from sand smelt (*Atherina boyeri*, RISSO 1810) and determination of quality changes. *African journal of Biotechnology*, 10 (21): 4464-4469.
21. Jafarpour, S. A., Nikbakhsh, S. 2015. A comparative study on physicochemical characteristics of mince and surimi prepared from common carp during frozen storage. *Fisheries Science and Technology*, 4(3):29-45.
22. Jafarpour, S. A., Shokri, M. 2016. Biochemical, textural properties and sensory evaluation of incorporated meat common carp surimi burger frozen storage at -18ċ. *Journal of Iranian Food Science and Technology*, 27(1):37-58.
23. Jafarpour, S. A., Shokri, M. 2017. Biochemical Tissue and sensory evalution of combined burger meat and surimi Common Carp (*Cyprinus carpio*) *Science of Food and Agriculture*, 82(1): 87-97.
5. Baker, J. 2005. Processing fish finger with bread crumbs. FST 4811, Kimia Dan Pemprosesan Komoditi Hasilan Haiwan, University Putra Malaysia.
6. Blight, E.G., Dyer, W.J. A. 1959. Rapid method of total lipid extraction and purification.*Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 37: 911-917.
7. Cakli, S., Taskaga, L., Kisla, D., Celik, V., Atman, C. A., Cadum, A., Kilinic, B., Maleki, R .H. 2005. Production and quality of fish finger from different fish species. *Journal of European Food Research and Technology*, 220(5):520-530.
8. Connell, J.J.1975. Control of fish quality. Surrey: Fishing News.; Pp: 127-139.
9. Debrama, *S.*, Majumdar, R. K. 2013. Biochemical and organoleptic changes of surimi from the Thai pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) during frozen storage. *Indian Journal of Fisheries*, 60(4):99-106.
10. Egan, H., Krik, R. S., Pearsons, R. 1997. Chemical Analysis of Foods (9th Edition), pp. 609-634.
11. El-Lahmy, A., Hammam, M. H M., Elhosan, A.M .2014. Physical chemical and sensory evaluation of common carp fish (*Cyprinus carpio*) surimi. 4th Conference of Central Laboratory of Aquaculture Research. Pp: 409-425
12. El-Lahmy, A., Khalil, KH. I., El Sherif, S. A., Mahmud, A.A. 2018. Changes in quality attributes of sand melt (*Atheina hepsetus*) fish burger and finger during frozen storage. *Journal Fish Research*, 3 2(2): 1-6.
13. Elyasi, A., Zakipour, R., Abadi, E., Sahari, M.A., Zare, P.2010. Chemical and microbial changes of fish fingers made from mince and surimi of common Carp (*Cyprinus carpio* L, 1758). *International Food Research Journal*, 17: 59-64.
14. Fathy Khater, D., EL-Safy, S., Frag, S. 2016. Evaluation of bacterial and

24. Jafarpour, S. S., Hajidon, H., Rezaei, M. 2014. Enhancement of quality properties of common carp (Cyprinus caprio) surimi by addition soy protein isolate. *Journal of Science and food science*, 2(1): 93-108
25. Jalili, H., Amlashi, E. 2010. Physical, chemical and sensory changes of surimi Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) at -18c̀. *Iranian Journal Fisheries*, 20 (3): 33-44.
26. Mahawanich, T. 2013.Preparations and properties of surimi gels from Tilapia and Red Tilapia. *Naresuan University Journal*, 16 (2): 105-111.
27. Majumdar, R. K., Deb, S., Dhar, B., Priyadarshini, B.M. 2013. Chemical changes in washed mince of silver carp *(Hypophthalmichthys molitrix*) during frozen storage at− 20C with or without cryoprotectants. *Journal of Food Processing and Technology*, 37(5): 952-961.
28. Natseba, A., LwaliRda, I., Kakura, E., MuyaBja, C. K., Muyoaga, J. H. 2005. Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch *(Lates niloticus*). *Food Research International*, 38: 469-474
29. Nemati, M., Shabanpour, B., Shabani, A., Gholizadeh, M. 2009. The effect of cold storage on lipid quality and sensory evalution of fish burgers made from carp (*Cyprinus carpio*) surimi and red meat.*Journal Agriculture Science Natur*,16(1-a):1-11.
30. Nopianti, R., Huda, N., Ismail, N. 2010. Loss of functional properties of proteins during frozen storage and improvement of gel-forming properties of surimi: a review. *Asian Journal of Food and Agro Industry*, 3(6):533-547.
31. Park, J.W., Ooizumi, T., Hunt, A. L.2014. Ingredient Technology for surimi and surimi Sea Food. CRC Press. Taylor & Francis Group. 629 p.
32. Pearson, D.1981. The Chemical Analysis of Foods. (8th Edition). London, UK.1981.
33. Piccolo, J., Daniel, A. P., Klein, B., Ferreira, L.F., Ruviaro, A. R., Emanuelli, T., Kubota, E. H. 2004. Oxidative stability of refrigerated fish pates containing loquat seed extract. *Ciência Rural, Santa Maria*, 44(9): 1705-1710.
34. Praneetha, S. S., Prakash, Ch. B., Dhanapal, K., Reddy, V. S. 2016. Quality evolution in fish finger from (*Lobeo rohita*) during refrigerated storage. *Journal Zoology India*, 19(1): 225-229.
35. Razavi shirazi, H. 2001. Sea food technology (principles of handling and processing1), (^{2}Edition). Pars Negar Publication. pp.23-58.
36. Reddy, M. A., Elavarasan, A., Reddy, D. A., Bhandary, M .H. 2012. Suitability of reef cod (*Epinephelus diacanthus*) minced meat for preparation of ready to serve product. *Advances in Applied Science Research*, 3(3):1513-1517.
37. Ruiz-Capillas, C., Moral, A. 2001. Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. *Food Research International*, 34(5): 441-47.
38. Sahari, M. A., Nazemroaya, S., Rezaei, M. 2009. Fatty acid and biochemical changes in Mackerel *(Scomberomorus commerson*) and Shark *(Carcharhinus dussumieri*) fillets during frozen storage. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3 (3): 519-527.
39. Sehgal, H., Sehgel, G., Singh Thind, S., Kaur, A. 2009. Development of fish mince pakora from a cultured Carp speaies (*Loboa rohita*). *Journal of food processing and preservation*,34(10):15-23.
40. Tangestani, R., Alizadeh-Doughikolaee, M., Elyasi, A. 2010. An analysis of the organoleptic properties of three types of fish fingers produced from silver carp flesh. *Iranian Journal of Natural Resources*, 63(1): 1-10.
41. Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Jonathan, M. 1969. Distillaition Method for Determinaition of Malonaldehyde in during frozen storage. *Journal of Food Industry Research*, 27(1): 37-58.

Rancid Food. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 37: 44-48.

42. Taskaya, L., Calki, S., Kisla, D., Kilinc, B .2003. Quality changers of fish burger Rainbow Trout during refrigerated storage. *Journal of fisheries and Aquatic Science*, 20(1-2): 147-145.
43. Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G., Ozyurt, C .2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers made from mirror carp (*Cyprinus caprio*) during frozen storage(-18č).*Journal of Food Chemistry*, 99(2):335-341
44. Val, A., De Val, V.M., Randall ,D.J. 2006. The Physiology of Tropical Fishes. Academic Press, London, California. P: 634.
45. Wood, G., Hintz, L., Salwin, H. 1969. Chemical alteration in fish tissue during storage at low temperatures. *Journal of Association Official Chemistry*, 52: 904-910.
46. Zaki pour, E., Elyasi, A., Sahari, M.A., Zare, P. 2011. Effects of frying on proximate and fatty acid characteristic of fish fingers made from mince and surimi of common carp. *Journal of Science and Food Technology*, 8(29):1-9.
47. Zargashti, GH. 2013. Comparison of qualitive characterisisticts of fish paste produced from minced meat of Kilka and Silver Carp. Fisheries Research Institute. pp. 62.
48. Zolfaghari, M., Zakipour Rahimabadi, E., Rigi, M., Alipour Eskandari, M. 2020 .Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and suger solution during refrigerated storage. *Iranian Food Science and Technology*,16(2):193-205.

(Original Research Paper)

Quality and Biochemical Assessment of Fish Fingers from Pickandle Barracuda (*Sphyraena jello)* During Frozen Storage at (-18ċ) for Four Mounths

Sahar jalili[1*]

1-Department of Fisheries and Food Processing, Abadan Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran.

Received:09/08/2021 Accepted:29/11/2021

Abstract

Increasing public awareness of the value, health, and hygiene of food, as well as changing lifestyles in industrialized and developing countries, has led to a demand for a variety of healthy, ready-to-eat fishery products. The paper, however, aims to evaluate the feasibility of producing fish fingers from (*Sphyraena jello*)and then comparing approximate compositions and spoilage indices under freezing conditions (-18) for four months. In this regard, fish finger treatments were considered, namely: Treatment 1: unwashed minced meat; Treatment 2: surimi; Treatment 3: unwashed minced meat + beef; Treatment 4: surimi + beef. Then, approximate factors (moisture, ash, fat, and protein) and spoilage indicators including free fatty acid peroxide, thiobarbituric acid, total volatile nitrogen bases were measured in products produced in zero (fresh sample), 1, 2, 3 and 4 month in freezing conditions. However, the results showed that Treatment 3 in fat (6.72%), ash (2.17%), and protein (5.61%) hold a significant difference with other treatments ($P<0.05$) at the end of the maintenance period. Compared to other treatments, Treatment 2 in moisture factor holds a significant difference ($P<0.05$), namely the highest amount of moisture (77.42). Moreover, increasing shelf life, chemical decay indices increased significantly in all Treatments ($P<0.05$). In the third month, peroxide index (4.56 meqO_2/kg), free fatty acids (%19.3) and thiobarbituric acid (2.129 mg MA /kg), and free nitrogen bases reached their highest level in the fourth month in Treatment 3. As a result, the Treatment was declared unacceptable in the fourth month. Furthermore, holding a significant difference, Treatment 2 achieved shelf life up to the fourth month. However, the fish fingers prepared from surimi were acceptable in Treatments 2 and 4 until the end of the fourth month of storage.

Keywords: Fish Finger, *Sphyraena jello* (barracuda), Surimi, Biochemical Evaluation, Freezing,

*Corresponding Athour: sahar.jalili2005@gmail.com