مقاله کامل علمی- پژوهشی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۹
۲۷-٤۱
http://japu.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/japu.2020.17847.1537

اثر افزودن ماکروجلبک *Gracilaria persica* بر برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی سوسیس ماهی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال

نازنین طباطبایی نیکو[۱]، *سید پژمان حسینی شکرابی[۲] و سید ابراهیم حسینی[۱]

[۱]گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،
[۲]گروه شیلات، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲٦

چکیده

در این مطالعه اثر افزودن پودر جلبک گراسیلاریا پرسیکا در سوسیس ماهی تهیه شده از سوریمی کپور معمولی در پنج تیمار آزمایشی شامل: گروه شاهد (فاقد ماده نگهدارنده)، TN (سدیم نیتریت، ۰/۰۲ درصد وزنی/ وزنی)، ۳، ٦ و ۹ درصد پودر جلبک در روزهای ۰، ۷، ١٤، ۲۱ و ۲۸ در شرایط نگهداری در یخچال ارزیابی شدند. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مختلف شامل ازت‌های فرار کل (TVB-N)، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، افت پخت، pH، ظرفیت نگهداری آب و رطوبت تحت فشار در طول زمان ماندگاری اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین میزان TVB-N در پایان آزمایش در نمونه شاهد و کم‌ترین میزان آن مربوط به نمونه ۹ درصد جلبک بود (P<۰/۰۵). کم‌ترین میزان FFA به‌طور هم‌زمان مربوط به نمونه‌های حاوی ٦ و ۹ درصد پودر جلبک بود (P<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان شاخص افت پخت در نمونه فاقد جلبک (٦۵ درصد) بود و کم‌ترین میزان آن مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد جلبک (۵۰ درصد) بود. بیش‌ترین درصد رطوبت تحت فشار در نمونه فاقد جلبک بود (۲۵ درصد) که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد جلبک (۷/۵ درصد) بود. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ظرفیت نگهداری آب به‌ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بوده و نمونه شاهد بود. این پژوهش امکان تولید سوسیس ماهی بدون نگهدارنده نیتریت در راستای تأمین سلامت مصرف‌کننده و هم‌چنین حفظ کیفیت محصول تأیید کرد. نتایج نشان داد استفاده از پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا در سطح ۹ درصد در این پژوهش بهترین نتایج را در پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سوسیس ماهی، *Gracilaria persica*، ماندگاری

* مسئول مکاتبه: hosseini@srbiau.ac.ir

مقدمه

گوشت ماهی و محصولات بر پایه آن منبع گران‌بهایی از مواد غذایی گوشتی است که سرشار از اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب بلند زنجیره، ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند (جوردج و همکاران، ۲۰۱۳). در این میان ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، یکی از گونه‌هایی است که در اکثر محیط‌های طبیعی دیده می‌شود و بر اثر رشد سریع و سهولت پرورش و بازده غذایی بالا تقریباً در تمام دنیا پرورش داده می‌شود (توکور و همکاران، ۲۰۰۶). ماهی کپور معمولی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی در جهان می‌باشد که میزان تولید جهانی این گونه در سال ۲۰۱۷ به بیش از ٤ میلیون تن و ۸ درصد از کل تولیدات آبزی‌پروری را به خود اختصاص داده است و رتبه سوم تولید جهانی را دارا می‌باشد (فائو، ۲۰۱۹). بنابراین تولید محصولات غذایی متنوع از این منبع با ارزش شیلاتی می‌تواند علاوه بر بالا بردن مصرف سرانه، سلامت مصرف‌کنندگان را نیز تا حدود زیادی تضمین نماید. سوسیس یک فرآورده امولسیونی است که در آن گوشت طی فرآیندهای مختلف در نهایت به یک ماده غذایی تبدیل می‌گردد که دارای خواص حسی و شرایط نگهداری مطلوب‌تر و بهتر می‌باشد (دانیلوف و همکاران، ۲۰۱۱). سوسیس ماهی می‌تواند از گوشت چرخ‌شده ماهی به تنهایی یا به‌صورت سوریمی تهیه شود و در ادامه موادی شامل روغن، ادویه‌جات و نشاسته به آن اضافه می‌شود. سپس این مخلوط در روکش‌های مناسب بسته‌بندی و بعد از گرمزنی تحت فرآیند حرارتی قرار می‌گیرد.

با توجه به خواص کاربردی، آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریال گزارش شده از جلبک‌های دریایی جنس گراسیلاریا، بهره‌برداری از آن‌ها به‌عنوان یک منبع طبیعی واجد ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و سایر ترکیبات زیست‌فعال در سیستم‌های غذایی می‌تواند بسیار مورد توجه قرار گیرد (بونو و همکاران، ۲۰۱٤). از طرفی جلبک‌های دریایی متابولیت‌های ثانویه‌ای تولید می‌کنند که در گیاهان خشکی‌زی وجود ندارد و سرشار از ترکیبات مفید و زیست‌فعال هستند. مواد آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها دارای ماهیت بسیار متفاوتی هستند به‌طوری‌که ویتامین E (آلفاتوکوفرول)، کاروتنوئیدها و فنول‌ها در آن‌ها شاخص بوده و نقش مهمی در جلوگیری از اکسایش چربی‌ها می‌توانند ایفا کنند (پلازا و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین آگار استخراج‌شده از گونه‌های جلبک گراسیلاریا به‌دلیل دارا بودن خواص ژل شوندگی، کاربردهای وسیعی در صنایع غذایی پیدا کرده است (ونگوپال، ۲۰۱٦). در این میان ترکیبات موجود در جلبک گراسیلاریا پرسیکا دارای فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی مانند ضد تومور، ضد میکروبی، ضد التهاب و آنتی‌باکتریال می‌باشند (خسروی و همکاران، ۲۰۱۸؛ آموریم و همکاران، ۲۰۱۲).

ویژگی‌های ظاهری محصولات غذایی از عوامل مهمی است که در پذیرش آن توسط مشتری مدنظر قرار می‌گیرد و در این میان ویژگی‌هایی شامل رنگ، طعم و بافت برای محصولات گوشتی مدنظر است (پگ و همکاران، ۲۰۰۸). در حقیقت اضافه کردن نگهدارنده نیتریت و هم‌چنین نمک به فرآورده‌های سوسیس و کالباس شده به‌منظور افزایش مدت زمان نگهداری و ایجاد طعم و مزه مطلوب در آن است (نوئل و همکاران، ۲۰۰٤). در این میان یکی از عواملی که موجب تولید طعم نامطلوب و کاهش کیفیت محصولات گوشتی می‌شود، اکسیداسیون چربی‌ها است که این اکسیداسیون دراسیدهای چرب غیراشباع سرعت بالاتری دارد (گری و همکاران، ۱۹۹٦). در گوشت‌های فرآوری‌شده از جمله سوسیس به‌صورت گسترده از سدیم و یا پتاسیم نیتریت به‌عنوان نگهدارنده استفاده می‌شود که موجب جلوگیری از رشد و تولید نوروتوکسین توسط

کلستریدویم بوتولونیوم، جلوگیری از گسترش و تولید میکروارگانسیم‌های عامل فساد و به تعویق انداختن گسترش فساد اکسیداتیو می‌شود و هم‌چنین روی طعم و رنگ محصول به‌وسیله واکنش با میوگلوبین شده و رنگ قرمز گوشت را تثبیت می‌کند (کاماک و همکاران، ۱۹۹۹). در حالی‌که اثبات شده مصرف زیاد نیتریت برای سلامت انسان از طریق اثرات حساسیتی، گشادی رگ و تولید مت میوگلوبین در بافت مضر می‌باشد. علاوه بر آن می‌توان گفت که نیتروز اسید ممکن است با آمین‌های نوع دوم و آمینو اسیدهایی که به‌طور طبیعی در مواد غذایی گوشتی وجود دارد وارد واکنش شده و ترکیبات N- نیترور به‌خصوص نیتروز و آمین‌ها را به وجود آورد. این ترکیبات بسیار فعال و سمی بوده و دارای اثرات سرطان زایی می‌باشند (نولت و همکاران، ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر پژوهش‌های فزاینده‌ای در خصوص استفاده از پودر گیاهان در حوزه فرآورده‌های گوشتی بر پایه آبزیان مثل سوسیس ماهی جهت بهبود یا ارتقاء کیفیت محصول و افزایش زمان ماندگاری توسط متخصصان صنایع غذایی درحال انجام است. برای مثال اسکریکت و همکاران (۲۰۱۵) اثر سطوح مختلف پودر یک گیاه دارویی ساحلی بومی آسیای جنوب شرقی (*Tiliacora triandra*) را بر کیفیت و اکسیداسیون چربی سوسیس ماهی تیلاپیا بررسی کردند و بیان کردند که با افزودن ۲ درصد پودر گیاه مقدار اندیس پراکسید و تیوباربیوتیک اسید را به‌طور مؤثری کاهش می‌دهد. هم‌چنین افزودن پودر جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria gigas*) سبب بهبود خصوصیات بافتی و ظرفیت نگهداری آب سوسیس گربه‌ماهی (*Clarias gariepinus*) گردید. در پژوهشی دیگری یاخین و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزودن پودر جلبک دریایی *Eucheuma cottonii* به‌دلیل دارا بودن این جلبک به هیدروکلوئید کاراژینان، بدون تأثیر بر خصوصیات حسی اکثر خصوصیات بافتی و عملکردی سوسیس گربه‌ماهی (*C. gariepinus*) را بهبود می‌دهد.

هدف از این مطالعه ارزیابی اثر پودر خشک شده ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا در تغییرات برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی سوسیس ماهی کپور معمولی به‌جای ماده نگهدارنده نیتریت در شرایط نگهداری در یخچال به‌مدت ۲۸ روز انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه و تهیه سوسیس ماهی: این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات (تهران، ایران) انجام شد. به این منظور ماهیان کپور معمولی پرورشی به مقدار کل ۱۰ کیلوگرم به‌صورت تازه از بازار محلی تهران خریداری شد. هم‌چنین ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا مورد استفاده در این مطالعه از جزیره قشم به مقدار ۳ کیلوگرم تهیه و شستشو داده شد. در ادامه توسط دستگاه خشکن انجمادی (Martin Christ alpha 1-2 LD plus, Germany) در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد، فشار ۰/۰۵ بار و به‌مدت ۲٤ ساعت لیوفریزه شدند و حدود ۳۰۰ گرم جلبک خشک به‌دست آمد که تا قبل از استفاده در پلاستیک‌های غیرقابل نفوذ به رطوبت نگهداری شدند.

ماهیان پس از شستشو با آب سرد، ابتدا سر و دم آن‌ها زده و محتویات شکم آن‌ها تخلیه شد. پس از شستشوی مجدد لاشه‌ها با آب سرد، مراحل تهیه سوریمی به روش دستی طبق روش حسینی‌شکرابی و همکاران (۲۰۱٤) انجام شد. به‌طوری‌که گوشت چرخ شده بدون استخوان ماهی به نسبت ۳:۱ (وزنی/جمی) دوبار با آب مقطر (٤ درجه سانتی‌گراد) و یک بار با محلول نمکی رقیق (۰/۳ درصد کلرید سدیم) شستشو داده شد. گوشت پس از هر مرحله شستشو توسط پارچه ابریشمی پچیده شده و در نهایت آب‌گیری شدند. سوریمی تهیه شده از ماهیان در ظروف

درب‌دار ریخته و جهت تولید سوسیس ماهی به‌مدت ۲٤ ساعت در یخچال نگهداری شد. سوریمی تولید شده را با روغن گیاهی و سایر مواد افزودنی طبق جدول ۱ توسط همزن خانگی به خوبی مخلوط کرده و بعد به ۵ قسمت مساوی تقسیم شد که شامل تیمار شاهد (فاقد هر گونه ماده افزودنی یا نگهدارنده)، تیمار دوم واجد نسبت وزنی استاندارد ۰/۰۲ درصد سدیم نیتریت (TN)، تیمارهای سوم، چهارم و پنجم به‌جای ماده نگهدارنده به‌ترتیب حاوی ۳ (T3)، ٦ (T6) و ۹ (T9) درصد پودر خشک شده ماکرو جلبک بود. در ادامه سوسیس‌ها را در پوشش سوسیس به روش دستی پر شده و سوسیس‌ها در بن‌ماری ۸۰-۸۵ درجه سانتی‌گراد برای نیم ساعت قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها بلافاصله توسط مخلوط آب و یخ در ظرف مجزا خنک شده و در یخچال قرار گرفت (معینی، ۱۳۸۱). سوسیس‌های تولید شده در روزهای ۰، ۷، ۱٤، ۲۱ و ۲۸ از نظر پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

جدول ۱- ترکیبات و تیمارهای مختلف سوسیس ماهی در این مطالعه.

ترکیبات (درصد)	تیمارهای آزمایشی				
	شاهد	TN	T3	T6	T9
ماهی	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰
روغن گیاهی	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
یخ	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
پروتئین سویا	۱	۱	۱	۱	۱
گلوتن	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲
سیر	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
تخم‌مرغ	۲	۲	۲	۲	۲
پلی فسفات	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸
ادویه‌جات	۱	۱	۱	۱	۱
نمک	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
شیرخشک	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳
نیتریت سدیم	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰
پودر خشک شده گراسیلاریا	۰	۰	۳	٦	۹

ادویجات: شامل نسبت مساوی از جوز، زنجبیل، هل، خردل و فلفل سیاه. تیمار TN شامل واجد نسبت وزنی استاندارد ۰/۰۲ درصد سدیم نیتریت، تیمارهای T3، T6 و T9 به‌ترتیب حاوی ۳، ٦ و ۹ درصد پودر خشک شده ماکرو جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria persica*) بودند.

آزمون‌های شیمیایی

ترکیبات تقریبی: در ابتدا و انتهای آزمایش، ترکیبات تقریبی شامل پروتئین (روش کجلدال)، چربی (روش سوکسله)، رطوبت و خاکستر از طریق روش استاندارد AOAC (۱۹۹۰) اندازه‌گیری و تعیین شدند.

اندازه‌گیری pH: برای اندازه‌گیری pH از تمام نمونه‌های مورد آزمایش ۵ گرم برداشته و در لوله آزمایش ریخته و روی آن ٤۵ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و به‌خوبی هموژن کرده و سپس مقادیر pH را با استفاده از یک الکترود استاندارد، متصل به یک pH

متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. همه نمونه‌ها در دمای اتاق اندازه‌گیری شدند و میزان pH از میانگین سه قرائت تعیین شد (سووانیچ و همکاران، ۲۰۰۰).

تعیین ازت فرار کل: برای اندازه‌گیری میزان ازت‌های فرار کل (TVB-N) از دستگاه نیمه اتوماتیک کجلدال استفاده شد (AOAC، ۱۹۹۰). به‌طوری‌که مقدار ۱۰ گرم از نمونه را با ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دستگاه کجلدال حرارت داده تا نیتروژن آزاد شده در مبرد ۵۰ میلی‌لیتری واجد مخلوط اسید بوریک ۲ درصد و نشانگر متیل رد جمع‌آوری شد. پس از ۲۵ دقیقه با اسید سیتریک ۱/خ نرمال تیتر شد و طبق رابطه زیر میزان ازت‌های فرار محاسبه شد:

TVB-N = مقدار مصرفی اسید ۰/۱ برای نمونه ×۱/٤×۱۰۰

تعیین اسیدهای چرب آزاد: برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد (FFA)، ۱۰ گرم از هر نمونه سوسیس را با ۵۰ میلی‌لیتر کلروفرم در ارلن ۲۵۰ قرار داده و دهانه ارلن با پارافیلم جهت جلوگیری از خروج کلروفرم پوشانده و بعد از ۲ ساعت مخلوط روی هم زن مکانیکی در دمای اتاق قرار داده شد. سپس مخلوط را با کمک کاغذ صافی و پمپ خلاء صاف نموده و در ادامه ۲۵ میلی‌لیتر از محلول جدا شده و در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد. به روغن استخراج شده ۲۵ میلی‌لیتر الکل خنثی افزوده و یک قطره معرف فنل فتالئین اضافه شد و با سود ۰/۱ نرمال محلول تا بروز تغییر رنگ پایدار تیتر شد و مقدار FFA توسط رابطه زیر محاسبه گردید (اگان و همکاران، ۱۹۸۱).

$$FFA = \frac{N \times ۲/۲۸ \times \text{سود حجم} \times ۱۰/N}{\text{وزن نمونه روغن}}$$

تعیین افت پخت: برش‌هایی از سوسیس به ضخامت تقریباً نیم سانتی‌متر را با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کرده و سپس با روغن مخصوص سرخ کردنی و به‌مدت ۱۵ دقیقه و دمای ۸۰–۸۵ در ظرف سرخ شد و بعد با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد و سپس با استفاده از رابطه زیر میزان افت پخت تعیین شد (پینرو و همکاران، ۲۰۰۸).

افت پخت = (وزن نمونه پخته/وزن نمونه خام)×۱۰۰

رطوبت تحت فشار: از تمام نمونه‌های سوسیس به ضخامت ۵ میلی‌متر برش داده و وزن کرده (وزن اولیه) سپس سه قطعه کاغذ واتمن شماره ۱ در زیر و دو قطعه هم روی نمونه‌ها قرار داده، سپس وزنه استاندارد ۵ کیلوگرمی به‌مدت ۲ دقیقه روی نمونه‌ها قرار داده، سپس نمونه‌ها را از درون کاغذ صافی جدا کرده و مجدداً وزن کرده (وزن ثانویه) و طبق رابطه زیر محتوای آب درون تمام نمونه‌های سوسیس به‌دست می‌آید.

محتوای رطوبت فشار = وزن ثانویه نمونه‌ها – (وزن ثانویه/ وزن اولیه) ×۱۰۰

ظرفیت نگهداری آب: برای تعیین ظرفیت نگهداری آب ۵ گرم نمونه را داخل ۲ عدد کاغذ صافی قرار داده و کاغذ صافی را به دور نمونه‌ها پیچیده و داخل لوله پلاستیکی ۵ میلی‌لیتری انتقال داده و در سانتریفوژ با سرعت ۱۲۰۰۰ درو در دقیقه به‌مدت ۲۸ دقیقه در دمای ٤ درجه قرار داده، پس از خارج کردن نمونه‌ها از سانتریفوژ با پنس از کاغذ صافی جدا کرده، وزن کرده و میزان ظرفیت نگهداری آب طبق رابطه زیر به‌دست می‌آید (شعبانپور و همکاران، ۲۰۰۷).

$$\text{ظرفیت نگهداری آب} = \frac{\text{وزن نمونه پس از سانتریفیوژ} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}}$$

تجزیه و تحلیل آماری: در این پژوهش، هر تیمار به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و تمام آزمایشات شیمیایی با سه تکرار و آزمایش‌های فیزیکی

با ۵ تکرار انجام شدند. نتایج آماری به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد گزارش شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ و هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با خطای ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

ترکیبات تقریبی: میزان پروتئین‌های نمونه‌ها اندازه‌گیری‌شده و نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. با افزایش میزان پودر جلبک در نمونه‌ها میزان پروتئین افزایش داشته است به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بود و کم‌ترین میزان نیز مربوط به نمونه‌های شاهد (فاقد پودر جلبک) و نمونه حاوی سدیم نیترات بود. هم‌چنین بین نمونه‌های شاهد (فاقد پودر جلبک) و نمونه حاوی سدیم نیترات تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان چربی در نمونه حاوی سدیم نیترات بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان هم مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین میزان خاکستر در نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان هم مربوط به نمونه شاهد (فاقد پودر جلبک) و نمونه حاوی سدیم نیترات بوده است. هم‌چنین بین نمونه‌های شاهد (فاقد پودر جلبک) و نمونه حاوی سدیم نیترات اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). در پایان آزمایش بیش‌ترین میزان رطوبت در نمونه حاوی سدیم نیترات بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان هم مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بوده است. هم‌چنین بین نمونه‌های شاهد (فاقد پودر جلبک) و نمونه نمونه حاوی ۳ درصد پودر جلبک اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

جدول ۲- مقایسه تغییرات ترکیبات تقریبی (درصد در وزن‌تر) تیمارهای مختلف سوسیس ماهی کپور معمولی در روزهای صفر و ۲۸ پس از نگهداری در یخچال.

زمان نگهداری (روز)	تیمارها	پروتئین	چربی	خاکستر	رطوبت
۰	شاهد	۱۵/۱۳±۰/۰۷^{c}	٦/۵۵±۰/۰^{a}	۱/٤۰٤±۰/۰۱^{e}	۷۱/۷۱±۰/۲۱^{b}
	TN	۱۵/۳۰±۰/۰٦^{c}	٦/۵٤±۰/۰^{a}	۱/٤۰۹±۰/۰۱^{d}	۷۱/۷٤±۰/۱٦^{a}
	T3	۱٦/۰۱±۰/۰۸^{b}	٦/٤٦±۰/۰^{b}	۱/٤۵±۰/۰^{c}	۷۱/۱۱±۰/۱٤^{c}
	T6	۱٦/۲٤±۰/۰۷^{b}	٦/۳۳±۰/۰^{c}	۱/٤۹±۰/۰۱^{b}	۷۰/۱۵±۰/۰۸^{d}
	T9	۱٦/۵۹±۰/۱٤^{a}	٦/۲۱±۰/۰^{d}	۱/۵۱±۰/۰^{a}	٦۹/۷۱±۰/۰۷۰^{e}
۲۸	شاهد	۱۵/۰۲±۰/۱۳^{c}	٦/۲٤±۰/۰^{c}	۱/٤۱±۰/۰^{d}	۷۱/۷۵±۰/۱٤^{b}
	TN	۱۵/۰٦±۰/۰۷^{c}	٦/۳۵±۰/۰^{a}	۱/٤۲±۰/۰^{d}	۷۲/٦۸±۰/۲۲^{a}
	T3	۱۵/۸٤±۰/۱۰^{b}	٦/۲۸±۰/۰^{b}	۱/٤۷±۰/۰^{c}	۷۱/۵٤±۰/۱۰^{b}
	T6	۱۵/۹۷±۰/۰۱^{b}	٦/۲۲±۰/۰^{d}	۱/۵۰±۰/۰^{b}	۷۰/۷٤±۰/۰۷^{c}
	T9	۱٦/۳٤±۰/۱۳^{a}	٦/۱۰±۰/۰^{e}	۱/٦۸±۰/۰^{a}	٦۹/۲۷±۰/۰۷^{d}

* حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در میان تیمارها در آن زمان می‌باشد (n=۳، P<۰/۰۵). TC: شاهد (فاقد هر گونه نگهدارنده)، TN: ۰/۰۲ درصد سدیم نیتریت، T3: ۳ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا، T6: ٦ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا و T9: ۹ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا.

تغییرات فاکتورهای شیمیایی: طبق جدول ۳، در طی دوره‌های اندازه‌گیری نوساناتی در میزان pH نمونه‌ها مشاهده گردید ولی در پایان آزمایش اختلاف معنی‌داری در میزان pH در نمونه‌ها مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

میزان TVB-N در نمونه‌ها طی پنج دوره اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق جدول در تمامی دوره‌های اندازه‌گیری اختلافات معنی‌دار مشاهده گردید (P<۰/۰۵). در پایان آزمایش بیش‌ترین میزان ازت‌های فرار کل در نمونه فاقد جلبک بوده است و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه حاوی جلبک ۹ درصد بوده است که دارای اختلاف معنی‌داری بودند (P<۰/۰۵). همان‌طور که در نمودار زیر مشاهده می‌گردد با افزایش درصد پودر جلبک به سوسیس ماهی کپور معمولی میزان ازت‌های فرار کل آن کم‌تر می‌شود.

بیش‌ترین میزان FFA در نمونه فاقد پودر جلبک می‌باشد و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه‌های حاوی ٦ و ۹ درصد پودر جلبک می‌باشد که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵). هم‌چنین در تیمارهای ٦ و ۹ درصد پودر جلبک اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). (جدول ۳).

جدول ۳- تغییرات برخی خصوصیات شیمیایی تیمارهای مختلف سوسیس ماهی کپور معمولی در طول ۲۸ روز نگهداری در یخچال.

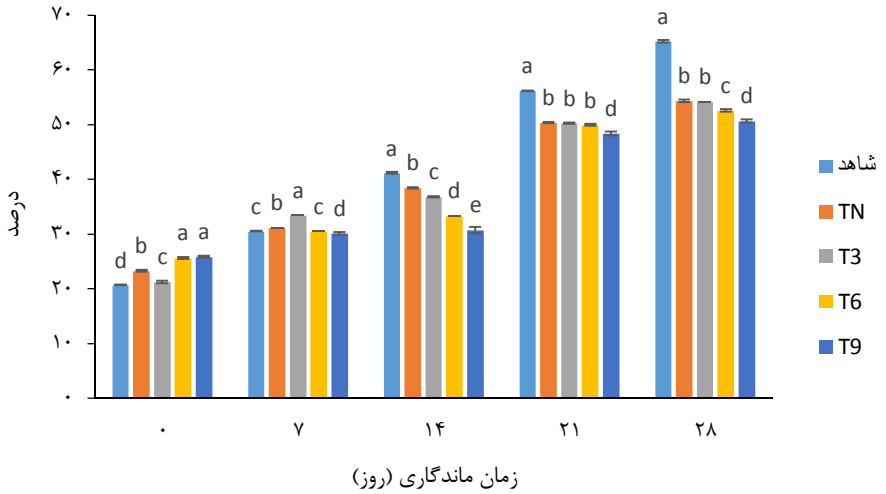
زمان نگهداری (روز)	تیمارها	pH	TVB-N (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	FFA (درصد)
۰	شاهد	٦/۹۷۰±۰/۰۰۹^{b}	٦/۸۳±۰/۰^{a}	دیده نشد
	TN	٦/۹۵۵±۰/۰۰۸^{b}	٦/۸۰±۰/۰^{b}	دیده نشد
	T3	۷/۰٤۵±۰/۰۰۷^{a}	٦/۸۵±۰/۰^{a}	دیده نشد
	T6	٦/۸۷۷±۰/۰۰۹^{c}	۵/٤۲±۰/۰^{d}	دیده نشد
	T9	۷/۰۲٦±۰/۰۱۵^{a}	۵/٤۸±۰/۰۱^{c}	دیده نشد
۷	شاهد	۷/۰۱±۰/۰۲۱^{b}	۱۸/۲٤±۰/۰^{a}	۰/۱۲۵±۰/۰۰۷^{a}
	TN	۷/۰۵±۰/۰۱٤^{b}	۱٦/۸۰±۰/۰^{c}	۰/۱۱۹±۰/۰۱۰^{a}
	T3	۷/۱۷±۰/۰۱٤^{a}	۱٦/۸٦±۰/۰^{b}	۰/۱۲۹±۰/۰۰۵^{a}
	T6	۷/۰±۰/۰۲۱^{b}	۱۵/٤۸±۰/۰۰۰^{d}	۰/۱۲٦±۰/۰۰۵^{a}
	T9	۷/۱۵±۰/۰۱٤^{a}	۱۵/٤۲±۰/۰۱^{e}	۰/۱۲۲±۰/۰۰۹^{a}
۱٤	شاهد	۷/۲۰۵±۰/۰۰۷^{c}	۱۹/۲۱±۰/۰^{a}	۰/۱٦۹±۰/۰۱۱^{a}
	TN	۷/۳۵۵±۰/۰۰۷^{a}	۱۷/۰٦±۰/۰^{b}	۰/۱۲۱±۰/۰۱۲۰^{b}
	T3	۷/۳۱۵±۰/۰۰۷^{b}	۱٦/۹۷±۰/۰^{c}	۰/۱٤۵±۰/۰۰۹^{ab}
	T6	٦/٦٤۵±۰/۰۰۷^{e}	۱۵/٦۲±۰/۰^{d}	۰/۱۳۵±۰/۰۰۸^{b}
	T9	٦/۸٤۵±۰/۰۰۷^{d}	۱۵/۵۳±۰/۰^{e}	۰/۱۲٤±۰/۰۰۸^{b}

ادامه جدول ۳-

زمان نگهداری (روز)	تیمارها	pH	TVB-N (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	FFA (درصد)
۲۱	شاهد	۷/۰۹۰±۰/۰۱٤^{b}	۱۹/۲٦±۰/۰۵^{a}	۰/۱۸۹±۰/۰۰۸^{a}
	TN	۷/۰۳۰±۰/۰۱٤^{c}	۱۷/٦۲±۰/۰^{b}	۰/۱٤۹±۰/۰۱۱^{b}
	T3	۷/۲۷۵±۰/۰۲۱^{a}	۱٦/۹۷±۰/۰^{c}	۰/۱۵۵±۰/۰۰۵^{b}
	T6	۷/۰۸۰±۰/۰۱٤^{bc}	۱۵/٦۲±۰/۰^{d}	۰/۱٤٦±۰/۰۰۹^{b}
	T9	۷/۱۱۵±۰/۰۳۵^{b}	۱۵/۵۳±۰/۰^{e}	۰/۱۳۳±۰/۰۱۱^{b}
۲۸	شاهد	۷/۰۱۰±۰/۰۱٤^{ab}	۲۰/٦۹±۰/۰^{a}	۰/۲۰٦±۰/۰۰٦^{a}
	TN	۷/۰۲۵±۰/۰۰۷^{ab}	۱۷/۳۰±۰/۰^{b}	۰/۱۷۹±۰/۰۰٦^{b}
	T3	۷/۲۷۰±۰/۷۵۰^{a}	۱۷/۰۲±۰/۰^{c}	۰/۱۸۵±۰/۰۰۹^{ab}
	T6	٦/۷۹۵±۰/۰۰۷^{b}	۱۵/۷۲±۰/۰^{d}	۰/۱۵۳±۰/۰۱۲^{c}
	T9	٦/٦۵۵±۰/۰۰۷^{b}	۱۵/٦۸±۰/۰^{e}	۰/۱٤٦±۰/۰۱۰^{c}

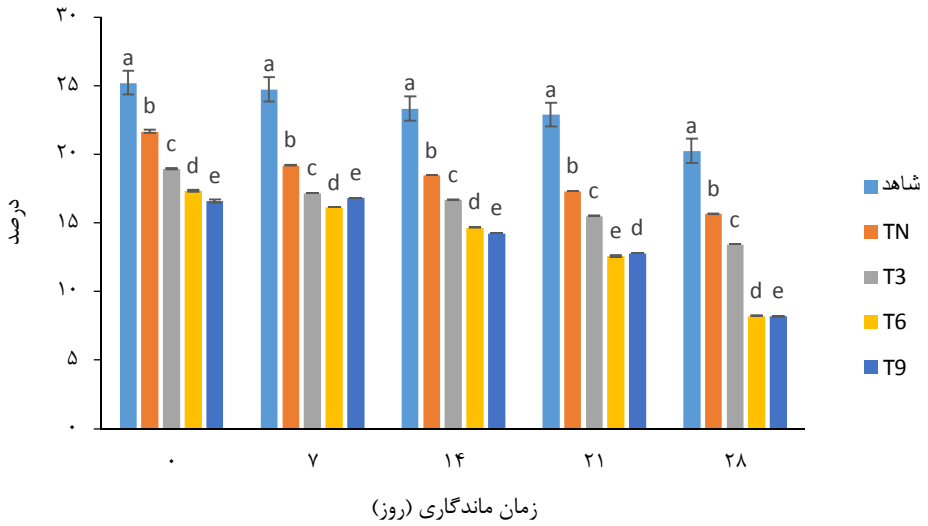
* حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در میان تیمارها در آن زمان می‌باشد (n=۳، P<۰/۰۵). TC: شاهد (فاقد هر گونه نگهدارنده)، TN: ۰/۰۲ درصد سدیم نیتریت، T3: ۳ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا، T6: ٦ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا و T9: ۹ درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا.

افت پخت: افت پخت در نمونه‌ها در انتهای دوره مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بیش‌ترین افت پخت در نمونه فاقد جلبک بوده است که دارای اختلاف معنی‌داری بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه حاوی جلبک ۹ درصد بوده است. هم‌چنین با افزایش درصد پودر جلبک در نمونه‌ها افت پخت آن‌ها کاهش یافته است (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات افت پخت در نمونه‌های مختلف حاوی جلبک و فاقد جلبک در سوسیس ماهی کپور معمولی. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (n=۵، P<۰/۰۵) آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند. تیمارهای مختلف شامل نمونه‌های سوسیس ماهی فاقد ماده افزودنی (شاهد)، ۰/۰۲ درصد نیتریت سدیم (TN)، ۳ درصد (T3)، ٦ (T6) و ۹ (T9) درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا.

رطوبت تحت فشار: درصد رطوبت تحت فشار در نمونه‌ها در پایان آزمایش بیش‌ترین درصد رطوبت تحت فشار در نمونه فاقد جلبک بوده است که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها بود (P<۰/۰۵) و کم‌ترین میزان هم مربوط به نمونه حاوی جلبک ۹ درصد بوده است. هم‌چنین با افزایش درصد پودر جلبک در نمونه‌ها درصد رطوبت تحت فشار آن‌ها کاهش یافته است (شکل ۲).



شکل ۲- تغییرات رطوبت تحت فشار در نمونه‌های مختلف حاوی جلبک و فاقد جلبک در سوسیس ماهی کپور معمولی. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار است (n=۵، P<۰/۰۵) آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند. تیمارهای مختلف شامل نمونه‌های سوسیس ماهی فاقد ماده افزودنی (شاهد)، ۰/۰۲ درصد نیتریت سدیم (TN)، ۳ درصد (T3)، ٦ (T6) و ۹ (T9) درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا.

ظرفیت نگهداری آب: نتایج حاصل از این بررسی نشان داد نمونه‌ها روندی کاهشی داشته‌اند. بیش‌ترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد پودر جلبک بوده است و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه فاقد جلبک می‌باشد هم‌چنین با افزایش درصد میزان پودر جلبک میزان درصد ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌ها افزایش یافته است (شکل ۳).

شکل ۳- تغییرات ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌های مختلف حاوی جلبک و فاقد جلبک در سوسیس ماهی کپور معمولی. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (n=۵، P<۰/۰۵) آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند. تیمارهای مختلف شامل نمونه‌های سوسیس ماهی فاقد ماده افزودنی (شاهد)، ۰/۰۲ درصد نیتریت سدیم (TN)، ۳ درصد (T3)، ٦ (T6) و ۹ (T9) درصد پودر ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا.

بحث

مقدار ترکیبات تقریبی در ماهی‌ها متفاوت بوده و به عوامل مختلف مانند گونه، سن، نوع تغذیه، جنسیت و شرایط محیطی بستگی دارد (هوس، ۱۹۹۵). نتایج به‌دست آمده از اندازه گیری ترکیبات تقربی نشان داد که با افزایش پودر جلبک در سوسیس ماهی میزان رطوبت و چربی کاهش یافته و میزان پروتئین و خاکستر روند افزایشی داشته است.

به‌طورکلی در نمونه‌های سوسیس ماهس واجد پودر جلبک افزایش معنی‌داری در میزان پروتئین در روز ۰ و هم‌چنین روز ۲۸ نگهداری در یخچال مشاهده شد. احتمالاً علت روند صعودی افزایش میزان پروتئین خام در روز صفر همراه با افزایش پودر جلبک نسبت به شاهد، مقدار پروتئین ۲۳ درصدی موجود در جلبک می‌باشد (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۵). هم‌چنین به‌واسطه وجود ترکیبات زیست‌فعال متعدد در جلبک گراسیلاریا پرسیکا، پروتئین سوسیس‌های دارای این ماده افزودنی در شرایط نگهداری نسبت به سایر تیمارها به مراتب بیش‌تر حفظ شده و فرآیند دناتوره شدن آن‌ها کاهش پیدا نموده که در مجموع میزان پروتئین بیش‌تری پس از ۲۸ روز نگهداری باقی خواهد ماند.

تغییرات رطوبت به‌عنوان یکی از شاخص‌های کیفی نگهداری محصولات گوشتی که در ظروف نفوذپذیر بسته بندی می‌شوند؛ مطرح بوده به‌طوری‌که با افزایش زمان نگهداری میزان رطوبت در اثر تبخیر کاهش می‌یابد (سووانیچ و همکاران، ۲۰۰۰). رطوبت سوسیس‌های ماهی نگهداری‌شده در یخچال در طول زمان با افزودن درصدهای بیش‌تر کاهش معنی‌داری یافت. کاهش رطوبت محصولات گوشتی طی نگهداری در پژوهش‌های ارسلان و همکاران (۲۰۰۱)، هو و همکاران (۲۰۰۸) و زو و همکاران (۲۰۱۰) هم دیده شده است که با پژوهش حاضر همخوانی دارد. اگرچه در این مطالعه این روند کاهشی

کم‌تر بوده که علت آن احتمالاً وجود هیدروکلوئید آگار موجود در این جلبک و میل بالای این صمغ در جذب آب می‌باشد (حیدری و همکاران، ۲۰۱٤).

چربی‌ها جزیی از ترکیب شیمیایی عضله ماهیان بوده که مقدار آن در بدن ماهی‌های مختلف براساس، گونه، جنسیت، نوع تغذیه و شرایط محیطی آبزی متفاوت می‌باشد (ریبین و اولنسچلارجر، ۲۰۰۹). هم‌چنین، مقدار چربی در محصولات شیلاتی از فاکتورهای مهم در تعیین فساد چربی و پایداری بافت ماهیان در هنگام نگهداری است. اهمیت چربی کل به اندازه‌ای است که حتی برخی از پژوهشگران تغییرات میزان آن را به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت محصولات شیلاتی به کار برده‌اند (رضایی، ۱۳۸۱). در این مطالعه، میانگین چربی در نمونه‌ها با افزایش میزان جلبک روند کاهشی داشته است و کم‌ترین میزان چربی مربوط به نمونه حاوی ۹ درصد جلبک می‌باشد. اکسیداسیون چربی مهم‌ترین عامل کاهش چربی کل با گذشت زمان در طی دوره نگهداری است (فاطمی، ۱۳۷۸). هم‌چنین میزان خاکستر با افزایش میزان پودر جلبک سیر صعودی داشت که علت آن بالا بودن میزان خاکستر در جلبک گراسیلاریا پرسیکا (*G. persica*) است (حیدری و همکاران، ۲۰۱٤).

میزان pH در فرآورده‌های شیلاتی به‌عنوان یکی از شاخص فساد تلقی می‌گردد و افت pH طی زمان نگهداری احتمالاً ناشی از فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک و هم‌چنین تجمع اسیدهای آلی و به‌طور عمده اسید لاکتیک است در نتیجه تجزیه بی‌هوازی کربوهیدرات‌ها در فرآورده‌های شیلاتی است (شعبانپور و همکاران، ۲۰۱٦). آنالیز واریانس داده‌های حاصل از pH در طول ۲۸ روز روند کاهشی را نسبت به زمان صفر نشان داد که این میزان در اندازه‌گیری روز ۲۸ با افزایش میزان جلبک گراسیلاریا در سوسیس ماهی روند ملایم‌تری داشت. pH بر خواص بافت پیوندی و ماهیت پروتئین‌های میوفیبریل مؤثر بوده و در نتیجه تغییر میزان pH موجب تغییر آب‌گریزی و تغییر خواص کاربردی پروتئین‌ها می‌گردد (دلباری- لادرات و همکاران، ۲۰۰٦). نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعه آراشیسر و همکاران (۲۰۰٤) که روی ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد دریافتند که از روز دوازدهم تا پایان دوره نگه‌داری pH تیمار بسته‌بندی‌شده در خلأ کم‌تر از بسته‌بندی معمولی بود. بر طبق نتایج زو و همکاران (۲۰۱۰)، رشد سریع باکتری‌های اسید لاکتیک طی ٤۸ ساعت تخمیر، منجر به کاهش pH تا حدود ٤ شد.

فعالیت‌های بیولوژیکی ترکیبات زیستی فعال موجود در جلبک‌ها دارای اثرات گسترده‌ای هم‌چون اثرات ضد باکتریایی (استریک و همکاران، ۲۰۰۷)، ضد قارچی (وولکا و فورکرت، ۲۰۰٦)، ضد توموری (جیائو و همکاران، ۲۰۰۹) و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. هم‌چنین جلبک گراسیلاریا دارای ترکیباتی مانند رنگدانه‌ها (گروه کاروتنوئیدها)، فیبر، پروتئین، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین و مواد معدنی نیز می‌باشند که از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. زیرا این مواد نقش مهمی در حفاظت ارگانیسم‌ها علیه انواع رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند. تولید ترکیبات ازته فرار به‌دلیل رخداد فساد از طریق فعالیت‌های میکروارگانیزم‌ها بوده که عمدتاً بستگی به جمعیت باکتریایی و میزان فعالیت آن‌ها دارد. حد قابل‌قبول مواد ازته فرار کل مقدار ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی برای مصرف انسان پیشنهاد شده است. بررسی میزان ازت‌های فرار کل در نمونه‌ها نشان داد که بیش‌ترین ازت فرار کل در نمونه فاقد جلبک و کم‌ترین میزان ازت فرار مربوط به نمونه ۹ درصد می‌باشد که می‌توان آن را به‌دلیل ترکیبات زیست‌فعال موجود در جلبک گراسیلاریا مانند کاروتنوئیدها و هم‌چنین فعالیت ضدباکتریایی ترکیبات فنولیک آن دانست (استریک و همکاران، ۲۰۰۷). در

پژوهش (قجقی و همکاران، ۲۰۱۵) اثر ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی اسید اسکوربیک با دو غلظت ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم را بر فیله ماهی کپور معمولی نگهداری شده در یخچال آزمایش کردند دریافتند که تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم اسید اسکوربیک توانست مقدار مواد ازته فرار را در سطح قابل‌قبولی نسبت به سایر تیمارها کنترل کند که با نتایج پژوهش کنونی مطابقت دارد. شاخص مواد ازته فرار روند صعودی را در تیمارهای مختلف نسبت به زمان صفر را نشان داد که البته این روند در تیمارهای واجد جلبک به‌خصوص تیمار ۹ درصد و تیمار واجد سدیم نیتریت با شیب ملایم‌تری اتفاق افتاد. مشابه با پژوهش حاضر، معینی و تاج‌زاده (۲۰۰۹) تأثیر مواد آنتی‌اکسیدان بر ماندگاری گوشت چرخ شده ماهی کپور سرگنده را بررسی و اعلام کردند میزان ازت تام فرار در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش یافته اما تیمارهای واجد آنتی‌اکسیدان این روند ملایم‌تر بود.

مقدار اسیدهای چرب آزاد در فرآورده‌های شیلاتی یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری فساد چربی ماهیان بر اثر فرآیندهای لیپولیتیک بوده که طی آن گلیسریدها، گلیکولیپیدها و فسفولیپیدها توسط آنزیم‌های لیپاز هیدرولیز و به اسیدهای چرب آزاد تبدیل می‌شوند (آکمن، ۱۹۹٤). به‌طورکلی شاخص اسیدهای چرب آزاد به‌عنوان عامل مستقیم افت کیفیت نمی‌توان بیان کرد، اما با ادامه روند اکسیداسیون چربی‌ها و تبدیل شدن آن‌ها به آلدهیدها و کتون‌ها سبب ایجاد طعم و مزه نامطلوب، تغییرات بافتی بر اثر تغییر ساختار پروتئین‌ها و در نهایت کاهش کیفیت محصول نهایی می‌شود (پزشک و همکاران، ۲۰۱۱). بررسی‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه شاهد و کم‌ترین میزان هم مربوط به نمونه ۹ درصد جلبک بود. آنتی‌اکسیدان‌ها زیان‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد واکنش‌پذیر و هم‌چنین فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده در سلول‌ها را کاهش می‌دهند (چانوییتسوک و همکاران، ۲۰۰۵). طی مطالعات انجام شده جلبک‌های متعلق به جنس گراسیلاریا واجد مواد آنتی‌اکسیدانی طبیعی بالایی بوده (جائو و همکاران، ۲۰۰۹) که می‌توان این ویژگی را با کاهش شاخص اسیدهای چرب آزاد طی زمان نگهداری سوسیس ماهی در یخچال مرتبط دانست. در پژوهشی حیدری و همکاران (۲۰۱٤) اثر آنتی‌اکسیدانی سه گونه از جلبک‌های سبز، قهوه‌ای و قرمز در سواحل خلیج‌فارس را مورد آزمایش قرار دادند و نشان دادند که بالاترین فعالیت ضد آنتی‌اکسیدانی مربوط به جلبک قرمز گونه *Gracilaria corticata* بود. لی و کونز (۲۰۰۵) اثر آنتی‌اکسیدانی کلم چینی (*Brassica campestris*) را در سوسیس تخمیری بررسی نمودند و بیان کردند اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های سوسیس حاوی ماده آنتی‌اکسیدان طی زمان نگهداری موجب کُند کردن روند افزایش اسیدهای چرب آزاد با گذشت زمان نسبت به گروه شاهد گردید. این نتایج بیانگر تأثیر ماده آنتی‌اکسیدان بر جلوگیری و کند کردن روند اکسیداسیون و عدم تأثیر بر واکنش‌های هیدرولیتیک می‌باشد که با این پژوهش همسو می‌باشد. با توجه به اهمیت شاخص تیوباربیتوریک اسید جهت درک بهتر از اکسیداسین ثانویه چربی در محصولات غذایی به‌خصوص فرآورده‌های شیلاتی پیشنهاد می‌گردد این آزمایش در پژوهش‌های تکمیلی در آینده انجام گیرد.

بیش‌ترین مقدار افت پخت در نمونه شاهد مشاهده شد اما و با افزایش درصد پودر جلبک افت پخت کاهش یافته و کم‌ترین میزان مربوط به نمونه حاوی جلبک ۹ درصد بود. این روند کاهشی با افزایش درصد پودر جلبک گراسیلاریا می‌توان احتمالاً به‌میزان بالای آگار در دیواره سلولی این جلبک مرتبط

دانست (مارینو- سوریانو و همکاران، ۲۰۰۱). چرا که آگار در ایجاد خاصیت ژلاتینی و هم‌چنین افزایش جذب آب با برقراری پیوندهای هیدروژنی با رطوبت مواد غذایی به‌خصوص آب آزاد نقش مهمی در کاهش میزان آبچک مواد غذایی ایفا می‌کند (فریل- پلگرین و مورانو، ۲۰۰۵).

به‌طورکلی ظرفیت نگهداری آب فرآورده‌های بر پایه سوریمی ماهیان به‌طور مستقیم با مقدار پروتئین‌های میوفیبریل و خواص کاربردی این پروتئین‌ها مانند حلالیت و کیفیت ژل تولیدی ارتباط دارد (سووانیچ و همکارن، ۲۰۰۰). در حقیقت تغییر در ظرفیت نگهداری آب پروتئین‌های میوفیبریل، نشان‌دهنده تغییر ماهیت این پروتئین در نتیجه تغییراتی در ساختار پروتئین‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها می‌باشد (مارینو- سوریانو و همکاران، ۲۰۰۱). با گذشت زمان ماندگاری ظرفیت نگهداری آب و رطوبت تحت فشار در تمامی تیمارها روند نزولی را نسبت به روزهای ابتدایی نگهداری نشان داد که علت اصلی آن دناتوره شدن پروتئین‌های میوفیبریل در طول زمان نگهداری و از دست رفتن خواص کاربردی آن‌ها می‌تواند باشد (مای و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج این مطالعه نشان داد که کم‌ترین ظرفیت نگهداری آب در نمونه شاهد و بیش‌ترین آن در تیمار واجد ۹ درصد پودر جلبک بود. هم‌چنین با افزایش درصد پودر جلبک در نمونه‌ها ظرفیت نگهداری رطوبت افزایش یافت و تیمار ۳ درصد نزدیک‌ترین مقدار را به تیمار دارای سدیم نیترات نشان داد. گارسیا و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزایش نشاسته در سوسیس‌های کم‌چرب و کم‌نمک، ظرفیت نگهداری رطوبت به مقدار معنی‌داری افزایش می‌یابد که دلیل آن قدرت پیوندی بالای نشاسته و آبدوست بودن آن می‌باشد که در مقایسه با پژوهش کنونی احتمال دارد آگار ماکروجلبک گراسیلاریا این ویژگی را داشته باشد. میزان بالای آگار موجود در دیواره سلولی جلبک گراسیلاریا در ایجاد خاصیت ژلاتینی و تثبیت غذا (فریل- پلگرین و مورانو، ۲۰۰۵) نقش مهمی دارد. به‌طوری‌که آن‌ها پلیمرهایی آبدوست هستند، با آب موجود در ماده غذایی به‌طور داخلی و خارجی پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و متعاقباً ظرفیت نگهداری آب را در محصول نهایی بهبود می‌بخشند (جیمنز و اسنچز، ۲۰۰۰).

با توجه به نتایج این پژوهش امکان تولید سوسیس ماهی بدون نگهدارنده نیتریت در راستای تأمین سلامت مصرف‌کننده و حفظ کیفیت محصول تأیید شد. هم‌چنین افزودن ماکروجلبک گراسیلاریا پرسیکا در سطح ۹ درصد در فرآورده سوسیس ماهی به‌عنوان ماده نگهدارنده سبب بهبود برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نیز شد.

منابع

1. Ackman, R.G. 1994. Seafood lipids. P 34-48, In: Seafoods: Chemistry, processing technology and quality. Springer, Boston, USA.
2. Amorim, R.D., Rodrigues, J.A., Holanda, M.L., Quinderé, A.L., Paula, R.C., Melo, V.M., and Benevides, N.M. 2012. Antimicrobial effect of a crude sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria ornata*. Braz. Arch. Biol. Technol. 55: 2. 171-81.
3. AOAC. 1990. Offical Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA.
4. Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M., and Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. Int. J. Food Microbiol. 97: 2. 209-14.

5.Arslan, A., Dinçoğlu, Ah., and Gönülalan, Z. 2001. Fermented *Cyprinus carpio* L. sausage. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 25: 5. 667-73.
6.Bono, A., Anisuzzaman, S.M., and Ding, O.W. 2014. Effect of process conditions on the gel viscosity and gel strength of semi-refined carrageenan (SRC) produced from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). J. King Saud Univ. Eng. Sci. 26: 1. 3-9.
7.Cammack, R., Joannou, C.L., Cui, X.Y., Martinez, C.T., Maraj, S.R., and Hughes, M.N. 1999. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. Biochimica et Biophysica Acta Bioenergetics. 5, 1411: 2-3. 475-88.
8.Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A., and Rakariyatham, N. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. Food Chem. 1, 92: 3. 491-7.
9.Danilovc, B., Jokovic, N., Petrovic, S.L., Velijovic, K., Tolinacki, M., and Sviac, D. 2011.The characterization of lactic acid during the fermentation of an aristan Serbian sausage (*Petrovska klobasa*). Meat Sci. 88: 4. 603-796.
10.Delbarre-Ladrat, C., Chéret, R., Taylor, R., and Verrez-Bagnis, V. 2006. Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 46: 5. 409-21.
11.Djordje, O.G., Miroslav, Ć.A., Nikolina, N.J., Dragana, L.B., Dragica, K.D., Vesna, M.S., and Zoran, M.S. 2013. Sensory and chemical characteristics of sausages produced of cyprinid meat. Food Feed Res. 40: 2. 53-8.
12.Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R. 1991. Pearson's Chemical Analysis of Foods. Churchill Livingstone., New York. Pp: 609-634.
13.FAO. 2019. The state of world fisheries and aquaculture. FAO Meeting the sustainable development goals. Rome. 65p.
14.Freile-Pelegrın, Y., and Murano, E. 2005. Agars from three species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. Bioresour. Technol. 96: 3. 295-302.
15.García-García, E., and Totosaus, A. 2008. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ-carrageenan by a mixture design approach. Meat Sci. 78: 4. 406-13.
16.Gray, J.I., Gomma, E.A., and Buckley, D.L. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. Meat Sci. 43: 111-23.
17.Heydari, M., Nematollahi, M.A., Motamedzadegan, A., Hosseini-Parvar, S.H., and Hosseini, S.V. 2014. Optimization of the yield and quality of agar from *Gracilariopsis persica*. Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci. 3: 3. 33-40.
18.Hosseini Shekarabi, P., Hosseini, S.E., Soltani, M., Kamali, A., and Valinassab, T. 2014. A comparative study on physicochemical and sensory characteristics of minced fish and surimi from black mouth croaker (*Atrobucca nibe*). J. Agric. Sci. Tech. 16: 6. 1289-1300.
19.Hu, Y., Xia, W., and Ge, C. 2008. Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture. LWT-Food Sci. Technol. 41: 4. 730-8.
20.Jiao, L., Li, X., Li, T., Jiang, P., Zhang, L., Wu, M., and Zhang, L. 2009. Characterization and anti-tumor activity of alkali-extracted polysaccharide from *Enteromorpha intestinalis*. Int. Immunopharmacol. 9: 3. 324-9.
21.Jiménez-Escrig, A., and Sánchez-Muniz, F.J. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. Nutr. Res. 20: 4. 585-98.
22.Khosravi, M., Gharibi, D., Kaviani, F., and Mohammadidust, M. 2018. The antibacterial and immunomodulatory effects of carbohydrate fractions of the seaweed *Gracilaria persica*. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 6: 2. 57-61.
23.Marinho-Soriano, E., Silva, T.S., and Moreira, W.S. 2001. Seasonal variation in the biomass and agar yield from *Gracilaria cervicornis* and *Hydropuntia cornea* from Brazil. Bioresour. Technol. 77: 2. 115-20.

24.Mi, H., Zhao, B., Wang, C., Yi, S., Xu, Y., and Li, J. 2017. Effect of 6-gingerol on physicochemical properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) surimi fortified with perilla oil during refrigerated storage. J. Sci. Food Agric. 97: 14. 4807-4814.
25.Noel, V., and Chepfer, H. 2004. Study of ice crystal orientation in cirrus clouds based on satellite polarized radiance measurements. J. Atmos. Sci. 61: 16. 2073-81.
26.Nollet, L.M.L., and Todra, F. 2006. Advenced thehnologyies for meat processing. Bocaraten., FL: Taylor and Francis Group., CRC press, USA. 721p.
27.Pegg, R.B., and Shahidi, F. 2008. Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives. John Wiley and Sons., UK. Pp: 209-253.
28.Pezeshk, S., Rezaei, M., and Hosseini, H. 2011. Effects of turmeric, shallot extracts and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4±1 °C. J. Food Sci. 76: 6. 387-391.
29.Plaza, M., Cifuentes, A., and Ibáñez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. Trends Food Sci. Technol. 19: 1. 31-9.
30.Rehbein, H., and Oehlenschlager, J. 2009. Fishery products: quality, safety and authenticity. John Wiley and Sons., UK. 496p.
31.Shaabanpour, B., Kashiri, H., Moloudi, Z., and Hoseininezhad, A.S. 2007. Effects of washing bouts and times on surimi quality prepared from common carp (*Cyprinus carpio*). Iran. Sci. Fish. J. 16: 1. 81-92.
32.Sriket, P., Sriket, C., and Nalinanon, S. 2015. Effects of Ya-nang leaves (*Tiliacora triandra*) powder on properties and oxidative stability of tilapia emulsion sausage during storage. Int. Food Res. J. 22: 4. 1474-82.
33.Suvanich, V., Jahncke, M.L., and Marshall, D.L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. J. Food Sci. 65: 1. 24-9.
34.Tokur, B., Ozkütük, S., Atici, E., Ozyurt, G., and Ozyurt, C.E. 2006.Chemical and sensory quality changes of fish fingers., made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758)., during frozen storage (-18 ºC). Food Chem. 99: 2. 335-41.
35.Venugopal, V. 2016. Marine polysaccharides: Food applications. CRC Press, USA. 396p.
36.Volk, R.B., and Furkert, F.H. 2006. Antialgal., antibacterial and antifungal activity of two metabolites produced and excreted by cyanobacteria during growth. Microbiol. Res. 161: 2. 180-6.
37.Xu, Y., Xia, W., Yang, F., Kim, J.M., and Nie, X. 2010. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *Pediococcus pentosaceus*. Food Chem. 118: 3. 512-8.
38.Yakhin, LA., Wijaya, KM., and Santoso J. 2016. The effect of seaweed powder (*Eucheuma cottonii*) addition in catfish sausage. Life Sci. 1: 1-5.