بررسی و مقایسه شاخص‌های شیمیایی و پروفایل اسیدهای آمینه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دودی شده به دو روش سرد و گرم

- **آزاده عباس‌خلیلی**: گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **ژاله خوشخو***: گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **قربان زارع‌کشتی**: پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی (تحقیقات فرآوری آبزیان)، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

چکیده

امروزه روش‌های مختلفی جهت حفظ، نگه‌داری و بالا بردن زمان ماندگاری فرآورده‌های شیلاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تمام این روش‌ها تلاش می‌شود که ارزش غذایی محصول نهایی با کم‌ترین افت کیفی همراه گردد که از بین این روش‌ها دودی کردن صنعتی جایگاه ویژه‌ای در کشورهای پیشرفته دارد. در این تحقیق ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دودی شده به دو روش دودی گرم صنعتی و سرد تهیه گردید. بدین منظور برای دودی گرم، ماهی پس از آماده‌سازی اولیه در دستگاه صنعتی Atmoos ابتدا در دمای ملایم (۳۵°c) به‌مدت ۳۰ دقیقه خشک گردیده و سپس به‌مدت ۵ ساعت در دمای نهایی ۸۰۰ °c دودی گردیده و در دودی سرد ابتدا از دمای ۲۷ °c به‌مدت ۳۰ دقیقه خشک گردیده و سپس به‌مدت ۱۰ ساعت در دمای نهایی ۳۵ °c دودی گردید. تیمارهای تولیدی به‌مدت یک‌ماه در دمای یخچال (۳±۱۰ °c) نگه‌داری شد و از نظر تغییرات شیمیایی و پروفایل اسیدهای آمینه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آنالیز آماری نشان داد که بین دو تیمار درنظر گرفته شده از نظر مقدار تیوباربیتوریک اسید (TBArs)، ازت فرار (TVB-N) و pH اختلاف معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵). از ۱۴ اسید آمینه اندازه‌گیری شده در سه تیمار ماهی تازه به‌ترتیب مربوط به اسیدآمینه گلوتامیک> لوسین > آسپارتیک> لیزین > آلانین > والین بوده و پس از دودی کردن به‌روش گرم و سرد کاهش معنی‌داری نداشته است (P>۰/۰۵) و در کل داده‌های بین ماهی تازه و دو تیمار دودی در مواردی تفاوت معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵) و در نتیجه گیری کلی تیمار دودی گرم در اولویت از لحاظ قابلیت مصرف و ارزش تغذیه‌ای قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: دودی گرم، دودی سرد، عمر ماندگاری، اسیدهای آمینه، قزل‌آلای رنگین‌کمان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zh_khoshkhoo@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت دنیا، تامین پروتئین مورد نیاز این جمعیت به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی بشریت تبدیل شده است (FAO، ۲۰۱۰). ماهی یکی از منابع اصلی پروتئینی حیوانی است که به‌علت دارا بودن میزان بالای پروتئین، ویتامین‌ها، چربی‌های اشباع شده کم‌تر و انواع اسیدآمینه‌های ضروری، به‌طور گسترده‌ای در سراسر دنیا توسط انسان‌ها مصرف می‌گردد. هم‌چنین طبق آمار اعلام شده از طرف سازمان شیلات ایران تولید قزل‌آلا در سال ۱۳۹۵ به حدود ۱۶۵۰۰۰ تن رسیده است (آمار نامه شیلات، ۱۳۹۵). هم‌چنین میزان پرورش ماهیان سردابی در قفس در دریا در یکی دو ساله اخیر رشد بسیار خوبی داشته و امیدواری زیادی برای بالابردن سرانه مصرف ماهی از ۱۰/۵ کیلوگرم فعلی به‌میزان بالاتر وجود دارد. از این حیث همراه با توسعه در پرورش، روی آوردن به روش‌های جدید و ایجاد تنوع در روش‌های فرآوری به‌منظور افزایش عمرماندگاری، پاسخگویی به سلایق آحاد مختلف جامعه امری غیرقابل اجتناب به‌نظر می‌رسد (کوچکیان، ۱۳۹۰). که در این بین روش‌های دودی کردن با توجه به تنوع طعم و مزه آن می‌تواند در افزایش سرانه مصرف نقش مهمی داشته باشد (Fahim Dezhban، ۲۰۰۸). دودی کردن فرایندی است که به‌منظور پختن، بهبود طعم و نگه‌داری طولانی مدت از مواد غذایی صورت می‌گیرد. برحسب درجه حرارت، فرایند دودی‌کردن به‌روش‌های‌دودی گرم و دودی سرد انجام می‌شود (Silva، ۲۰۰۸). تاکنون مطالعاتی در مورد ترکیب پروفایل اسیدهای آمینه و ارزش غذایی و شاخص‌های شیمیایی در برخی از ماهیان دودی صورت گرفته است: Ovissipour و همکاران (۲۰۱۱)؛ Gonzalez و همکاران (۲۰۰۶)؛ Arias و همکاران (۲۰۱۴)؛ Yalcin و همکاران (۲۰۰۰)؛ Dondero وهمکاران(۲۰۰۴)؛ Ibrahim و همکاران (۲۰۰۸)؛ Cardinal و همکاران (۲۰۰۴)؛ Dang Thi و همکاران (۲۰۱۳)؛ Luiza و همکاران (۲۰۱۰)؛ Pantazi و همکاران (۲۰۰۸)؛ Cakli و همکاران (۲۰۰۶)؛ Bernardi و همکاران (۲۰۰۹)؛ Matos و همکاران (۲۰۰۵). در اکثر تحقیقات، پروفایل اسیدهای آمینه در ماهیان دودی از گونه‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است، اما تاکنون تحقیق جامعی در خصوص تفاوت در پروفایل اسیدهای آمینه و ارزش غذائی و شاخص‌های فساد ماهی قزل‌آلای دودی شده به دو روش سرد و گرم اختصاصاً مورد بررسی و مقایسه قرار نگرفته است. بنابراین، با توجه به‌میزان تولید و پرورش ماهی قزل‌آلا و رویکرد به روش‌های نگه‌داری جهت افزایش مصرف و هم‌چنین افزایش آگاهی عمومی در مورد اهمیت ماهی به‌عنوان غذای سلامت، بررسی آن‌ها از نظر پروفایل اسیدهای‌آمینه‌ومدت‌ماندگاری محصول تولیدی بسیار مهم می‌نماید. با اعلام نتایج کاربردی این پژوهش، معیار مناسبی برای صاحبان صنایع تولیدماهی‌دودی، مصرف‌کنندگان ماهی دودی و متخصصان تغذیه در جهت‌انتخاب نوع‌محصول‌به‌دست‌می‌آید.بنابراین، هدف از این تحقیق، تعیین و مقایسه شاخص‌های تغذیه‌ای با اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای آمینه و تغییرات شاخص‌های شیمیایی در محصول دودی ماهی قزل‌آلای تولید شده به دو روش گرم و سرد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ماهی قزل‌آلا با اندازه بازاری (۳۰±۲۵۰ گرم) به تعداد ۲۰ قطعه به‌صورت یک‌جا و زنده از کارگاه پرورش‌ماهی خریداری و بلافاصله با یخ گذاری (با استفاده از یخ پودر شده با نسبت ۱ به ۱) در مخازن عایق (یونولیت‌های با اندازه متوسط) به مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان (محل اجرای تحقیق) منتقل شد. در این مرکز ماهی‌ها پس از شستشوی اولیه با آب شرب، به‌روش دستی به‌صورت پروانه‌ای (Butterfly) پاک شدند (زدن سر، تخلیه امعاء و احشاء و شستشوی مجدد). تمامی مراحل انجام تحقیق شامل تولید ماهی دودی گرم، دودی سرد، انجام آنالیزهای مربوطه در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان در بندر انزلی (وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران) در آذر و دی ماه سال ۱۳۹۶ صورت گرفت.

مراحل فرایند تولید ماهی دودی گرم قزل‌آلا: فرایند دودی کردن با روش و شرایط متداول در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان ایران انجام شد. ماهی‌های پاک شده سپس به‌مدت ۳ ساعت در سس نمکی تهیه شده آب نمک گذاری شدند. سپس ماهی‌ها شستشو و آب شور اضافی آن‌ها گرفته، بر روی سینی‌های توری در واگن چیده و در دستگاه صنعتی دودی (Atmoos) قرار داده شدند. ابتدا در درجه حرارت ۳۷ درجه سلسیوس به‌مدت ۳۰ دقیقه بدون وارد کردن دود به محوطه دستگاه، خشک کردن ماهی با استفاده از جریان هوا انجام شد، در این زمان رطوبت ماهی از ۸۰٪ به حدود ۶۵٪ رسید. پس از آن با استفاده از دود طبیعی حاصل از سوختن تراشه چوب درخت توسکا به‌مدت ۴/۵ ساعت در معرض وزش دود قرار گرفتند، به این صورت که ابتدا ماهی به‌مدت ۱۷۰ دقیقه در معرض دود کند با درجه حرارت ۶۰ درجه سلسیوس و سپس به‌مدت ۱۰۰ دقیقه در معرض دود تند با درجه حرارت۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفت که این امر موجب شد که همراه با جذب دود عمل انعقاد پروتئینی و پخت کامل نیز انجام شود. سپس ماهی‌ها از محوطه دستگاه خارج شده و در پیش سرد کن مرکز (دمای یخچال) به‌مدت ۱۰ دقیقه سرد شدند.

مراحل فرایند تولید ماهی دودی سرد قزل‌آلا: جهت تولید ماهی دودی سرد کلیه مراحل اولیه تا مرحله سس گذاری همانند

روش دودی گرم بوده ولی در مرحله دودی نمودن کاملاً متفاوت می‌باشد. بدین صورت که برای دود دادن ماهی از منبع حرارتی غیرمستقیم با حداکثر درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. در مرحله اول به‌مدت ۳۰ دقیقه در معرض هوای بدون دود با درجه حرارت ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا فیله‌ها خشک گردند، در مرحله بعدی نمونه‌ها درمعرض دود با درجه‌حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹/۵ ساعت قرار گرفتند برای اطمینان از خشک شدن یکنواخت محصول و رنگ مطلوب، دود دادن کامل در کم‌تر از ۱۰ ساعت متوقف شد. محصولات دودی به‌مدت ۳۰ روز در درجه‌حرارت یخچال برابر با ۱±۳ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

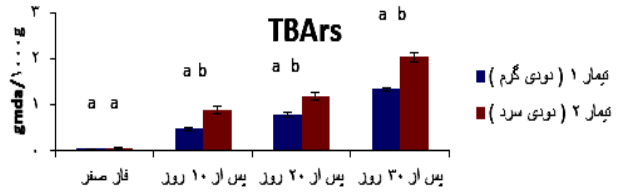
نمونه‌برداری: در این پروژه جهت بررسی و مقایسه ویژگی‌های شیمیایی (TBArs)، pH و مواد ازته‌فرار (TVB-N) و اندازه‌گیری میزان اسیدهای آمینه، ۴ نوبت نمونه‌برداری طی زمان نگه‌داری در دمای یخچال پیش‌بینی گردید. مرحله اول در روز تولید و بعد از عمل‌آوری و مراحل بعدی هر ۱۰ روز یک‌بار، به‌مدت ۳۰ روز در زمان‌های معین و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت.

روش اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی و اندازه‌گیری اسیدهای آمینه: آزمایشات شیمیایی شامل اندازه‌گیری میزان ازت آزاد (TVB-N) به‌روش تقطیر با استفاده از روش کجلدال (AOAC، ۲۰۱۵)، تعیین مقدار pH از pH متر دیجیتال استفاده شد (AOAC، ۲۰۰۰) و تعیین میزان TBArs به‌روش رنگ‌سنجی انجام گرفت (AOAC، ۲۰۱۵) و برای اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای آمینه از روش Biritish Pharmacopoeia ۲۰۱۱ استفاده گردید (Zhao و همکاران، ۲۰۱۰).

تجزیه و تحلیل آماری: روش آنالیز آماری این تحقیق پس از همگن سازی میانگین داده‌ها در تیمارها و محاسبه ضریب همبستگی متغیرهای به‌کارگیری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۷ و Minitab انجام و فساد شیمیایی از آزمون Tukey استفاده شد و برای آزمایشات حسی از فاز ۰ تا ۳۰ روز پس از نگه‌داری از روش آماری غیرپارامتریک Kruskal walis استفاده شد و برای رسم نمودار از Excel کمک گرفته شد.

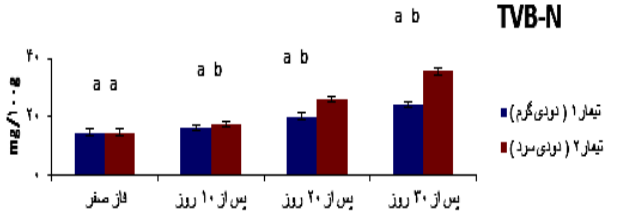
نتایج

اندازه گیری مواد واکنش‌گر با تیوبار بیتوریک اسید (TBARS) با توجه به نتایج آماری به‌دست آمده در اندازه‌گیری ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون، میزان TBA در هر دو تیمار در طول زمان افزایش یافته است. تیمار دودی گرم تا پایان مدت نگه‌داری در محدوده استاندارد بوده اما تیمار دودی سرد در طول ۳۰ روز افزایش یافته و با افت کیفیت محصول همراه بوده است و داده‌های ۲ تیمار در تمام فازها معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵).



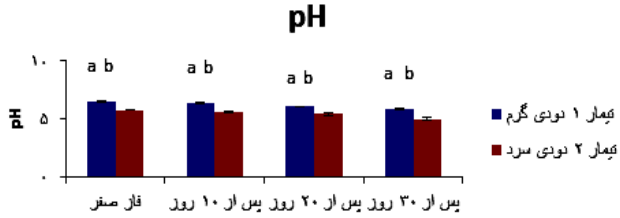
شکل ۱: نمودار میزان TBArs مالون دی‌آلدئید /۱۰۰۰گرم در تیمارهای دودی گرم و سرد ماهی قزل‌آلا به‌مدت یک‌ماه نگه‌داری

نتایج اندازه‌گیری مواد ازته آزاد (TVB-N): با توجه به نتایج آماری به‌دست آمده در اندازه‌گیری میزان ازت فرار، در هر دو تیمار در طول زمان افزایش یافته، ولی در تیمار دودی گرم تا پایان مدت نگه‌داری در محدوده استاندارد بوده، در تیمار دودی سرد پس از ۳۰ روز افزایش یافته و با کاهش کیفیت محصول همراه بوده و داده‌های ۲ تیمار به‌جز فاز صفر در سایر فازها معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵).



شکل ۲: نمودار میزان ازت آزاد در تیمارهای دودی گرم و سرد ماهی قزل‌آلا به‌مدت یک‌ماه نگه‌داری

نتایج pH: باتوجه‌به‌نتایج آماری به‌دست آمده، ازنظر اندازه‌گیری میزان pH و حفظ کیفی در تیمار دودی سرد میزان افت کیفیت سریع‌تر بوده، ولی در تیمار دودی گرم ماندگاری با تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) بهتر ارزیابی شده است .



شکل ۳: نمودار میانگین میزان pH در تیمارهای دودی گرم و سرد ماهی قزل‌آلا به‌مدت یک‌ماه نگه‌داری

نتایج اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای آمینه: با توجه به جدول ۱، از ۱۴ اسیدآمینه‌اندازه‌گیری‌شده در ۳ تیمار ماهی تازه، دودی سرد و گرم به‌ترتیب مربوط به اسیدآمینه گلوتامیک> لوسین> آسپارتیک> لیزین>آلانین>والین بوده و پس از دودی کردن به‌روش گرم و سرد کاهش نداشته و حتی در مواردی افزایش داشته که به‌علت تغلیظ و کاهش رطوبت می‌باشد و در کل داده‌های بین ماهی تازه و دو تیمار دودی در مواردی تفاوت معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵).

جدول ۱: میانگین آماری اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای آمینه (گرم/۱۰۰ گرم) در تیمارهای ماهی تازه و دودی گرم و سرد ماهی قزل‌آلا به‌مدت یک‌ماه نگه‌داری

اسیدهای آمینه	تیمارها		
	تیمار ۱ (ماهی تازه)	تیمار ۲ (دودی سرد)	تیمار ۳ (دودی گرم)
Glycin	۰,۵٦±۰,۰۱٤^{c}	۰,۸٥±۰,۰۰۷^{a}	۰,٦٦±۰,۰۰۷^{b}
Valin	۰,۹٤±۰,۰۰۷^{b}	۱,۱٤±۰,۰۱٤^{a}	۱,۱٥±۰,۰۰۷^{a}
Leucine	۱,۹٤±۰,۰۰۷^{b}	۳,۲٦±۰,۰۲۸^{a}	۱,۸±۰,٦۹^{b}
Alanine	۱,۰٤±۰,۰۱٤^{c}	۱,٥٥±۰,۰۱٤^{a}	۱,۳۱±۰,۰۰۷^{b}
Isoleucin	۰,۸٥±۰,۰۷۱^{b}	۰,۳۲±۰,۰۱٤^{c}	۱,۱۲±۰,۰۰۷^{a}
Threonine	۰,٦٦±۰,۰۲۸^{b}	۰,۱۳±۰,۰۱٤^{c}	۰,۷۳±۰,۰۱٤^{a}
Serin	۰,٥۳±۰,۰۲۸^{c}	۰,٦۱±۰,۰۱٤^{b}	۰,۷٥±۰,۰۲۱^{a}
Arginine	۰,۷۷±۰,۰۲۱^{b}	۰,۱٤±۰,۰۱٤^{c}	۱,۰٥±۰,۰۱٤^{a}
Aspartic acid	۱,۸۳±۰,۰۱٤^{c}	۱,۹٦±۰,۰۱٤^{b}	۲,۰۳±۰,۰۱٤^{a}
Glutamic acid	۳,۷٦±۰,۰۱٤^{b}	۳,۰۷±۰,۰۲۱^{c}	٤,۱٤±۰,۰۱٤a
Methionine	۰,۷±۰,۰۱٤^{a}	۰,۱۳±۰,۰۱٤^{b}	۰,۷±۰,۱٤^{a}
Phenylalanine	۰,۹۳±۰,۰۲۱^{c}	۱,۰۱±۰,۰۰۷^{b}	۱,۱۷±۰,۰۱٤^{a}
Lysine	۱,۱۱±۰,۰۰۷^{b}	۰,۲±۰,۰۰۷^{c}	۱,٤٥±۰,۰۱٤^{a}
Histidine	۰,٤۱±۰,۰۰۷^{c}	۱,۲۲±۰,۰۰۷^{a}	۰,٥٦±۰,۰۰۷^{b}

بحث

اندیس TBA نتیجه ایجاد رنگ قرمز بین مالون آلدهید با معرف TBA است. مالون آلدهید در اثر اکسیداسیون اسیدهای چرب به‌وجود می‌آید، اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید شاخص مناسبی برای تعیین پیشرفت اکسیداسیونی چربی و تولید ترکیبات کربونیل است وجود چنین ترکیباتی در گوشت ماهی سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی آن از جمله طعم و بو می‌شود تیوباربیتوریک اسید به‌طور گسترده به‌عنوان شاخص نشان‌دهنده میزان اکسیداسیون ثانویه چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با TBA به‌دست آمده از مرحله دوم اتواکسیداسیون است که طی آن پراکسیدها به موادی چون آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شوند، توجه به این نکته مهم است که مقدار TBA ممکن است نشان‌دهنده درجه واقعی اکسیدشدن چربی‌ها زمانی‌که مالونوآلدئیدها بتوانند با سایر ترکیبات بدن ماهی واکنش انجام بدهند، نباشد. چنین ترکیباتی می‌توانند شامل آمین‌ها، نوکلئوتیدها و اسیدنوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و دیگر آلدئیدهای تولیدی در پایان اکسیداسیون چربی باشند. چنین رویکردی در بسیاری از ماهیان دیده می‌شود، افزایش مقدار TBA طی نگه‌داری در یخچال هم‌چنین ممکن است ناشی از دهیدروژن شدن جزئی بافت ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع باشد (Auburg، ۱۹۹۳). در این تحقیق میزان TBArs در تیمار دودی گرم و دودی سرد در طول زمان افزایش یافته و به‌ترتیب به‌میزان ۱/۳۳ و ۲/۰۴ میلی‌گرم مالون دی آلدئید / ۱۰۰۰گرم رسیده است . بشارتی (۱۳۸۷) در تحقیق خود آنالیز شیمیایی، میکروبی و ارزیابی حسی قزل‌آلای دودی گرم در مقایسه با دودی سرد را مورد مطالعه قرار داده و طی این پژوهش مقدار TBArs در دودی سرد در طی نگه‌داری افزایش یافته است مدت ماندگاری این محصول را دو هفته اعلام نمود درصورتی‌که محصول دودی گرم تا پایان ماه اول قابلیت مصرف دارد و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری بین هر دو تیمار در میزان TBArs در تمام زمان‌های نمونه‌برداری مشاهده شده است ($P<۰/۰۵$) که افزایش این شاخص در دودی سرد بیش‌تر از دودی گرم بوده است. نتایج مشابهی توسط Dang Thi و همکاران (۲۰۱۳)؛ Luiza و همکاران (۲۰۱۰)؛ Yanar و همکاران (۲۰۰۷)؛ Cakli و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است. علت تشابه را می‌توان مربوط به فعالیت اکسیداسیونی کم‌تر در دودی گرم به‌علت کاهش چشمگیر رطوبت نسبت به تیمار دودی سرد نسبت داد (Besharati و همکاران، ۲۰۰۴). اندازه‌گیری شاخص TVB-N برای نشان دادن میزان فساد در طول زمان نگه‌داری بسیار مهم بوده به‌طوری‌که روند افزایشی آن‌را در طول زمان نشانه پیشرفت فساد می‌باشد به‌همین دلیل در استانداردهای جهانی دارای حد مشخص بوده که برای فرآورده‌های تازه گوشتی زیر ۲۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم، ولی برای نمونه‌های فرآوری شده به‌عنوان مثال نمونه‌های دودی یا نمک سود شده حد مجاز آن ۳۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم می‌باشد. TVB-N برای تعیین سطوح فساد و کیفیت ماهی در طی نگه‌داری استفاده می‌شود (Oehlelschlager ، ۱۹۸۱). اتحادیه اروپا اندازه‌گیری TVB-N را درصورتی‌که ارزیابی حسی دچار تردید باشد، برای گونه‌های مختلف ماهی درنظر گرفته است. مقدار اولیه TVB-N در این تحقیق ۰/۹۸±۱۴/۷ (میلی‌گرم N بر ۱۰۰ گرم گوشت) بود که به گزارشات موجود در مورد ماهی آزاد دودی شده به‌روش سرد (Dondero و همکاران (۲۰۰۴) (۲۵/۸)، کفال خاکستری دودی شده به‌روش گرم (Ibrahim و همکاران (۲۰۰۸) (۲۳/۴۶) و در ماهی آزاد اطلس دودی شده به‌روش گرم و سرد (Cardinal و همکاران (۲۰۰۴)(۲۲/۴) نزدیک می‌باشد. در طی نگه‌داری میزان TVB-N در هر دو تیمار به‌جز فاز صفر در بقیه فازها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) و این روند افزایشی برای تیمار دودی سرد در روز ۳۰

نگه‌داری از حد مجاز بالاتر رفته و این در حالی بود که تیمار دودی گرم در روز ۳۰ نگه‌داری هنوز به مرز غیرقابل قبول نرسیده است و کم‌ترین مقدار TVB-N به خود اختصاص داده است. در رابطه با نشان دادن اثر زمان بر مدت ماندگاری نمونه‌ها با اندازه‌گیری ازت کل تحقیقات مختلفی توسط محققین در سایر کشورها صورت گرفته است. مشابه چنین نتیجه‌ای در تحقیقات Dang Thi و همکاران (۲۰۱۳) (انواع روش‌های دودی و بررسی تغییرات کیفی در ماهی مکرل)، Luiza و همکاران (۲۰۱۰) (مقایسه دودی گرم و سرد فیله ماهی Brycon cephalus)، بشارتی و همکاران (۱۳۸۷) (مقایسه دو روش دودی گرم و سرد قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال) نیز مشاهده شد. در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری بین هر دو تیمار در میزان TVB-N در تمام زمان‌های نمونه‌برداری مشاهده شده است (P<۰/۰۵). میزان این شاخص در دودی سرد بیش‌تر از دودی گرم بود. نتایج مشابهی توسط Pantazi و همکاران (۲۰۰۸)؛ Ibrahim و همکاران (۲۰۰۸)؛ Fagan و همکاران (۲۰۰۴) و Cakli و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است. علت تشابه را می‌توان مربوط به فعالیت میکروبی کم‌تر در دودی گرم دانست(Sivertsrik و همکاران، ۲۰۰۲). یکی از تغییرات شیمیایی اولیه در گوشت ماهی تغییرات pH است. مقادیر pH گوشت ماهی براساس گونه متغیر است، بنابراین pH شاخص دقیقی برای تعیین تازگی و کیفیت اغلب آبزیان نیست اما به عنوان یک شاخص مکمل برای پارامترهای دیگر استفاده می‌شود (Varlik و همکاران، ۱۹۹۳). pHازجمله فاکتورهای مؤثر بر رشد میکروبی و فساد غذاها می‌باشد. pH ماهی زنده به‌طور معمول بین ۷-۶/۷ است که با تغییر فصل، تغذیه و درجه حرارت بدن ماهی تغییر می‌کند (Woyewoda و همکاران، ۱۹۸۶). این پارامتر می‌تواند به بیان اختلافات مشاهده‌شده در اثرات آنتی‌میکروبی و آنتی‌اکسیدانی تیمارها روی جمیت میکروبی کمک کند (Silva و همکاران، ۲۰۰۹). فاکتور pH در ماهی و فرآورده‌های آن (مانند فیله) معمولاً موقعی که ماهی تازه صید و فیله می‌گردد و در شرایط مختلف (انواع بسته‌بندی) نگه‌داری می‌گردد به‌دلیل اسیدی بودن محیط در اثر هیدرولیز گلیکوژن و تبدیل آن به اسیدلاکتیک روند کاهشی را طی می‌کند به‌عنوان مثال در ماهی کامل یخ‌پوشی شده میزان pH روند کاهشی را سیر می‌کند و در فیله بسته‌بندی شده و نگه‌داری شده در دمای یخچال نیز مشابه ماهی کامل می‌باشد (زارع‌گشتی، ۱۳۸۹). در این تحقیق میزان تغییرات pH به‌مدت ۳۰ روز نگه‌داری در دمای یخچال، نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها میزان تغییرات روند کاهشی داشته ضمن این که در تیمار دودی سرد، این نوسانات بیش‌تر از دودی گرم بوده است که نتیجه آن حفظ کیفیت بهتر در این تیمار می‌باشد. در همین زمینه تحقیقات مشابهی توسط بشارتی (۱۳۸۷) تحت عنوان مقایسه مدت ماندگاری دودی سرد و گرم ماهی قزل‌آلا انجام گرفت و نتیجه گرفت که تغییرات pH در تیمار دودی سرد بیش‌تر از دودی گرم در حین نگه‌داری در دمای یخچال بوده است. نتایج مشابهی نیز از اندازه‌گیری pH توسط Leroi و همکاران (۲۰۰۹) (۶/۱۲)؛ Silva و همکاران (۲۰۰۸)(۶/۲)؛ Bernardi و همکاران(۲۰۰۹) (۶/۱۲) گزارش شده است روند کاهشی در مقدار pH می‌تواند با جذب CO2 توسط عضله ماهی (Cakli و همکاران، ۲۰۰۶) با تجزیه CO2 به اسیدکربنیک (Lannelongue و همکاران، ۱۹۸۲) تولید اسید توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک (Stohr و همکاران، ۲۰۰۱) و حضور کربوهیدرادهای تخمیر شونده (Matos و همکاران، ۲۰۰۵) بیان شوند. نتایج به‌دست آمده در همه تحقیقات انجام گرفته با داده‌ها و نتایج حاصله در این تحقیق مطابقت داشت به‌طوری‌که در این تحقیق در هر دو تیمار کاهش pH مشاهده شد، ضمن این‌که این روند کاهش در هر دو تیمار در این تحقیق معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). نوسانات و تغییرات کاهشی و یا افزایشی اسیدهای آمینه مربوط به پایداری ساختار اسیدآمینه‌ها از نظر تعداد زنجیره، حلقوی بودن و یا دارای ساختمان ساده داشتن برمی‌گردد. بیش‌ترین کاهش در اندازه‌گیری اسیدهای آمینه در مرحله پیش پخت ماهی اتفاق افتاده چون مقداری از پروتئین‌ها در اثر حرارت با بخار بالای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌همراه رطوبت از گوشت ماهی خارج می‌گردد. این تفاوت مربوط به پایداری ساختار اسیدآمینه‌ها ازنظر تعداد زنجیره، حلقوی بودن و یا داشتن ساختمان ساده برمی‌گردد. در این تحقیق از ۱۴ اسیدآمینه اندازه‌گیری شده در سه تیمار ماهی تازه به‌ترتیب مربوط به اسیدآمینه گلوتامیک>لوسین>آسپارتیک>لیزین > آلانین> والین بوده و پس از دودی کردن به‌روش گرم و سرد کاهش معنی‌داری نداشته است (P>۰/۰۵) و در کل داده‌های بین ماهی تازه و دو تیمار دودی در مواردی تفاوت معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵). Ovissipour (۲۰۱۱) در اندازه‌گیری اسیدهای آمینه در ماهی دریایی و پرورشی فرآوان‌ترین اسیدهای آمینه به‌ترتیب گلوتامیک اسید>سرین > آسپارتیک اسید> لیزین> آرژنین بوده که از این لحاظ در ماهی پرورشی به‌دلیل غذایی دستی و رعایت جیره‌نویسی بهتر بوده است و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Gonzalez (۲۰۰۶) ترکیبات اسیدهای آمینه را در ماهی خاردار (*Perca*)دریایی و پرورشی مقایسه کرده و گزارش داده درصد اسیدهای چرب اشباع SFA، در اندازه‌گیری اسیدهای آمینه در هر دو گونه دریایی و پرورشی، فرآوان‌ترین اسیدهای آمینه به‌ترتیب لیزین > آسپارتیک اسید> لوسین > آرژنین بوده که به‌جز آرژنین در مورد سایر اسیدهای آمینه در ماهی دریایی بیش‌تر بوده و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در تحقیق انجام گرفته توسط Arias (۲۰۱۴) در رابطه با تاثیر درجه حرارت و نگه‌داری بر ترکیبات پروفایل اسیدهای آمینه ماهی تون سفید در قبل و پس

از کنسرو کردن مقایسه شده و گزارش شده که فرایند حرارتی تغییرات زیادی در پس از کنسرو کردن ایجاد نکرده و اسیدهای آمینه با کیفیت مناسب در پس از کنسرو حفظ شده است و بیش‌ترین مقدار اسیدآمینه اندازه‌گیری شده مربوط به اسیدآسپارتیک، لوسین، لیزین و گلوتامیک اسید بوده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در یک بررسی تحقیقاتی شناسایی ترکیب اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در گوشت ماهی سارم دهان بزرگ (*Scomberoides commersonnianus*) خلیج‌فارس را اندازه‌گیری کرده‌وفراوان‌ترین‌اسیدامینه شناسایی شده اسیدگلوتامیک، آسپارتیک اسید، لوسین، لیزین و والین بوده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Yalcin (۲۰۰۰) تاثیر دودی گرم در گوشت فیل‌ماهی *Huso huso* را قبل و بعد از دودی کردن مقایسه نموده است و گزارش داد دودی کردن باعث افزایش آسپارتیک اسید<ایزولوسین<میتیونین<پرولین< والین شده (P<۰/۰۵) و کاهش گلوتامیک‌اسید>سرین>تریونین>لیزین>تیروسین>هیستدین>لایسین >پرولین شده‌است (P<۰/۰۵) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. پس‌ازاندازه‌گیری‌شاخص‌های کیفی، ارزش غذایی و پروفایل اسیدهای آمینه در گوشت ماهی قزل‌آلا و مقایسه آن با ماهی دودی شده به‌روش گرم و سرد مشخص گردید که تیمار دودی گرم بهتر بوده، هرچند در تعدادی از فاکتورها در ماهی تازه و دودی سرد برتر بوده است.

منابع

۱. **آمارنامه سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۵.**

۲. **بشارتی، ن. و حسینی، س.، ۱۳۸۷.** بررسی زمان ماندگاری ماهی سفید دودی شده به‌روش سنتی در یخچال و محیط طبیعی براساس شاخص شیمیایی TVB-N. مجله اولین کنفرانس ملی علوم شیلات و آبزیان ایران. لاهیجان. صفحات ۱ تا ۷.

۳. **زارع‌گشتی، ق.، ۱۳۸۴.** عمل‌آوری گوشت فیل‌ماهی و قره‌برون پرورشی و ارزیابی کیفیت صادراتی آن. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۴۶ صفحه.

۴. **کوچکیان، ا.، ۱۳۹۰.** فناوری تولید فرآورده‌های شیلاتی. انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی.

۵. **AOAC. 2000.** Official methods of analysis. 17th ed., Association of official analytical chemeists, Washington. DC.

۶. **AOAC. 2015.** Official methods of analyses of association of analytical chemist (15th ed). Washington, DC.

۷. **Auburg, S.P., 1993;** Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules new trends about reactivity and significance.Int. J. Food Sci. Technol. Vol. 28, pp: 323-335.

۸. **Arias, G., 2014.** Effects of different thermal treatments and storage on the proximate composition and protein quality in canned tuna. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 10 p.

۹. **Besharati, N.; Eyporsdottir, A. and Einarsson, H., 2004.** Preliminary observations on nutritional and microbiological chages of hot and cold smoked trout (*Oncorhynchus mykiss*). The united nations university Training Programme. 51 p.

۱۰. **Bernardi, C.; Ripamonti, B.; Campagnoli, A.; Stella, S. and Cattaneo, P., 2009.** Shelf-life of vacuum packed Alaskan, Scottish and Norwegian cold-smoked salmon available on the Italian market. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 44, pp: 2538-2546.

۱۱. **Cakli, S.; Kilinc, B.; Dincer, T. and Tolasa, S., 2006.** Comparison of the shelf lifes of MAP and Vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Onchoryncus mykiss*). Euroup Food Research Technology. Vol. 224, pp: 19-26.

۱۲. **Cardinal, M.; Gunnlaugsdottir, H.; Bjoernevik, M.; Ouisse, A.; Vallet, L.J. and Leroi, F., 2004.** Sensory characteristics of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements. Food Research International. Vol. 37, pp: 181-193.

۱۳. **Dang, T.T.H., 2013.** The effect of smoking methodes on the quality of smoked mackerel. Fisheries Training progarame. 60 p.

۱۴. **Dondero, M.; Cisternas, F.; Carvajal, L. and Simpson, R., 2004.** Changes in quality of Vacuum packed cold smoked salmon (*Salmo salar*) as a function of storage temperature.

۱۵. **FAO. 2010.** The state of world fisheries and aquaculture 2008. ISSN: 1020-5489.

۱۶. **Fahim Dezhban, Y., 2008.** Processing of Fisheries Products. 1st Ed, Published by Mehronabi. 291 p.

۱۷. **Fagan, J.D.; Gormley, T.R. and Mhuircheartaigh, M.M., 2004.** Effect of Modified Atmosphere packaging with freeze chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. Innovative Food Science and Emerging Technologies. Vol. 5, pp: 205-214.

۱۸. **Gonza lez, S., 2006.** Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). Jornal of food composition and analysis. Vol. 19, pp: 6-7.

۱۹. **Leroi, F.; Joffraud, J.J. and Chevalier, F., 2000b.** Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold smoked salmon during storage at 5°C as estimated by factoial design method. J of Food Protection. Vol. 63, No. 9, pp: 1222-1227.

۲۰. **Lannelongue, M.; Finne, G.; Hanna, M.O.; Nickelson, R. and Vanderzandt, G., 1982.** Storage characteristics ofbr own shrimp (*Penaeus aztecus*) stored in retail packages containing CO2 enriched atmospheres. Journal of Food Science. Vol. 47, pp: 911-913.

۲۱. **Luiza, M., 2010.** Effects of hot and cold smoking processes on organoleptic properties, Yield & composition of matrinxa fillet. Revista Brasileka de Zootecniq. Vol. 39, pp: 695-700.

۲۲. **Ibrahim, S.M.; Nassar, A.G. and El Badry, N., 2008**. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging methods on Some Quality Aspects of smoked mullet (*Mugil cephalus*). Global Veterinaria. Vol. 2, No. 6, pp: 296-300.

۲۳. **Matos, T.G.S.; Barreto, A.S.F.H. and Bernardo, F.M.A., 2005.** Effect of shelf life period in modified atmosphere package and of processing technology on microflora of Portuguese smoked dry sausages. Revista Portuguesa de zootecnia. Vol. 2, pp: 15-35.

۲۴. **Oehlenschlager, J., 1981.** Variation der gehelte an fluchtigen stickstofgehaltigen basen und TVB-N in Retbersch. Fischals Lebensm. Vol. 53, pp: 33-34.

۲۵. **Ovissipou, M., 2011.** Fatty acid and Amino Acid Profiles of Domestic and Wild Beluga (*Huso huso*) Roe and Impact on Fertilization Ratio. Journal of aquaculture research and evelopment. Vol. 10, pp: 2-3.

۲۶. **Pantazi, D.; Papavergou, A.; Pournis, N.; Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N., 2008.** Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. Food Microbiol. Vol. 25, pp: 136-143.

۲۷. **Silva, L.V.A.; Prinyawiwatkul, W.; King, J.M.; Kyoon No, H.; Bankston Jr, J.D. and Ge, B., 2008.** Effect of preservatives on microbial safety and quality of smoked blue catfish (*Ictalurus furcatus*) steaks during room-temperature storage. Food Microbiology. Vol. 25, pp: 958-963.

۲۸. **Stohr, V.; Joffraud, J.J.; Cardinal, M. and Leroi, F., 2001.** Spoilage potential and sensory profile associated with bacteria isolated from cold smoked salmon. Food Research International. Vol. 34, pp: 797-806.

۲۹. **Sivertsvik, M.; Jeksrud, W.K. and Rosnes, J.T., 2002.** A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth activities and safety International Jornal Food Science Technology. Vol. 37, pp: 107-127.

۳۰. **Varlik, C.; Ugur, M.; Gökoglu, N. and Gün, H., 1993.** Quality Control Methods and Principals for Aquaculture. Istanbul Society of Food Technology. Vol. 17, 98 p.

۳۱. **Woyewoda, A.D.; Shaw, S.J.; Ke, P.J. and Burns, B.G., 1986.** Measurement of pH. recommended laboratory methods for assessment of fish quality 1-5. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences Fisheries and Oceans, Halifax, Nova Scotia. 1448 p.

۳۲. **Yanar, Y.; Celik, M. and Akamca, E., 2006.** Effects of brine concentration on shelf-life of hot smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4°C. Food Chemistry. Vol. 97, pp: 244-247.

۳۳. **Yalcin, K., 2008.** Fatty acid and amino acid composition of raw and hot smoked sturgeon (*Huso huso*). International J of Food Sciences and Nutrition. Vol. 59, pp: 635-642.

۳۴. **Zhao, F.; Zhuang, P.; Song, C.; Shi, Z. and Zhang, L., 2010.** Amino acid & fatty acid compositions & nutritional quality of the muscle in the pomfret, *Pampus punctatissimus*. Food Chemistry. Vol. 118, No. 2, pp: 224-227.