فصلنامه علمی ـ پژوهشی دورهٔ ۵، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۷۳- ۹۳

اثر فرآیند دودی سرد بر روی تولید هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک (PAHs)، شاخص‌های کیفی، میکروبی و تغییرات اسیدهای چرب امگا-۳ ماهی کپور *Cyprinus carpio*

مسعود هدایتی‌فرد[1*]، پیمان آریائی[2]، احسان حسنی مقدم[3]

۱- دانشیارگروه شیلات و فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم شهر،دانشگاه آزاد اسلامی، ص.پ: ۱۶۳
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد آیه اله آملی،دانشگاه آزاد اسلامی
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد آیه اله آملی،دانشگاه آزاد اسلامی

دریافت: ۹٤/۰۸/۱۰ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۱

* نویسنده مسئول: Hedayati.m@qaemiau.ac.ir

چکیده

ماهی کپور تازه به روش سرد دودی گردید و به مدت ۳۰ روز در ٤°C نگه‌داری شد. سپس ویژگی‌های بیوشیمیایی ماهی تازه و دودی شده (پروتئین، رطوبت، چربی و خاکستر)، شاخص‌های pH و TVB-N، جمعیت میکروبی (شاملبارمیکروبی کل و شمارش کپک و مخمر)، و همچنین تولید هیدروکربن‌های PAHs بویژه ترکیبات سرطانزا PAH_4بهمراه تغییرات پروفایل اسیدهای چرب به‌منظور بررسی تاثیر فرآیند دودی کردن و نگه‌داری محصول مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد طی دودی کردن جمعیت باکتریایی کنترل شد و میزان رطوبت کاهش در نتیجه میزان پروتئین و چربی براساس وزن تر افزایش یافت ($P<0.05$). میزان خاکستر و pH طی فرآیند و نیز دوره نگه‌داری تغییر نکرد($P>0.05$). میزان TVB-N از ۱۰/۸۷ در ماهی تازه، به ۱٤/۰۱ و ۱۸/۱۰ mg/100gدر ماهی دودی و بعد از ۳۰ روز نگه‌داری رسید. مقادیر PAHsبا وزن مولکولی بالا نیز به ترتیب برابر با ۰/۲، ۱/۷ و ۱/۳ µg/kg بود. مقادیری از بنزوپیرن 'BaP' به‌عنوان هیدروکربن سرطانزا در ماهی تازه مشاهده نشدولی در فرآورده دودی شده این ماده به۰/٤ µg/kg و بعد از ۳۰ روزه به ۰/۳ µgkg رسید($P<0.05$) که بیانگر تولید بنزوپیرن طی فرآیند دودی کردن بود که در محدوده مجاز قرار داشت. مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ در ماهی تازه و ماهی دودی ۵/۳۸ و ۵/۵۳ g/100g بود که بعد از ۳۰ روز به ۵/٤۷ g/100g رسید ($P>0.05$). نتایج نشان داد فرآیند دودی سرد و نگه‌داری ۳۰ روزه محصول تاثیری بر میزان و ترکیب اسیدهای چرب ماهی نمی‌گذارد واسیدهای چرب مفید ماهی شامل امگا-۳، امگا-٦، EPA و DHA به‌خوبی حفظ شدند.

کلید واژگان:اسید چرب، دودی کردن سرد، کپور، بنزوپیرن،PAHs

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

مقدمه

دودی کردن فرایندی است که به‌منظور پختن، بهبود طعم و نگهداری طولانی مدت از مواد غذایی صورت می‌گیرد. برحسب درجه حرارت، فرایند دودی کردن به روش‌های دودی گرم[1] و دودی سرد[2] انجام می‌شود. ترکیبات موجود در دود می‌تواند ویژگی آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتریایی داشته باشند (Fahim-Dezhban, 2008). درجه حرارت دود هنگام تولید محصول، با افزایش رطوبت چوب کاهش می‌یابد (Sikorski et al., 1998). دود ایجاد شده در دمای بالا مملو از ترکیباتی است که ویژگی‌های مطلوب حسی را ایجاد می‌کند. فرایند دود دادن برای طیف وسیعی از محصولات غذایی از جمله محصولات گوشتی و دریایی به‌کار می‌رود.

هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای(PAHs) گروه بزرگی از ترکیبات آلی با دو یا تعداد بیشتری از حلقه‌های جوش خورده آروماتیک و معطر می‌باشند. این ترکیبات به دو دسته سبک (دو یا سه حلقه‌ای) و سنگین (چهار حلقه‌ای و بیشتر) تقسیم می‌شوند (Yean et al., 1998). این ترکیبات از حلالیت کمی در آب برخوردارند و خاصیت چربی دوستی زیادی دارند (Doe et al., 1998). هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک در اثر سوختن ناقص مواد آلی به‌وجود می‌آیند. دمای مطلوب تولید هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک، ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد است و تولید آنها در اثر کاهش فشار اکسیژن شدت می‌یابد، اما در دماهای پایین‌تر نیز امکان تولید یا تبدیل دارند. مشخص شده که دوددهی گرم و مستقیم بیشتر از دوددهی سرد باعث افزایش هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک می‌شود (Stolyhwo and Sikorski, 2005). تعدادی از هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک به‌عنوان مواد سرطان‌زا شناخته شده‌اند. بر حسب مراجع مختلف، از نظر سرطان‌زایی و جهش‌زایی، این ترکیبات در گروه‌های متفاوت قرار گرفته‌اند. در بین هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک، بنزوپیرن به‌عنوان شاخص معرفی شده است (Lin et al., 2008, Samanta et al., 2003). هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک از راه‌های مختلف همانند غذا و محیط می‌توانند جذب بدن انسان شوند که معمولاً با وزن مولکولی پایین هستند. در بررسی‌های به‌عمل آمده مشخص شد که مواد غذایی گوشتی دارای چربی که دودی شده‌اند، اغلب حاوی هیدروکربن‌های حلقوی با وزن مولکولی بالا می‌باشند (Roszko et al., 2011). هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای یا PAHs[3] به‌دلیل سمیت‌شان و ویژگی سرطان‌زایی، شاخص کیفی مادهٔ غذایی دودی شناخته می‌شوند.

شدت اثر ترکیبات دود بستگی به غلظت آن و درجه حرارت دارد. نوع ماهی انتخابی برای دوددهی و نوع «چوب خاک اره»معمولاً روی بافت، عطر (آروما) و سایر ویژگی‌های ارگانولپتیکی مثل مزه تأثیر می‌گذارد (Bolaji, 2005). دمای پایین‌تر، اکسیژن کمتر، تثبیت درجه حرارت، رطوبت مناسب و کنترل دقیق غلظت دود طعم بهتری به محصول داده و خاصیت نگهداری آن را نیز بیشتر می‌کند (Hedayatifard, 2003). امروزه در دود ۳۶۰ نوع ترکیب شیمیایی شناخته شده است که مهم‌ترین آنها ترکیبات فنولیک، اسیدی و کربنیل‌ها می‌باشد. فنل‌ها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستندکه روند فساد را در ماهیان چرب به تأخیر می‌اندازد(Miler and Sikorski, 1990). براساس گزارش‌ها، «بنزو a پیرن» یا BaP می‌تواند به‌عنوان معیاری برای تأثیرPAHهای سرطان‌زا در مواد غذایی در نظر گرفته

[1] Hot Smoking
[2] Cold Smoking
[3] Poly-cyclic Aromatic Hydrocarbons

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

شود (IJECR, 2006)، اما در سال ۲۰۰۸ اتحادیه مواد سالم اروپا اعلام کرد ۸ نوع ویژه ازPAHبه‌نام(PAH_8)، به‌عنوانPAHهای سرطان‌زا معرفی می‌شوند و موادی همانند بنزو a پیرن، بنزوaآنتراسن،بنزوbفلورانتن و کرایسن به‌عنوان سرگروه این دسته معرفی شدند (Mihalca et al.,2011) که PAH_4نامیده می‌شوند.

اداره بهداشت و ایمنی حرفه‌ای (OSHA[1])در آمریکا حد متوسط مجاز PAHها را در هوا ۰/۲ میلی‌گرم بر متر مکعب و در روغن‌ها ۵ میلی‌گرم بر مترمکعب در یک دوره زمانی ۸ ساعته اعلام کرده است. همچنین، دربارهٔ آب، دوده، زغال و خاک آلوده به PAHها، حد مجاز تماس با این ترکیبات ۳ میلی‌گرم در روز گزارش شده است؛اما میزان حد مجاز تعیین شده از سوی کمیسیون اروپا(EC)برای مجموع این ترکیباتدربافت ماهیان دودی ۳۰µg/Kgو حد پذیرفته شده«بنزو a پیرن» که شاخص سرطان‌زایی دود می‌باشد، در ماهیان دودی۵µg/Kg عنوان شده است (OJEU, 2011) که در پژوهش‌های صنایع غذایی و فراورده‌های دریایی مورد استناد قرار می‌گیرد.

ماهی دارای ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی است و اکثر مواد مغذی مفید و ضروری برای انسان را به‌تنهایی دارد، ولی ویژگی خاص ماهی که آن را بین سایر مواد غذایی حائز اهمیت ساخته است، نوع چربی موجود در آن است. خانواده کپورماهیان[2]از رده ماهیان استخوانی[3]، بزرگ‌ترین خانواده ماهیان آب شیرین هستند و در ناحیه مصبی و آب‌های لب شور نیز دیده می‌شوند. از لحاظ پراکنش طبیعی، این تیره تقریباً به حد وفور در همه جای جهان منتشر شده‌اند و دارای ۲۰۰ جنس و ۱۶۰۰ گونه می‌باشند، به‌طوریکه تنها در دریای مازندران ۲۰ گونه از خانواده کپور ماهیان وجود دارد که مهم‌ترین آن گونه کپور معمولی[4]است که بومی این دریاچه می‌باشد. این ماهی مهم‌ترین و فراوان‌ترین ماهی پرورشی جهان است و در تولید پروتئین دریایی نقش مهمی دارد (FAO, 2014).اسیدهای چرب امگا-۳ به‌عنوان بخش مهمی از رژیم غذایی برای سلامت و پیشگیری از انواع بیماری‌ها به‌ویژه قلبی عروقی به‌کارگرفته می‌شود (Ackman, 1995, Hedayatifard and Jamali, 2008). این اسیدهای چرب به‌صورت طبیعی در تمام ماهیان و یا مکمل‌های روغن ماهی به‌وفور وجود دارند(Hedayatifard and Yousefian, 2007). امروزه مصرف انواع ماهیان علاوه بر پروتئین گوشت سفید ارزشمند، به‌دلیل بهره‌مندی از اسیدهای چرب غیراشباع چند زنجیره‌ای آن (PUFA[5]) صورت می‌گیرد. انجمن قلب آمریکا توصیه می‌کند که افراد بدون بیماری قلبی نیزهر هفته ۲ وعده ماهی (دست‌کم ۳۰۰ میلی‌گرم اسیدهای چرب امگا-۳ در روز) و بیماران مبتلا به بیماری قلبی روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم مصرف کنند. اشکال مختلف ماهی عمل‌آوری شده (دودی،خشک شده، تخمیری)، همچنان به‌عنوان روش سنتی مصرف و فروش ماهی در کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌رود. آمار منتشر شده میزان متوسط جهانی مصرف سرانه در سال۲۰۱۲ آبزیان را با۱۹ کیلوگرم و سهم پروتئین دریایی را با ۱۷ درصد از منابع حیوانی و تولید جهانی آبزیان را با ۱۶۰ میلیون تن، سریع‌ترین رشد بخش کشاورزیرا نشان می‌دهد (FAO, 2014).

مطالعه بر روی محصولات دریایی دودی سابقه چندانی ندارد،اما پژوهش‌های موجود حاکی از اختلاف در سلامت محصولات دودی و سطوح حضور PAHsاست. با این‌کهRezaei و همکارانش (2014) نسبت به شناسایی و

1. Occupational Safety and Health Administration
2. Cyprinidae
3. Osteichthyses
4. *Cyprinus carpio*
5. Polyunsaturated Fatty Acid

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

استخراج هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک از بافت ماهیان دودی سفید، کفال طلایی و کپور نقره‌ایو اثرهایآن بر روی شاخص‌های کیفی، میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان دودی اقدام کردند و ماهیان دودی شمال ایران را در محدوده مجاز مصرف تشخیص دادند و Khoddami(2013)،نیز از اثرهای مثبت دودی کردن و تولید محصول با ارزش و مطلوب از ماهی آمور سخن به میان آورد، امPalmو همکارانش (2011) به بررسی و توصیف ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک موجود در ماهی دودی پرداختند و بنزوپیرن را به‌عنوان یکی از هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک با وزن مولکولی بالا و مشکوک به سرطان‌زایی معرفی کردند.(2004)Besharati، سازوکار دودی کردن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را به روش گرم و سرد مقایسه و شاخص‌های کیفی آن را بررسی کرد. از طرفی Steiner-Asiedu وهمکاران (1991)اثردوددادنراروی سه گونه از ماهیان غنابررسیکرده‌اند و (1998)Hassanشرایط مختلف فرایند دودی کردن ماهی کپور را برای رسیدن به محصولی با بهترین ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و حسی بررسی کرد ودر نهایتSilva و همکارانش (2011) تفاوت اثرهایروش‌های مختلف دوددهی را روی تولید هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در ماهیان اقتصادی نیجریه ارزیابی کردند.

به‌طور کلی دودی کردن سرد فرایندی است که طی آن ماهی پس از شستشو و آب‌نمک‌گذاری[1] و نیز خروج آب اضافی، در سالن دودخانه[2] در معرض جریان دود با درجه حرارت ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد تا فراورده‌ای نیمه‌آماده و با طعم مطلوب تولید شود (Doe et al., 1998).علاوه بر تأثیری که دودی کردن روی تولید ترکیبات PAHs دارد، گزارش‌هایی نیزپیرامون اثرهای متفاوت آن روی ترکیبات شیمیایی و میکروبی در دسترس است؛ به‌طوریکه تغییرات اسیدهای چرب، ترکیب شیمیایی و شاخص‌های شیمیایی کیفیت در ماهیان اقتصادی دریای مازندران (Rezaei et al., 2014)، آمور (Khoddami, 2013)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Besharati, 2004)و سوزن‌ماهی دریایی (Koral et al.,2009) گزارش شده است. مطابق این سوابق، بیان شدهاست که فرایند حرارتی دودی‌کردن موجب کاهش رطوبت و فعالیت آبی گوشت ماهی و برعکس افزایش ماده خشک محصول می‌شود (Olayemi, et al., 2011; Koral et al.,2009; Khodami, 2013; Burt, 1998)؛ همچنین دودی‌کردن شاخص‌های فساد کیفی همانند مجموع ازت‌های فرار (TVB-N) را افزایش می‌دهد (Besharati, 2004; Koral et al., 2009)، اما تغییر مشخصی روی مقادیر pH محصول دودی به‌وجود نمی‌آورد (Hassan, 1998). همچنین اثر بازدارندگی ترکیبات موجود در دود روی جمعیت‌های میکروبی ماهی ساردین (Nyarko et al., 2011)،گربه ماهی (Olayemi et al., 2011) و انواع ماهیان استخوانی (Sikorski et al., 1998; Silva et al., 2011)بررسی شده است.از سوی دیگر، فرایند حرارتی دودی کردن می‌تواند موجب تولید ترکیبات PAHsشود (Sikorski et al., 1998, Silva et al., 2011; Khodami, 2013; Olayemi et al., 2011) که معمولاً با کنترل شرایط فرایند، قابلتعدیل و تاحدی قابل کنترل خواهند بود (Burt, 1998; Sikorski et al, 1998).

هدف از انجام تحقیق کنونی بررسی تولید انواع ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک طی فرایند دودی کردن سرد در فیله ماهی کپور است. همچنین در پژوهش حاضر اثرهای جانبی این فرایند روی شاخص‌های کیفی، جمعیت میکروارگانیزم‌ها و پروفایل اسیدهای چرب

1. Brining
2. Smokehouse

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

این گونه مطالعه شده ودر نهایت محصول دودیشده به روش سرد و همچنین نگهداری شده به‌مدت ۳۰ روز در دمای ۰/۵±۵ درجه سانتی‌گراداز لحاظ کیفی در مقایسه با ماهی خام و محدوده استاندارد شاخص‌های کیفی و میکروبی ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲٤ قطعه ماهی کپور تازه از مرکز پرورش ماهی (منطقه بابلسر در استان مازندران) در شهریور ماه ۱۳۹۲ با طول متوسط ۳۸ سانتی‌متر و وزن متوسط ۱/۳۰ کیلوگرم تهیه گردید. ثلث ماهیان تازه برای انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی و میکروبی جدا و سپس مابقی ماهیان به جعبه‌های یونیلیت حاوی یخ، منتقل و برای دود دادن به کابین تولید دود در کارگاه دودی سرد (مازندران؛ بابل) انتقال داده شدند. اینمونه‌ها نیز پس از دودی کردن به دو دسته تقسیم شدند تا به‌عنوان ماهیان تازه دودیشده و نمونه‌های دودی نگهداریشده ارزیابی شوند. برای دود دادن ماهی از منبع حرارتی غیرمستقیم با درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراداستفاده گردید. به‌همین منظور ابتدا شکم ماهیان خالی شده و پس از شستشو در آب‌نمک اشباع شور شدند و پس از خروج آب اضافی و فرایند آبچکان، به سالن دودخانه منتقل شدند و در مرحله اول به‌مدت ۳ ساعت در معرض هوای گرم بدون دود با درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Butr, 1998) تا نیم‌پز و برای دریافت دود آماده شوند؛ در مرحله بعدی نمونه‌ها در معرض دود با درجه حرارت ۲۵ سانتی‌گراد قرار گرفتند (Doe et al., 1998). برای حفظ درجه حرارت و اطمینان از خشک شدن یکنواخت محصول و رنگ مطلوب، دود دادن کامل در کمتر از ۲٤ ساعت متوقف شد.محصولات دودی به‌مدت ۳۰ روز در درجه حرارت یخچال برابر با ۰/۵±۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

ابتدا آزمون‌های بیوشیمیایی شامل تعیین و اندازه‌گیری پروتئین به روش کجلدال، خاکستر و رطوبت به روش با کوره الکتریکی (AOAC, 2005) وچربی به روش سرد (Bligh and Dyer, 1959)انجام پذیرفت. شمارش کپک و مخمر با محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار[1] با انکوباسیون ٤ روزه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شمارش کلی میکروب‌ها(TC[2]) با محیط کشت نوترینت آگار[3]و کشت ۰/۱ میلی‌لیتر نمونه به‌مدت ٤۸ ساعت انکوباسیون در درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گرادطبق دستورالعمل ارائه شده از سوی Jay (1990)انجام شد.مقادیر pH با قرار دادن الکترود «پی اچ متر» در نمونهٔ بافت ماهی، پس از رقیق شدن با آب مقطر (نسبت ۱ به ۲) صورت پذیرفت (ISO 2917, 1999) و مجموع ازت‌های تام فرار (TVB-N[4]) نیز به‌عنوان شاخص تخریب حرارتی پروتئین محصول، به روش Hasegawa (1978)اندازه‌گیری شد.

شناسایی پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC; USP 26-NF21, Agilant, USA) با دتکتور یونش شعله‌ای (FID)با لوله موئینه و ستون ۵۰ متر ۰/۲۵x میلی‌متر انجام شد (Hunt et al.,2008).به‌طوری کهپس از استخراج چربی، متیل استرهای اسیدچرب بااستری شدن و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها توسط GC انجام شده، هلیوم به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق ۲۵۰°C، رديابC°۲٦۰، ستونC° ۱۵۵، حجم تزریق ۱ میکرولیتر، دمای ستون ابتدا به‌مدت ۲ دقیقه در ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت بود و سپس طی ٤ دقیقه دمای ستون به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید، ۳ دقیقه در این دما ثابت ماند

1. Potato*dextrose agar*
2. Total Count
3. Nutrient agar
4. Total Volatile Bases-Nitrogen (TVB-N)

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

و طی ۳ دقیقه دما به ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید و ۲۰ دقیقه نیز در این دما نگهداشته شد. سرعت گاز حامل ۰/۵، مقدار تزریق ۱ میکرومتر و نرخ شکافت (Split ratio) ۱:۱۰ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف(Sigma, Germany) تعیین شدند.

سپس سنجش و شناسایی مقادیر هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHs)به‌وسیلهٔ دستگاه HPLC مدل (Ce-4100, Cecil Instruments, UK)مجهز به ستون کاپیلاری(MACHEREY-NAGEL, Germany) با مشخصات (250 x 4.6mm, Nucleodur 100-5, C18ec, 5um)و آشکارسازتوسط دو دتکتور فلورسانس و UV انجام شد؛به‌طوری کهنمونه‌ها در دستگاه فریزدرایر خشک و به‌صورت پودر درآمده و پس از صابونی شدن، توسط ان-هگزان استخراج صورت پذیرفت و در نهایت با تزریق به دستگاه HPLC و تهیه ستون کروماتوگرافی به لحاظ کمی و کیفی شناسایی شدند (Simko and Kenzo, 1992, Silva et al., 2011).

نتایج تمامی آزمون‌هااز میانگین سه تکرار به‌دست آمد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با آنالیزواریانس یک‌طرفه وبا استفاده از برنامه نرم‌افزار SPSS for Windows, 11.05انجام و برای تعیین اختلاف معنادار بین داده‌ها، از آزمون جداساز توکیدر سطح اطمینان ۹۵درصد(p<۰/۰۵)استفاده گردید.آزمون همگن بودن داده‌ها توسط کولموگراف – اسمیرنوف انجام شد و طبیعی بودن داده‌ها بررسی گردید. با استفاده از رابطه رگرسیون خطی، همبستگی تولید PAHs با ترکیبات چربی بافت محصول محاسبه و نمودارها با استفاده از برنامه نرم‌افزارExcel(نسخه ۲۰۱۰) ترسیم شد.

نتایج

ترکیب بیوشیمیایی

اثرهایفرایند دودی کردن بر ارزش غذایی و ترکیبات بیوشیمیایی بافت ماهی کپوردر جدول۱نشان داده شده استکه مطابق آن،براساس وزن تر، پروتئین و چربی نمونه تازه تحت فرایند دودی کردن افزایش یافت، به‌طوریکه پروتئین از ۲۰/۰۲ درصد به ۴۳/۸۹ و ۴۳/۱۴ درصد رسید (p<۰/۰۵). محتوای چربی بافت ماهی تازه نیز از ۲/۶۳ به‌ترتیب به ۴/۱۸ و ۴/۱۴ درصد در نمونه‌های دودی و یکماه پس از دودی کردن رسید (p<۰/۰۵). باوجوداین‌که میزان خاکستر محصولات در اثر فرایند بدون تغییر ماند (p>۰/۰۵)، اما رطوبت روند کاهشی نشان داد و از ۷۴/۲۰ درصد در ماهی تازه به ۴۸/۸۰ و ۴۹/۴۹ درصد در نمونه‌های دودی شده رسید (p<۰/۰۵).

جدول ۱تغییرات ترکیب شیمیایی ماهی کپور طی دودی کردن و نگهداری (درصد)

نمونه کپور	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر
نمونه تازه	۲۰/۰۲^{b}± ۰/۱۵	۲/۶۳^{b}± ۰/۰۵	۷۴/۲^{a}± ۰/۵۵	۲ /۱۵^{a}± ۰/۰۳
دودی سرد	۴۳/۸۹^{a}± ۰/۰۵	۴/۱۸^{a}± ۰/۰۵	۴۸/۸۰^{b}± ۰/۱۱	۲/۳۱^{a}± ۰/۰۶
دودی سرد ۳۰ روزه	۴۳/۱۴^{a}± ۰/۲۷	۴/۱۴^{a}± ۰/۰۵	۴۹/۴۹^{b}±۰/۳۸	۲/۲۶^{a}± ۰/۰۸

تفاوت حروف در هر ستون نشانگر اختلاف معنادار در میانگین‌هااست (p<۰/۰۵).

تغییرات جمعیت میکروبی

مطابق جدول ۲، میزان شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

در ماهی تازه و دودی و نمونه ۳۰ روز نگهداری شده به‌ترتیب برابر با $٤/٦\times١٠^{٣}$، $٢/٨\times١٠^{٣}$ و $٦/٨\times١٠^{٥}$ Log cfu/g بوده است($p<٠/٠٥$)[1].نتایج نشان دادبه محض دودی کردن، تعداد باکتری‌های ماهی کاهش و با نگهداری آن طی ۳۰ روز میزان آن مجدد افزایش پیدا کرد. از لحاظ شمارش کپک و مخمرها، ماهی تازه با $٢/٢\times١٠^{٢}$ Log cfu/g کمترین میزان کپک را در بین تیمارها داشتهاست. ماهی دودی شده و دودی نگهداری شده به‌ترتیب دارای $٤/٣\times١٠^{٢}$ و $٤/٤\times١٠^{٤}$ Log cfu/g بوده‌اند. طی فرایند دودی کردن سرد نه تنها میزان کپک‌ها کمتر نشده، بلکه تعداد کپک‌ها افزایش یافته است ($p<٠/٠٥$).

جدول ۲تغییرات بار میکروبی ماهی کپور طی دودی کردن و نگهداری(Log cfu/g)

نمونه کپور	شمارش TC	شمارش کپک
نمونه تازه	$٤/٦\times١٠^{٣}\pm ٠/٢٥^{b}$	$٢/٢\times١٠^{٢}\pm ٠/١٠^{c}$
دودی تازه	$٢/٨\times١٠^{٣}\pm ٠/٢٢^{c}$	$\pm ٠/١٢^{b}$ $٤/٣\times١٠^{٢}$
دودی ۳۰روزه	$٦/٨\times١٠^{٥}\pm ١/٢٣^{a}$	$٤/٤\times١٠^{٤}\pm ٠/٢٦^{a}$

تفاوت حروف در هر ستون نشانگر اختلاف معنادار در میانگین‌هااست ($p<٠/٠٥$).

تغییرات شاخص‌های کیفی

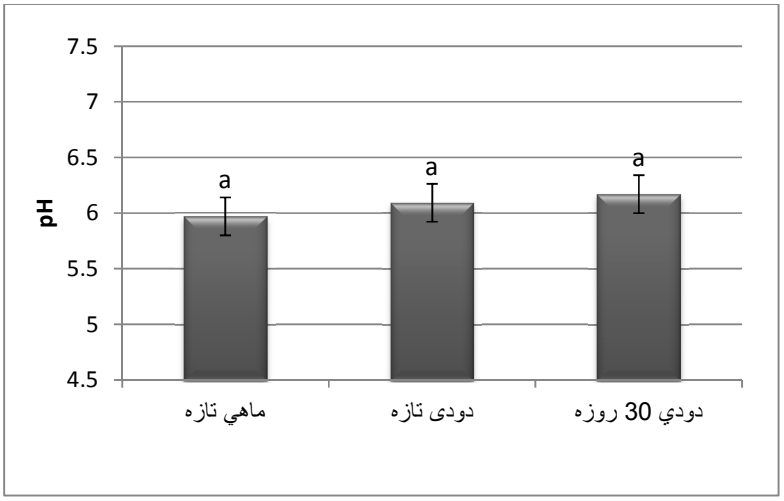
مطابق شکل ۱، مقادیرpH ماهی تازه و دودی شده و نگهداری شده به‌ترتیب ٦/٠٢، ٦/٠٩ و ٦/١٧ تعیین شده است که باوجود افزایش محسوس، تغییر معناداری نشان نداد ($p>٠/٠٥$)که بیانگر بی‌تأثیر بودن فرایند دودی کردن و نگهداری کوتاه مدت ماهی دودی شده بر میزان pH ماهی بود.

همچنیندودی کردن ماهی باعث افزایش شاخص TVB-Nگردید (شکل ۲)؛به‌صورتی که ماهی تازه با ۱۰/۸۷ mg/100gنسبت به ماهی دودی تازه(با ۱٤/۰۱ mg/100g) و ۳۰ روز پس از دودی شدن (با ۱۸/۱۰ mg/100g)، کمترین میزان را دارا بود($p<٠/٠٥$).

۱. لگاریتم تعداد کلونی در هر گرم

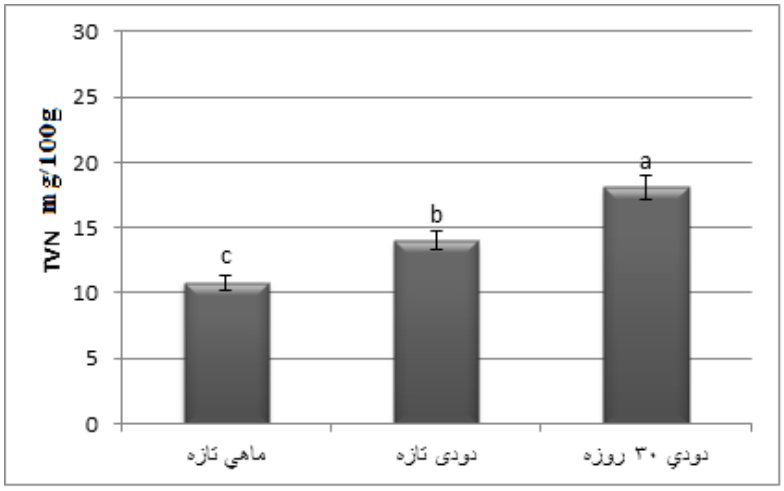
[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]



شکل ۱ تغییرات میزان pH ماهی کپور طی دودی کردن و نگهداری

اختلاف معناداری بین میانگین‌ها در ستون‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵).



شکل ۲ تغییرات درصد TVB-N ماهی کپور طی دودی کردن و نگهداری

تفاوت حروف بینستون‌هانشانگر اختلاف معنادار در میانگین‌هااست (p<۰/۰۵).

ترکیب و پروفایل اسیدهای چرب

آنالیز پروفایل اسیدهای چرب ماهی تازه، ماهی دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روز، در جدول ۳ نشان داده شدهاست. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمام نمونه‌ها اسید اولئیک(C18:1)به‌ترتیب با مقادیر۳۸/۳، ۳۸/٦ و ۳۸/۵ g/100g، اسید چرب غالببوده و پس از آن اسید پالمتیک(C16:0)به‌ترتیب ۱۷/۱۳، ۱۷/۱۹ و ۱۷/۱۵ g/100gدر رتبه دوم قرار دارد. بین اسیدهای چرب

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

شناخته شده تمامی محصولات بررسی شده هیچ‌گونه اختلاف معناداری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). همچنین مطابق جدول ٤، ترکیب سری‌های اسیدهای چرب محصولات تازه و دودی شده ماهی کپور حاکی از آن است که تغییرات معناداری تحت تأثیر فرایند دودی کردن سرد و نگهداری کوتاه مدت آن رخ نمی‌دهد (p>۰/۰۵)، بلکه موجب حفظ اسیدهای چرب با ارزش فراورده به‌ویژه سری امگا-۳ (ω-3) و امگا-٦ (ω-6) می‌شود. مجموع اسیدهای چرب امگا-۳ ماهیان تازه، ماهی دودی و دودی نگهداری شده طی ۳۰ روز به‌ترتیبا مقادیر ۵/۳۸، ۵/۵۳ و ۵/٤۷ گرم در صد گرم بودند. ازسویدیگر، میزان دو اسید چرب غیراشباع چندگانه (EPA[1] و DHA[2]) نیز طی فرایند دودی کردن و نگهداری تغییر مشخصی نکرده است؛ بدین صورت که میزان EPA در ماهی تازه برابر با ۲/۲۱ g/100g و در ماهی دودی و نگهداری شده ۲/۲۸ و ۲/۲٦ g/100g بوده است. همچنین میزان DHA ماهی تازه، ماهی دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روز به‌ترتیب ۲/٤۵، ۲/٤۸ و ۲/٤٦ g/100g بوده است. شاخص چندغیراشباعی یا پلی ئن[3](DHA+EPA/C16)در تمام نمونه‌ها برابر ۰/۲۷ باقی ماند و اسیدهای چرب غیراشباع نیز حدود ۱/۹ تا ۲ برابر اسیدهای چرب اشباع محاسبه شد.

۱. یکوزاپنتانوئیک اسید

۲. دوکوزاپنتانوئیک اسید

3. Polyen Index

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

جدول ۳ آنالیز پروفایل اسیدهای چرب ماهی تازه، دودی شده و دودی ۳۰ روز نگهداری شده(g/100g)

نام اسید چرب	نوع اسید چرب	نمونه تازه	دودی تازه	دودی ۳۰ روزه
میرستیک	C14:0	۲/۵۵±۰/۰۳	۲/۵۹±۰/۰۲	۲/۵۷±۰/۰۱
پالمیتیک	C16:0	۱۷/۱۳±۰/۱۹	۱۷/۱۹±۰/۲۱	۱۷/۱۵±۰/۱۲
استئاریک	C18:0	٦/۰٤±۰/۰۵	٦/۰۹±۰/۱۲	٦/۰۷±۰/۱۰
اولئیک	C18:1	۳۸/۳۰±۱/۰۵	۳۸/٦۰±۲/۲۵	۳۸/۵۱±۰/٤۵
لینولئیک	C18:2 ω-6	۳/۲۲±۰/۲٤	۳/۲۷±۰/۱۵	۳/۲٤±۰/۱۲
آلفا لینولنیک	C18:3 ω-3	۰/۷۲±۰/۰۲	۰/۷۷±۰/۰٤	۰/۷۵±۰/۰۳
آراشیدیک	C20:0	۰/۱۱±۰/۰۲	۰/۱۷±۰/۰۳	۰/۱٤±۰/۰٦
گادولئیک	C20:1	۱/٦۵±۰/۰۱	۱/٦٤±۰/۰۲	۱/٦۲۵±۰/۰۱
ایکوزا دی‌انوئیک	C20:2	۰/۳۱±۰/۰۵	۰/۳۵±۰/۰۹	۰/۳۳±۰/۱۱
ایکوزا تری‌انوئیک	C20:3	۰/۸۱±۰/۰۵	۰/۸۷±۰/۰٤	۰/۸۵±۰/۱۲
ایکوزپنتانوئیک	C20:5 ω-3	۲/۲۱±۰/۰٦	۲/۲۸±۰/۱٤	۲/۲٦±۰/۵۵
ستولئیک	C22:1	۱/٤۹±۰/۵۰	۱/۵٤±۰/۰۵	۱/۵۲±۰/۳۱
دیکوزاپنتانوئیک	C22:5	۰/۵۷±۰/۰۲	۰/۵۹±۰/۱۱	۰/۵٤±۰/۱۵
دوکوزاهگزانوئیک	C22:6 ω-3	۲/٤۵±۰/۱٦	۲/٤۸±۰/۸۵	۲/٤٦±۰/۳۳

اختلاف معناداری بین میانگین‌ها در ردیف‌ها مشاهده نشد($p>0.05$).

جدول ٤ درصد ترکیب گروه‌های اسید چرب ماهی تازه، دودی شده و دودی شده ۳۰ روز نگهداری شده

اسید چرب	تیمار		
	ماهی تازه	تازه دودی شده	دودی شده ۳۰ روز نگهداری شده
مجموع اشباع(SFA)	۲۵/۸۳	۲۷/۵۱	۲۵/۹۳
مجموع تک غیراشباع(MUFA)	٤۱/٤٤	٤۱/۷۸	٤۱/٦٤
مجموع غیراشباع(UFA)	۵۱/۷۳	۵۲/۳۹	۵۲/۰۷
مجموع چند غیراشباع[1](PUFA)	۱۰/۲۹	۱۰/٦۱	۱۰/٤۳
نسبت چند غیراشباع به اشباع(PUFA/SFA)	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/٤۰
نسبت غیراشباع به اشباع(UFA/SFA)	۲/۰۰	۱/۹۰	۲/۰۰
مجموع امگا-۳(ω-3)	۵/۳۸	۵/۵۳	۵/٤۷
مجموع امگا-٦(ω-6)	۳/۲۲	۳/۲۷	۳/۲٤
مجموعEPA+DHA	٤/٦٦	٤/۷٦	٤/۷۲
نسبت امگا-۳ به امگا-٦(ω-3/ω-6)	۱/٦۷	۱/٦۹	۱/٦۸
شاخص پلی ان:DHA+EPA / C16	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

*اختلاف معناداری بین میانگین‌ها درردیف‌ها مشاهده نشد($p>0.05$).

۱. شامل گروه دی‌ئن‌ها (دو پیوند دوگانه) نیز است.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

تولید هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک

میزان هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک ماهی تازه کپور، تازه دودی شده و دودی نگهداری شده طی ۳۰ روز، در جدول ۵ آورده شده است. مجموع ترکیبات PAHs در محصولات فوق به‌ترتیبرابر با حداکثر۰/۲۰؛ ۲/۱۰ و ۳/۲۰ میکروگرم در کیلوگرم است (p<۰/۰۵).میزانی از هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک بنزوپیرن[1] در ماهی تازه مشاهده نشده است، ولی این میزان در ماهی دودی شده ۰/٤۰ میکروگرم در کیلوگرم و در ماهی دودی ۳۰ روزه به ۰/۳ میکروگرم در کیلوگرم رسید(p<۰/۰۵) که تولید بنزوپیرن طی فرایند دودی کردن ماهی را نشان می‌دهد. تولید هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک سیکلوپنتاپیرن[2] نیز نتایج دقیقاً مشابه با بنزوپیرن بوده است و مقادیر آن در ماهیان تازه، دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روزبه‌ترتیب صفر، ۰/٤۰ و ۰/۳۰ میکروگرم در کیلوگرم می‌باشد(p<۰/۰۵). در ماهی تازه میزان هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک کرایزن[3]، ۰/۱۰ تعیین شده است که طی فرایند دودی کردن سرد و نگهداری ماهی دودی شده طی ۳۰ روز، این میزان به ۰/٤۰ میکروگرم در کیلوگرم رسیده است(p<۰/۰۵). اما بنزوآنتراسن[4]هیدروکربن مهم دیگری است که طی فرایند دودی کردن از حداکثر ۰/۱۰ به ۰/۵۰ میکروگرم در کیلوگرم افزایش یافته،اماپس از۳۰ روز نگهداری محصول میزان آنبه حداکثر ۰/۳ میکروگرم در کیلوگرم کاهش پیدا کرده است(p<۰/۰۵).

در این مطالعه میزان PAH_4 (گروهی چهارگانه با وزن مولکولی بالا یا HMW[5] شامل بنزوپیرن، بنزوآنتراسن، کرایسن و بنزوفلورانتن[6]) برای ماهی تازه، ماهی دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روز به‌ترتیب برابر با ۰/۲۰، ۱/۷۰ و ۱/۳۰ میکروگرم در کیلوگرم براورد شده است (شکل ۳).

همچنین رابطه همبستگی بالای R^2=0.94 برای رابطه خطی (Y= 0.2.28 X - 117.78) بین اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) و هیدروکربن‌های PAHs (شکل ٤) و رابطه همبستگی بالایی با R^2=0.97 برای رابطه خطی (Y=10.17X – 54.49) بین اسیدهای چرب امگا-۳ (ω-3) و هیدروکربن‌های PAHs مشاهده شد (شکل ۵).

1. Benzo[a]pyrene
2. Cyclopentapyrene
3. Chrysene
4. Benzo[a]anthracene
5. High Molecular Weight
6. Benzo(b)fluoranthene

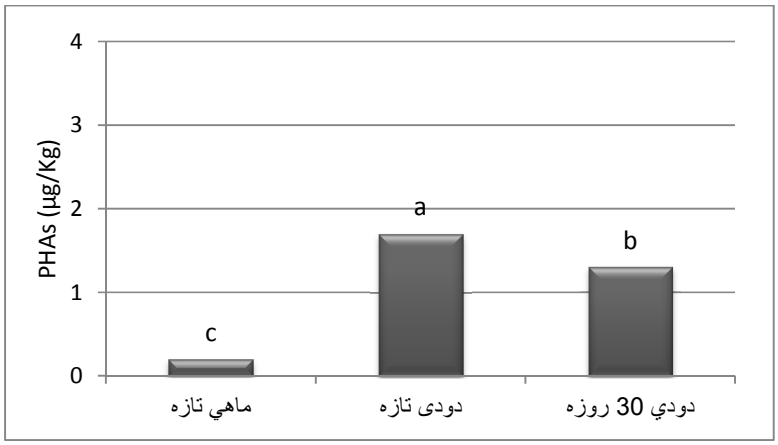
[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

جدول۵ سنجش میزان هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک در ماهی تازه، ماهی دودی و ۳۰ روز نگهداری شده(برحسب میکروگرم بر کیلوگرم)

هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک کپور	مخفف	نمونه تازه	دودی تازه	دودی بعد از ۳۰ روز
Benzo[a]pyrene	bap	Nd	<۰/٤۰^{a}	<۰/۳۰^{b}
Cyclopentapyrene	cpp	Nd	<۰/٤۰^{a}	<۰/۳۰^{b}
chrysene	chr	<۰/۱۰^{b}	<۰/٤۰^{a}	<۰/٤۰^{a}
5-methylchrysene	5mc	Nd	nd	nd
Benzo[b]fluoranthene	bbf	Nd	<۰/٤۰^{a}	<۰/۳۰^{b}
Benzo[k]fluroanthene	bkf	Nd	nd	nd
Benzo[g]fluroanthene	bgf	Nd	nd	nd
Ideno[cd]pyrene	icp	Nd	nd	nd
Dibenzo[ah]anthracene	dha	Nd	nd	nd
Dibenzo[ghi]pyrene	bgp	Nd	nd	nd
Dibenzo[ae]pyrene	dep	Nd	nd	nd
Dibenzo[ai]pyrene	Dip	Nd	nd	nd
Dibenzo[ah]pyrene	dhp	Nd	nd	nd
Benzo[a]anthracene	baa	<۰/۱۰^{c}	<۰/۵۰^{a}	<۰/۳۰^{b}

nd بیانگر عدم شناسایی یا عدم حضور و تفاوت حروف نشانگر اختلاف معناداردر هرردیفاست (p<۰/۰۵).

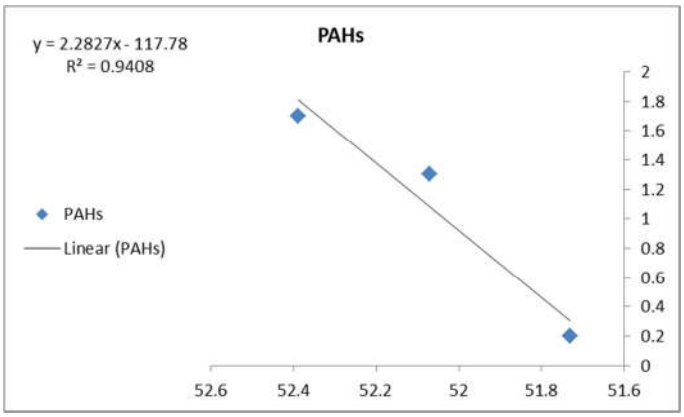


شکل ۳ تغییرات میزان PHAs با وزن مولکولی بالا HMWماهی کپور طی دودی کردن و نگهداری

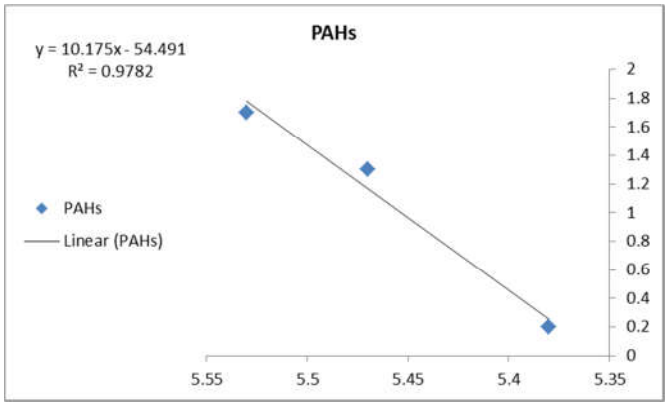
تفاوت حروف بین ستون‌ها نشانگر اختلاف معنادار در میانگین‌ها است (p<۰/۰۵).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]



شکل ٤رابطه همبستگی بین اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) و PAHs در ماهیان دودی کپور



شکل ٥ رابطه همبستگی بین اسیدهای چرب امگا-۳ (ω-3) و PAHs در ماهیان دودی کپور

بحث

تغییرات ترکیب بیوشیمیایی

نتایج نشان داد پروتئین و چربی ماهی تازه طی فرایند دودی کردن سرد افزایش و برعکس رطوبت آن کاهش می‌یابد. دودی کردن فرایندی حرارتی است و طی آن و نیز طی نگهداری،محصولرطوبتخود را از دست داده و تا حدودی خشک می‌شودو موجب افزایش ماده خشک محصول می‌گردد.چنانچه Rezaei و همکاران (2014) پیرامون ماهیان دودی سفید، کفال طلایی و کپور نقره‌ای، Khoddami (2013) دربارهٔ دودی کردن ماهی آمور و نیز Burt (1998) در خصوص خشک کردن حرارتی انواع ماهیان و همچنین Besharati (2004) هنگام دودی کردن قزل‌آلای رنگین‌کمان به این امر اشاره کردند. همچنین گزارش شده که در نوعی سوزن‌ماهی دریایی فرایند خشک‌کردن در ۵۰ درجه سانتی‌گرادبه‌مدت ٤٠ دقیقه که از لحاظ حرارتی نوعی روش بینابین است، موجب کاهش ۱۱ درصدی رطوبت و افزایش ٤/٥ درصدی پروتئین و ۲ درصدی چربی و البته افزایش ۱/٥ درصدی خاکستر نیز شده بود (Koral et al.,2009).

پژوهش حاضر نشان داد که فرایند حرارتی دودی

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

کردن سرد با ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۲٤ ساعت، مقادیر پروتئین و چربی را به‌ترتیب تا ۲۳ و ۲ درصد افزایش می‌دهد و موجب کاهش تا ۳۵ درصدی رطوبت می‌گردد. در سایر روش‌های حرارت‌دهی به ماهی همانند پخت با آون و حتی بخارپز کردن نیز کاهش ۲۰ تا ۲۵ درصدی رطوبت گزارش شد(Ghauomi Jooyani et al., 2011). در عین حال محتوای خاکستر محصول در این تحولات تغییری نکرد و بیانگر تثبیت آن حین عمل‌آوری بود.

همانند پژوهش حاضر سایر سوابق نیز نشان داده است که خشک‌سازی ماهی اثرهای مثبتی بر روی کیفیت آن دارد وموجب افزایش پارامترهای مغذی می‌شود-Kumolu) Johnson et al.,2012, Olayemi, et al., 2011).

تغییرات جمعیت میکروبی

نتایج این پژوهش مشخص کرد با دودی کردن ماهی، جمعیت باکتری‌ها کاهش می‌یابد اما در دوره نگهداریدر شرایط یخچالمیزان آن مجدد افزایش پیدا می‌کند. بنابراین درابتدافرایند دودی کردن رشد باکتری‌های عامل فساد را کاهش می‌دهد و باعث افزایش ماندگاری ماهی می‌شود. از سوی دیگر، شمارش کپک و مخمر حاکی از افزایش تعداد در زمان دودی سرد و نیز دوران نگهداری است. این موضوع بیانگر عدم توقف رشد قارچ‌ها طی فرایند دودی کردن سرد است.

حد مجاز تعداد باکتری در ماهی دودی شده 10^6 واحد کلنیتشکیل شده در گرم و یا ٦ Log cfu/gاست(Hedayatifard, 2003)و نتایج بیانگر حفظ کیفیت محصول حینفرایند و نیز نگهداری آن بوده است،اما با توجه به رشد پیوسته کپک و مخمر به نظر، پیشنهاد استفاده از بسته‌بندی و یا کاهش دمای نگهداری پس از دودی کردن منطقی به نظرمی‌رسد.نتایجنشان داد افزودن نمک هنگام تولید محصول و اعمال فرایند حرارتی موجب کنترل رشد میکروارگانیزم‌ها می‌شود. در این پژوهش بالاترین شمارش کلی باکتری‌ها $10^5 \times$ ٦/٨LogCFU/gو بالاترین رشد کپک و مخمر $10^4 \times$ ٤/٤ واحد در گرم بود و دوره نگهداری قابل قبول ارزیابی گردید که با تحقیقات روی ماهی ساردین دودی از سوی Nyarko وهمکاران (2011) مطابقت دارد. همچنین از یکسو گزارش‌ها از این حکایت دارند که ترکیباتی مثل هیدروژن، اسیدها، کربونیل و آلدهیدها و مشتقات آنها در فرایند تولید دود به‌وجود می‌آیند که موجب میکروب‌کشی دود می‌شوند (Sikorski et al.,1998, Silva et al., 2011) و از سویدیگر، عناصر فنولیک موجود در دود می‌توانند مانع رشد میکروارگانیزم‌ها شوند (Olayemi et al., 2011). درپژوهش حاضر استفاده از فرایند دودی سرد در دو مرحله بدون دود با هوای گرم ۳۵ درجه سانتی‌گراد و مرحله عبور دود با درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در زمان به نسبت کوتاه انجام شد. شرایط حرارتی مذکور دمای معتدلی در مباحث میکروبی می‌باشد و ممانعت چندانی از رشد میکروارگانیزم‌ها به‌ویژه مجموع کپک و مخمر نمی‌کند.از سوی دیگر مدت زمان دودی کردن نیز در این روش کوتاه است و اثر بازدارندگی نیز دربارهٔ نفوذ ترکیبات موجود در دود به بافت ماهی می‌باشد.بنابر نتایج، کپک و مخمر نسبت به باکتری‌های موجود در ماهی از مقاومت بیشتری در برابرفرایند دودی کردن سرد برخوردارند.

تغییر شاخص‌های شیمیایی کیفیت

میزان pH، طی فرایند دودی کردن به میزان کم و غیرمعناداری افزایش یافت و از ۵/۹٦ در نمونه تازه به ٦/۱۳ در نمونه دودی و طی نگهداری ماهی دودی شده نیز به ٦/۲۱ رسید ($p>0/05$). باوجوداین‌که افزایش جزئی pHبه‌دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌ها و هیدرولیز اسیدهای

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

چرب ماهیگزارش شده است(Hassan, 1998)، ولی همان گونه که مشاهده شد نوسان pH در مطالعه کنونی کاملاً کنترل شد، بنابراین به‌عنوان یک عامل مطلق برای اندازه‌گیری فساد پیشنهاد نمی‌شود،زیرااین فاکتور تحت تأثیر سایر عوامل شیمیایی، میکروبی و حسی قرار دارد(Ersoy et al., 2008).

میزان ازت‌های تام فرار طی فرایند دودی کردن و نیز دوره نگهداری محصول دودی شده افزایش یافته است و از ۱۰/۷۸ به ۱٤/۰۱ در ماهی دودی و ۱۸/۱۰ mg/100g در روز سی‌ام رسید که باتوجه به تعیین محدوده مصرف مناسب ۳۰ تا ۳۵ mg/100g برای مصرف نهایی محصولات عمل‌آوری شده (Hedayatifard, 2003, Ludroff and Meyer, 1973)، در محدوده قابل مصرف قرار داشت. این درحالی است که Besharati (2004) اعلان کرد ماهیان قزل‌آلا که به روش سرد دودی شدند، دو هفته پس از تولید دارای TVB-N بالاتر از حد مجاز و به مرز ٤٥/۳٦ mg/100g رسیدند.Koral و همکارانش (2009)زمان مصرف سوزن‌ماهی دودی شده به روش گرم را فقط یک هفته اعلان کردند؛ با این توضیح که ماهی مذکور در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گرادبه‌مدت ٤۰ دقیقه دودی و در دمای محیطی ۱۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شد، ولی نمونه‌هایی که در یخچال و ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری می شدند تا روز ۲۵ از لحاظ TVB-Nپذیرفتنی بودند. ماهیان عمل‌آوری شده با روش دودی سرد به‌دلیل دمای پایین‌تر در تولید از ماندگاری کمتری نسبت به محصولات دودی گرم برخوردار می‌باشند،زیرا مواد نگهدارنده کمتری در بافت آنها تشکیل و تجمع می‌یابد.

تغییر ترکیب و پروفایل اسیدهای چرب

همان‌گونه که گفته شد،فرایند دودی کردن سرد و نگهداری ۳۰ روزه ماهیان دودی شده علاوه براین‌کهبر میزان اسید چرب ماهی تأثیری ندارد، بلکه موجب حفظ ترکیب اسیدهای چرب مفید ماهی از قبیل امگا-۳ و امگا-٦ می‌شود. از جمله دو اسید چرب غیراشباع چندگانه مفید ماهی EPA و DHAبه‌خوبی محفوظ مانده، همچنین مجموع اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)، مجموع غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA)، نسبت غیراشباعیت و شاخص پلی‌ئن نیز طی فرایند دودی کردن و نگهداری، تغییر مشخصی نکرده‌اند. دلیل عدم تغییر ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند ناشی از زمان کوتاه و درجه حرارت پایین در فرایندددودی کردن سرد باشد.تشکیل لایه ضخیم جلدی در محصولات دودی شده و حضور ترکیبات ضداکسایش در آن، از نفوذ اکسیژن و تخریب اسیدهای چرب جلوگیری می‌کند. اگرچه اسیدهای چرب بافت محصولات دریایی دودی اندازه‌گیری (Rezaei et al., 2014؛Khoddami, 2013) و یا شاخص‌های فساد چربی آن بررسی شده است (Olayemi et al.,2011;Koral et al., 2009; Hassan, 1998)، اما گزارشی از تأثیر این فرایند بر روی ترکیب و سری اسیدهای چرب محصول دودی ارائه نشده است.

با این حال میزان اسیدهای چرب امگا-۳ در ماهی کپور دودی شده ۵/۵۳ g/100g براورد گردید که در محدوده ماهیان آمور با ۷/۱۸ (Khoddami, 2013) و سفید با ۸/۷٤ (Rezaeiو همکاران، 2014) و کمتر از امگا-۳ ماهیان کفال طلایی با ۱۱/۱۸ و کپور نقره‌ای با ۱۵/۷۹ g/100g (Rezaeiو همکاران، 2014) بوده است که همگی در شرایط تازه دودی شده قرار داشتند و همچنین اولئیک اسید نیز همانند گونه‌های مذکور اسید چرب غالب بود. نوع فرایند دودی کردن و تفاوت در درجه حرارت هنگام عمل‌آوری محصول در دودخانه و همچنین تفاوت در بافت چربی ماهیان مطالعه شده می‌تواند بر روی اسیدهای

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

چرب ماهیان مؤثر باشد. مطالعه کنونی همچنین موافق نتایج ارائه شده در گزارشSteiner-Asiedu و همکاران(1991) است که اعلان کردند در سه ماهی دودی شده ساردین، سیم و تیلاپیا، مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع هنگام فرایند دودی کردن و پختن بدون تغییر می‌ماند؛ البته همین محققان فرایند حرارتی سرخ کردن را کاملاً مؤثر دانسته‌اند.

تغییرات هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک

میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع(UFA) در ماهیان دودی یکی از عوامل افزایش میزان PAHs در بافت ماهیان دودی می‌باشند(Silva et al., 2011). از آن جایی‌که PAHs ترکیباتی چربی‌دوست[1] می‌باشند(Ershad-Langroudi, 2004)، بنابراین افزایش میزان اسیدهای چرب در بافت ماهیان موجب جذب بیشتر این ترکیبات در حین دوددهی می‌شوند.

Rezaeiو همکاران (2014) این فرضیه را ثابت کرده‌اند کهبین تولید هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک یا PAHs و چکیدن چربی ذوب شده از گوشت حرارت دیده بر روی سطح داغ دودخانه رابطه‌ایوجود دارد که مورد تجزیه حرارتی قرار گرفته و به تولید PAHs می‌انجامد. آنان همچنین اعلان نمودند با افزایش حجم دود، در نهایت ترکیبات چرب روی سطح ماهی در حال دودی شدن ته‌نشین می‌شود و موجب به وجود آمدن PAHs، از طریق تجزیه گرمایی یا پلیمریزاسیون می‌گردد. بنابراین هرچه مقدار چربی بالاتر باشد مقدار PAHsنیز بیشتر خواهد بود؛ مطلبی که پیش از این از سوی(2005) Chen and Chenنیز گزارش شده بود. در این مطالعه میزان گروه چهارتایی پلی هیدروکربن‌های سنگین یا PAH_4 و با وزن مولکولی بالا(HMW)برای ماهی تازه، ماهی دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روز به‌ترتیب برابر با ۰/۲۰، ۱/۷۰ و ۱/۳۰ میکروگرم در کیلوگرم بود که از حد مجاز تعیین شده از سوی اتحادیه اروپا برای مجموعاین ترکیبات در بافت ماهی دودی (۳۰ میکروگرم در کیلوگرم) بسیار کمتر بود(OJEU, 2011).

بیشترPAHsسرطان‌زا، در گروه وزن مولکولی بالا قرار می‌گیرند. در پژوهش حاضر بالاترین غلظت HMW در ماهی کپور تازه دودی شده به‌دست آمد و با یک تغییر معنادار($p<0/05$) میزان آن، اگرچه اندک، ولی در طول دوره نگهداری کاهش یافت. نوع روش دودی کردن نیز روی تغلیظ PAHs مؤثر است، به‌طوری که گزارش شد، نمونه‌های دودی شده با ذغال با حرارت ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، دارای کمترین میزان PAHs نسبت به روش هیزم و پوشال بوده است(Silva et al., 2011).

طبق اعلام اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۱، حد مجاز و قابل قبول بنزوپیرن "BaP"در ماهیان دودی که شاخص سرطان‌زایی دود می‌باشد را ۵ میکروگرم در کیلوگرم تعیین کرد(OJEU, 2011). با مقایسه مطالعه کنونی میزان ماده فوق در ماهی دودی و نگهداری شده کپور کمتر از حد مجاز و به‌ترتیب حداکثر ۰/٤۰ و ۰/۳۰ میکروگرم در کیلوگرم بود. این ماده در سایر تحقیقات پیرامون ماهیان دودی نیز کمتر دیده شده است، به‌طوری کهRezaeiو همکاران (2014) درماهیان مورد مطالعه بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰٤ و Khoddami(2013) در ماهی آمور ۰/۰۰۲ میکروگرم در کیلوگرم براورد کردند. برخلاف این نتایج Mihalca و همکاران (2012)از بین پانزده نمونه ماهی دودی مورد مطالعه، میزان BaP را در شش نمونه که همگی توسط دود داغ ناشی از آتش مستقیم دودی شده بودند، بیشتر از میزان مجاز براورد کردند؛ این درحالی است که Ikenna and Asuha (2012)از چهار نمونه ماهی دودی تنها

1. Lipophilic

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

در دو نمونه مقادیر ۰/۰۲۲ و ۰/۰۳۲ میکروگرم در کیلوگرم از این ماده را استخراج نمودند.

همان‌گونه که اشاره شد، افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)در بافت ماهیان موجب جذب بیشتر این ترکیبات در حین دوددهی می‌شود. مطابق شکل‌های ٤ و ٥، روابط همبستگی و ضریب بالای R^2با مقادیر ۰/۹٤ و ۰/۹۷ نشان می‌دهد که بین اسیدهای چرب UFA و نیز امگا-۳ با تولید هیدروکربن های PAHs رابطه مستقیم وجود دارد. این مسئله در تحقیقات Rezaei و همکاران (2014) و نیز Khoddami(2013) نیز دیده شده است با این توضیح که در گزارش این محققان، ارتباط معنادار و مستقیمی بین تولید این مواد و میزان چربی خام ماهیان به‌دست نیامده بود. همچنین احتمال تغییر در PAHs بر اثر روش پخت خانگی و یا مواد افزودنی نیز وجود دارد (Badry, 2010).

بنابر نتایج به‌دست آمده،مقادیر ترکیبات هیدروکربنه چندحلقه‌ای آروماتیک در ماهیانی که به روش سرد دودی شده‌اند در محدوده مجاز مصرف قرار دارند و این کیفیت در طول دوره نگهداری ۳۰ روزه در سردخانه نیز پایدار می‌ماند. از سوی دیگر، با افزایش چربی، به‌ویژه چربی‌های غیراشباع در بافت ماهیان، تولید هیدروکربن-های چندحلقه‌ای آروماتیک طی فرایند دودی سرد افزایش می‌یابد. این درحالی است که ترکیب و پروفایل اسیدهای چرب بافت ماهی نیز در طول فرایند دودی سرد تغییری نمی‌کند.

مطالعه بلند مدت ماهیان دودی در حین نگهداری در درجه حرارت محیط در فصول مختلف و همچنین در شرایط سردخانه‌ای، همانند آنچه در بازار عرضه این محصولات در ایران جریان دارد، می‌تواند دورنمای بهتری از اثرهای تولید، تغییرات و احتمالاً تجمع مواد PAHs در بافت فراورده‌های دودی را نشان دهد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در طول فرایندودی کردن سرد میزان رطوبت کاهش و در نتیجه مقادیر پروتئین و چربی افزایش می‌یابد. با وجود تثبیت نوسان مواد معدنی و pH، میزان TVB-Nروندی افزایشی نشان می‌دهد. جمعیت باکتریایی حین فرایند دودی شدن کاهش یافته و در دوره نگهداری همراه با مجموع کپک و مخمر افزایش می‌یابد. با این حال، مجمع کپک و مخمر نسبت به باکتری‌ها از مقاومت بیشتری در برابرفرایند دودی سرد نشان دادند. بالا بودن اسیدهای چرب غیراشباع و سری امگا-۳، موجب افزایش ترکیبات PAHs در ماهی دودی می‌شود و هیدروکربن‌های آروماتیک HMW ابتدا افزایش و سپس در طی نگهداری یک‌ماهه کاهش می‌یابد. این ترکیبات برای ماهی کپور تازه، ماهی کپور دودی شده و نگهداری شده طی ۳۰ روز به‌ترتیب برابر با ۰/۲۰، ۱/۷۰ و ۱/۳۰ میکروگرم در کیلوگرم است که بسیار پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده از سوی اتحادیه اروپا است. میزان مشخصی ازبنزوپیرن "BaP"در ماهی تازه مشاهده نشده است، ولی در ماهی دودی شده این میزان ۰/٤ و پس از یک‌ماه به ۰/۳ میکروگرم در کیلوگرم رسید. مجموع اسیدهای چربUFA و امگا-۳در حین دودی کردن سرد تغییر نمی‌کنند. همچنین بین اسیدهای چرب UFA و امگا-۳ با تولید ترکیبات PAHsهمبستگی بالایی وجود دارد. در جمع‌بندی کلی، فرایند دودی کردن سرد ماهی کپور،تأثیر مخربی بر سلامت و ارزش غذایی ماهی نمی‌گذارد و خطری دربارهٔ مصرف این فراورده شیلاتی دیده نمی‌شود.

منابع

Ackman, R.G., **1995**. Composition and nutritive value of fish and shellfish lipids. P117-159, In: Ruiter A, *Editor. Fish and fishery products:*

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

FAO, **2014**. The state of world fisheries and aquaculture: Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 243p.

Ghauomi Jooyani, E., Khoshkhoo, Zh., Motallebi, A.A., and Moradi, Y.,2011. The Effect of different Cooking mothods on Fatty acid Composition of Tilapia*Oreochromisniloticus* fillet, *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 20(2): 108-121. (Abstract in English)

Hasegawa, H.,1987. Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products, Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center in collaboration with Japan International Cooperation Agency, 226p.

Hassan, I.M.,1998. Processing of smoked common carp fish and its relation to some chemical, physical and organoleptic properties, *Food Chemistry*, 27(2): 95-106.

Hedayatifard, M., **2003**.Fish and Shrimp Processing Technology, Persia Fishing Industries Company, Tehran. 120 pp. (Abstract in English)

Hedayatifard M., and Yousefian, M., 2007. Investigation of the changes of lipid and fatty acid composition of Sturgeon Acipenser stellatus under cold storing condition.*Fishery Technology*, 44(2): 193-198.

Hedayatifard, M., and Jamali, Z., 2008. Evaluation of omega-3 fatty acids composition in Caspian Sea pike perch (*Sander lucioperca*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(2):235-237.

Hunt, A.O., and Tekelioglu, N.,2008. Effect of dietary lipid sources on the growth and body fatty acid composition of Seabass (*Dicentrarchuslabrax* L. 1758), *Journal of Animal and Veterinary Advances*; 7(8): 915-23.

Ikenna, C.O., and Asuoha, A.N.,2012.Identification and quantitative analysis of carcinogenic pah components in four different species of traditionally smoked fish purchased in portharcourt metropolis, rivers state, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation* 2012; 7(3): 215-9.

ISO, **1999**. Meat and meat products, Measurement of pH, Reference methodNo: ISO 2917.

Jay, J.M.,1990. Modern Food Microbiology, 4th Ed.,Van Nostrand Reinhold Co., New York, 642p.

composition, nutritive properties and stability. Oxfordshire, UK: CAB International; 400p.

AOAC, **2005**.Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Current through Revision,AOAC International Suite 500481, Maryland USA, 20877-2417.

Badry, N., **2010**. Effect of Household Cooking Methods and Some Food Additives on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Formation in Chicken Meat, *World Applied Science Journal*. 9: 963-974.

Besharati, N., **2004**.Preliminary Observations on Nutritional and Microbiological Changes of Hot and Cold Smoked Trout (*Oncorhynchus mykiss)*, Final Project Report, UNU Fisheries Training Program United Nation University, Reykjavik, Iceland, 51 p.

Bligh, E.G., and Dyer, W.J., **1959**. A rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology;* 37(8): 911-917.

Bolaji, B.O., 2005. Performance evaluation of a simple dryer for food preservation. Proceedings of the 6 th Annual Engineering Conference Federal University of Technology; 2005 Jun 15-17; Minna, Nigeria.

Burt, J.R.,1988. Fish smoking and drying, Philadelphia, PA: Elsevier Applied Science, xii, 166 p.

Chen, J., and Chen, S.,2005. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat, *Food Chemistry*, 90(3): 461-469.

Doe, P.E., Sikorski, Z., Haard, N., Olley, J., and San Pan, B.,1998. Basic Principles, P: 13-45, In: Doe, P.E., (Ed.): *Fish Drying and Smoking: Production and Quality*. CRC Press, Technomic Publishing, 250p.

Ershad-Langroudi, H., **2004**. Evaluation and comparison of shelf-life of PAHs compounds and their relation whit lipid content in Caspian Sea smoked fish: silver carp, kutum and stone fish, PhD Thesis, Tehran, Iran: Islamic Azad University, Sciences Research Branch; 127p. (Abstract in English)

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

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

Olayemi, F.F., Adedayo, M.R., Bamishaiye, E.I., and Awagu, E.F.,2011. Proximate composition of catfish (*Clariasgariepinus*) smoked in Nigerian stored products research institute (NSPRI): *Developed kiln. International Journal of Fisheriesand Aquaculture*; 3(5): 96-8.

Palm, L.M., Carboo, D., Yeboah, P.O., Quasie, W.J., Gorleku, M.A., and Darko, A., **2011**. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (Pahs) present in smoked fish from Ghana, *Advance Journal of Food Science & Technology*, 3(5): 332-338.

Rezaei, K., Hedayatifard, M., and Fattahi, E.,2014.Identification and extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from smoked fish and their Effects on the quality, microbial, and fatty acid indexes, *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*; 23(108): 109-21 (Abstract in English)

Roszko, M., Szterk, A., Szymczyk, K., and Waszkiewicz- Robak, B., **2012**. PAHs, PCBs, PBDEs and Pesticides in Cold-Pressed Vegetable Oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(3):389- 400.

Samanta, S.K., Singh, O.V., and Jain, R.K., **2002**. Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation. *Trends in Biotechnology*, 20(6):243-8.

Steiner-Asiedu, M., Julshamn, K., and Lie, Q., **1991**. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: Part I Proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. *Food Chemistry,* 40(3): 309-321.

Sikorski, Z.E., Haard, N., Motohiro, T., and Sun Pan, B., **1998**. Quality, P89-115, In: Doe, P.E., (Ed.), *Fish Drying and Smoking: Production and Quality*, CRC Press, Technomic Pub, 250p.

Silva, B., Adetunde, O., Oluseyi, T., Olayinka, K., and Alo, B., **2011**. Effects of the methods of smoking on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in some locally consumed fishes in Nigeria. *African Journal of Food Science*; 5(7): 384-391.

Simko, P., and Knezo, J.,1992. Influence of cooking on benzo(a)pyrene content in frankfurters (short communication). *Nahrung*, 36(2): 208-209.

Khoddami, S.,2013. Comparison Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons of Caspian Sea Golden Mullet (*Lizaaurata*), Caspian Kutum (*Rutilusfrisiikutum*) and Grass Carp (*Ctenopharyngodonidella*), MSc Thesis in Fisheries, Advanced Education Center, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, 126p, (Abstract in English)

Koral, S., Köse, S., and Tufan, B.,2009, Investigating the Quality Changes of Raw and Hot Smoked Garfish (*Belone belone euxini*, Günther, 1866) at Ambient and Refrigerated Temperatures, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 9: 53-58.

Kumolu-Johnson, C.A., Aladetohun, N.F., and Ndimele, P.E., **2010**. The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clariasgariepinus* (Burchell, 1822), *African Journal of Biotechnology*, 9(1): 73-76.

Lin, H., Jiang, J., and Li, D.,2008. Potential hazards in smoke flavored fish. *Journal of Ocean University of China* (English Edition), 7(3):294-8.

Ludroff, W., and Meyer, V.,1973.Fische Und Fischerzeugnisse, Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin, 294p.

Mihalca, G.L., Tita, O., Tita, M., and Mihalca, A.,2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in smoked fish from three smoke-houses in Brasov County, *Journal of Agroalimentary Processes andTechnologies,*17(4): 392-397.

Miler, K.B.M., and Sikorski, Z.E., **1990**.Smoking. P163-180, In: Sikorski, Z.E., (Ed), *Seafood: resources, nutritional composition, and preservation*. NY: CRC Press, 256p.

Nyarko, H.D., Obodai, E.A., Coomson, L.K., Coomson, S.S., and Aniwe, Y., **2011**. Microbial profile of smoked sardine (*Sardilellaaurita*) AT smoking sites and market centres of Tema, Ghana-1, *Archives of Applied Science Research*; 3(3): 443-53.

OJEU, **2011**.*Official Journal of the European Union*, Commission Regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs [Online]. [cited 2011 Aug 20]; Available from: URL: europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.Do?uri=OJ:L: 2011:215: 0004:0008 :EN:PDf/

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

Stolyhwo, **A., and Sikorski, Z.E**., **2005**. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish–a critical review, *Food Chemistry*, 91(2):303-311.

Yean, Y.S., Pruthiarenun, R., Doe,P.E., Motohiro, T., and Gopakumar, K., 1998. Dried and Smoked Fish Products, P47-69, In: *Fish Drying and Smoking: Production and Quality*, Doe, P.E., (Ed), CRC Press, Technomic Publishing, 250p

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]

[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]

Fisheries Science & Technology
TMU
Scientific - Research Journal Vol. 5, No. 3, Autumn 2016

Effect of Cold-Smoking on The Production of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), QualityIndexes, Microbal Community and Omega-3 Fatty acid Profile of Common Carp *Cyprinuscarpio*

Masoud Hedayatifard[1*],PeymanAriaei[2], and Ehsan Hassani-Moghadam[3]

1 Associate Professor, Departmentof Fisheries, College of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, PO Box: 163, Qaemshahr, Iran.
2Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Food Sciences, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3MSc Graduate, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Food Sciences, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Received: 2015.11.01 Accepted: 2016.10.22

*Corresponding author: Hedayati.m@qaemiau.ac.ir

Abstract

The effect of cold-smoking was studied on the production of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), quality indexes, microbial community and omega-3 fatty acid profile of common carp. Thus, the fresh fish was smoked and stored for 30 days at 4°C. The nutritional values of both fresh and smoked products (protein, lipid, moisture and ash), pH and TVB-N indexes, microbial count including TC, molds and yeasts, were determined and polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs, carcinogenic PAH_4 compounds and also fatty acids composition were determined using HPLC and GC, respectively. The results showed that microbial community was well controlled and moisture content decreased during smoking, thus protein and lipid content were increased ($P<0.05$). TVB-N index for fresh fish was 10.87 and increased to 14.01 and 18.10 mg/100 in smoked and 30th days of production, respectively ($P<0.05$). High molecular weight of PAH_4 were evaluated at 0.20, 1.70 and 1.30 µg/kg, respectively ($P<0.05$). No benzo[a]pyrene as a carcinogenic hydrocarbon in fresh fish was found, while it was found during smoking process (0.40 µg/kg) and after 30 days of storing (0.30 µg/kg) ($P<0.05$). The ω-3 fatty acids were determined in a range of 5.38 and raised to 5.53 g/100g in smoked fish and 5.47 g/100g after 30 days, which was insignificant ($P>0.05$).The results also showed that cold-smoking and one month storing at 4°C didn't change the composition of carp fatty acid, and useful series such as ω-3, ω-6, EPA and DHA were well preserved.

Keywords: Benzo[a]Pyrene, Carp, Cold-Smoking, Fatty acid, PAHs

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-02-26]
[DOR: 20.1001.1.23225513.1395.5.3.3.2]