اثر فرآیند خشک کردن حرارتی بر خواص کیفی و حسی ماهی قزل‌الای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

نیلوفر فاروس[۱]، هادی عالمی[۲]*

[۱] گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

[۲] گروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۱

چکیده

در این پژوهش تغییرات ترکیبات بیوشیمیایی، کیفی و حسی ماهی قزل آلای رنگین کمان تحت فرآیند خشک کردن حرارتی مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر ماهی تازه و خشک شده و نگهداری شده تعیین گردید، به منظور بررسی خصوصیات کیفی محصول از آزمون‌های اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد، pH و TBA استفاده گردید ارزیابی حسی به روش هدونیک انجام شد. بر اساس نتایج طی خشک کردن میزان پروتئین از ۱۶/۷۰ به ۲۸/۸۹ درصد و چربی از ۴/۰۱ به ۱۳/۰۹ درصد افزایش یافت. خشک کردن باعث افزایش اسیدهای چرب اشباع و تک غیر اشباع (۴ درصد) و کاهش مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع (۷/۲۶ درصد) گردید. خشک کردن حرارتی تاثیر معنی داری بر کاهش میزان اسیدهای چرب امگا ۳ در ماهی قزل آلای رنگین کمان داشت و میزان آن را از ۱۶/۱ درصد به ۷/۳۷ درصد رساند. کیفیت ماهی طی خشک کردن به طور کلی کاهش یافت و طی نگهداری این کاهش با شدت بیشتری مشاهده گردید. میزان TBA از ۰/۰۳۲ تا ۱/۰۶۵ متغیر بود نتایج نشان داد طی نگهداری میزان TVBN و pH به صورت معنی‌داری افزایش یافت. میزان اسیدهای چرب ازاد گوشت تازه ماهی قزل آلای رنگین کمان ۰/۳۶ درصد بوده است که طی خشک کردن ونگهداری به ترتیب به ۱/۱ و ۱/۵۶ درصد رسید. خصوصیات حسی ماهی نیز در اکثر فاکتورها بجز فاکتور حسی بو ماهی، طی خشک کردن کمی کاهش یافت و طی نگهداری در یخچال این افت ادامه داشت.

واژه‌های کلیدی: *خشک کردن، ترکیبات بیوشیمیایی، خواص کیفی، ماهی قزل آلای رنگین کمان.*

مقدمه

خشک کردن مواد غذایی فرآیند پیچیده‌ای است که غالبا با واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی و تغییر حالت مانند کریستالیزاسیون، شیشه‌ای شدن و چروکیدگی همراه است. انجام صحیح این فرآیند به علت امکان بروز تغییرات نامطلوب در ماده غذایی اهمیت زیادی دارد. برای کاهش آب مواد غذایی زمان طولانی و دمایی نسبتا بالا مورد نیاز است که همین زمان طولانی موجب بروز برخی تغییرات نامطلوب می‌شود که از جمله می‌توان به تغییرات رنگ، طعم، عطر، کاهش مواد مغذی، افزایش وزن مخصوص و کاهش ظرفیت آبگیری مجدد محول خشک شده اشاره کرد (امام جمعه و عسکری، ۱۳۸۳).

بسیاری از آبزیان به خصوص ماهی‌ها نسبت به سایر جانوران سریعتر فاسد می‌شوند؛ بنابراین این محصولات باید به اشکال مختلف فرآوری شده و با بسته‌بندی‌های مناسب به بازار مصرف عرضه شوند. استفاده از روش خشک کردن صنعتی یا مکانیکی و جایگزینی آن به جای روش‌های قدیمی‌تر مانند خشک کردن افتابی این امکان را فراهم می‌سازد که فرآیند در محیطی بسته و تحت کنترل انجام شود و از آلودگی‌های طی فرآیند کاسته شود همچنین درجه

*نویسنده مسئول: alemihadi@yahoo.com

حرارت خشک کن قابل تنظیم است و باعث می‌شود ماهی آسیب کمتری ببیند (Doe، ۱۹۹۸).

Chukwu و Shaba (۲۰۰۹) در طی تحقیقی، تاثیر روش‌های مختلف خشک را بر ترکیبات غذایی گربه ماهی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد روش آون الکتریکی نسبت به روش‌های دیگر، تاثیر مخرب کمتری بر ترکیبات مغذی ماهی گذاشته و باعث زمان ماندگاری بیشتر ماهی می‌شود.

Howgate و Ahmed (۱۹۷۳) تغییرات شیمیایی و باکتریایی بافت ماهی را طی حرارت دادن و خشک کردن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی از دو نوع ماهی کاد از آب‌های معتدل و ماهی چری هیلسا از آب‌های گرمسیر انتخاب شد و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. تغییرات ایجاد شده در پروتئین بافت ماهی، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، pH و اکسیداسیون لیپیدها مورد آزمایش قرار گرفت. در ماهی هیلسا اکسیداسیون لیپیدها شدیدتر بود و طی فرآیند حرارت دادن و خشک کردن، میزان پروتئین‌های میوفیبریلی کاهش یافت. این فرآیند کاهشی برای ماهی کاد با شدت بیشتری نسبت به ماهی هیلسا انجام پذیرفت. در طی حرارت دادن، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها افزایش و طی خشک کردن کاهش یافت. میزان نیتروژن غیرپروتئینی و pH نیز همانند روند شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها دنبال شد. میزان دناتوره شده پروتئین‌ها در فرآیند خشک کردن نیز بیش از مرحله حرارت دادن بافت ماهی بود.

با توجه به مطالعات انجام شده، در این تحقیق سعی شد اثر فرآیند خشک کردن بر ترکیبات بیوشیمیایی، شاخص‌های کیفی و حسی ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان مرد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه آماده‌سازی ماهی و محصول خشک: برای انجام این تحقیق در پاییز ۱۳۹۳ در شهرستان قائمشهر تعداد ۱۲ عدد ماهی خریداری شد. نمونه‌های خریداری شده با طول متوسط ۲۵ سانتی‌متر و وزن متوسط حدود ۹۰۰ گرم تعیین شدند. فیله‌سازی از عضلات پشتی ماهیان با اندازه های ۱۰۰ گرمی و قطر ۳ سانتی‌متر انجام شد. سپس نمونه ماهی‌ها در ظروف مقاوم به حرارت قرار گرفت. سپس جهت رسیدن فعالیت رطوبت به محدوده تعیین شده مجاز، درون تونل خشک‌کن صنعتی قرار داده شد. بعد از گذشت مدت زمان معین هر "فیله – ماهی" به صورت جداگانه با خردکن مکانیکی خرد و مخلوط و به مقدار مورد نظر برای هر آزمایش از آن برداشته شد.

اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر: تعیین درصد رطوبت، بر اساس خشک نمودن ماده غذایی در اثر حرارت ۳±۱۰۳ درجه سانتیگراد آون و به روش غیرمستقیم صورت گرفت. اندازه‌گیری پروتئین با روش ماکروکلدال که شامل ۳ مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون است، انجام شد. در این روش نمونه ماهی را در داخل اسیدسولفوریک و ۲ گرم منیزیم بعنوان کاتالیزور هضم کرده سپس اتم نیتروژن توسط یک واسطه قلیایی ترکیبات آلی نیتروژن دار به سولفات آمونیم تبدیل و سپس در اسید بوریک جذب شده و در انتها مقدار آن تست تیتراسیون با یک اسید تعیین گردید. جهت تعیین میزان خاکستر، در کوره الکتریکی (با دمای۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد) استفاده و روش کار بر مبنای از بین بردن مواد آلی و باقیمانده مواد معدنی انجام پذیرفت. درانتهای کار پس از سرد کردن در دسیکاتور، درصد خاکستر محاسبه شد. همچنین برای اندازه‌گیری چربی از روش سوکسله (با استفاده از حلال و خشک کن الکتریکی) استفاده شد (AOAC، ۲۰۰۵).

اندازه‌گیری اسیدهای چرب: پس از استخراج چربی، متیل استرهای اسیدچرب توسط استری شدن با ۱ درصد اسید سولفوریک در متانول آماده شدند و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌های خوراک و ماهی‌ها توسط گازکروماتوگرافی (USP26-NF21 Supplement- Capillary Gas Chromatography, Column 50m x 0/25 mm) لوله موئینه و ستون ۵۰ متر x ۰/۲۵ میلیمتر و دتکتور یونش شعله‌ای (*FID*) انجام شده، هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. جهت شناسایی و تعیین درصد هر یک از اسیدهای چرب با استفاده از استاندارد و مقایسه زمان بازداری (R T)، با دستگاه گاز کروماتوگرافی انجام گرفت و اسیدهای چرب نمونه های مجهول شناسایی گردید (AOAC، ۲۰۰۵).

تعیین شاخص‌های کیفی

اندازه‌گیری ترکیبات ازته فرار (TVN): به کمک دستگاه کلدال و روش های استاندارد صورت پذیرفت (AOAC، ۲۰۰۵).

اندازه‌گیری اندیس پراکسید (PV): ابتدا مقداری از نمونه چربی موجود در بافت ماهی استخراج و به دقت در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری سر سمباده‌ای وزن نمونه و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسیداستیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه اضافه و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تیتر گردید. میزان پراکسید از رابطه زیر مورد محاسبه قرار گرفت (هدایتی فرد، ۱۳۸۶).

PV = حجم مصرفی × نرمالیته × ۱۰۰ ÷ وزن نمونه روغن

تیوباربیتوریک اسید(TBA): اندازه‌گیری (TBA) به وسیله روش رنگ‌سنجی صورت گرفت و توسط دستگاه اسپکتروفتومتری مقدار جذب (As) در ۵۲۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (هدایتی فرد، ۱۳۸۶):

$$TBA= ((As-Ab) \times ۵۰) \div ۲۰۰$$

اندازه‌گیری pH: به منظور تعیین pH گوشت ماهی، ۱۰ گرم گوشت با مخلوط‌کن به‌صورت خمیر درآمد و در ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر توسط دستگاه هموژنیزاتور با سرعت ۱۰۰۰ rpm هموژنیزه و با وارد کردن الکترود pHمتر در مخلوط حاصله، pH اندازه-گیری شد (هدایتی فرد، ۱۳۸۶).

ارزیابی حسی: ارزیابی خصوصیات حسی بر مبنای مقیاس هدونیک (Five Point Hedonic Scale) در پنج بخش مجزا انجام گردید. نمونه‌های ماهی تازه و خشک شده کدگذاری شدند. سپس پرسشنامه لازم تهیه شد و در اختیار پانلیست آموزش دیده قرار گرفت. ۱۵ نفر از دانشجویان و کارشناسان آزمایشگاه به عنوان پنلیست انتخاب شدند، پانلیست‌ها از نظر رنگ، عطر و بو، بافت و همچنین پذیرش کلی با انتخاب بین گزینه‌های ۹= عالی، ۷= خوب، ۵= متوسط، ۳= بد و ۱= غیرقابل مصرف امتیازدهی نمودند.

نتایج

جدول ۱، ترکیبات بیوشیمیایی گوشت ماهی قزل آلای رنگین تازه و خشک شده **و نگهداری شده بعد از سی روز** را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج میزان رطوبت بافت ماهی قزل آلای رنگین طی فرآیند خشک کردن با حرارت از ۷۶/۱۱ درصد به ۳۹/۳۳ درصد رسیده به عبارتی رطوبت در حدود نیمی از میزان اولیه (ماهی تازه) خود تقلیل یافته است. یکی از فاکتورهای مهم ارزش غذایی ماهی میزان پروتئین آن است. در طی خشک کردن میزان پروتئین افزایش

یافت، به صورتی که میزان پروتئین در بافت تازه ماهی ۱۶/۷۰ درصد تعیین شد و پس از خشک کردن میزان پروتئین به ۲۸/۸۹ درصد رسید. میزان چربی نیز همانند میزان پروتئین طی فرایند خشک کردن همانطور که انتظار می‌رفت افزایش یافت و از ۴/۰۱ درصد در ماهی تازه به ۱۳/۰۹ درصد در ماهی خشک شده قزل آلای رنگین رسید. این میزان در مقایسه با پروتئین افزایش بیشتری داشته است. میزان خاکستر نیز در حدود ۵ برابر میزان اولیه خود رسید. میزان خاکستر از ۱/۲۳ درصد در ماهی تازه به ۵/۰۶ درصد در ماهی خشک شده با حرارت رسید. تمامی مقادیر با هم دارای اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد بوده‌اند (P<۰/۰۵). طی خشک کردن حرارتی همانطور که انتظار می‌رفت با کاهش میزان رطوبت ماهی به ۳۹/۳۳ درصد میزان پروتئین، چربی و خاکستر بافت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با نسبت‌های مختلفی افزایش یافت. طی نگهداری ماهی خشک شده به مدت سی روز، بافت ماهی میزان کمی آب از دست داد و رطوبت به ۳۷/۴۱ درصد رسید، ولی اختلاف معنی‌داری در بین نمونه ماهی نگهداری شده و تازه خشک شده مشاهده نشد (P<۰/۰۵). میزان پروتئین، چربی و خاکستر نیز به میزان ناچیزی افزایش یافتند. با این تفاسیر نگهداری ماهی خشک شده تاثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات بیوشیمیایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نداشت (P<۰/۰۵).

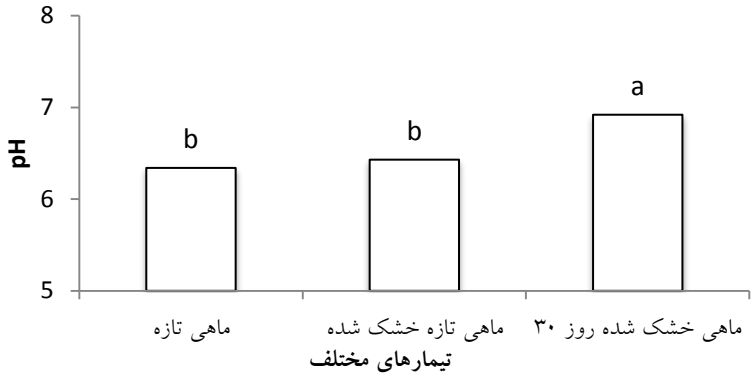
جدول ۱- آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قبل و بعد از خشک کردن

ترکیبات مغذی	تیمار		
	ماهی تازه	ماهی تازه خشک شده	ماهی نگهداری شده
رطوبت	۷۶/۱۱ ^{a}± ۰/۴۶	۳۹/۳۳ ^{b}± ۰/۶۵	۳۷/۴۱ ^{b}± ۰/۲۲
پروتئین	۱۶/۷۰ ^{b}± ۰/۱۳	۲۸/۸۹ ^{a}± ۰/۵۳	۳۰/۹۷ ^{a}± ۰/۲۴
چربی	۴/۰۱ ^{b}± ۰/۰۹	۱۳/۰۹ ^{a}± ۰/۳۲	۱۴/۳۷ ^{a}± ۰/۷۸
خاکستر	۱/۲۳ ^{b}± ۰/۰۲	۵/۰۶ ^{a}± ۰/۰۵	۵/۱۸ ^{a}± ۰/۱۰

* میانگین تمامی داده‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بوده‌اند (P<0.05).

تغییرات ویژگی‌های کیفی ماهی قزل آلای رنگین کمان طی خشک کردن حرارتی

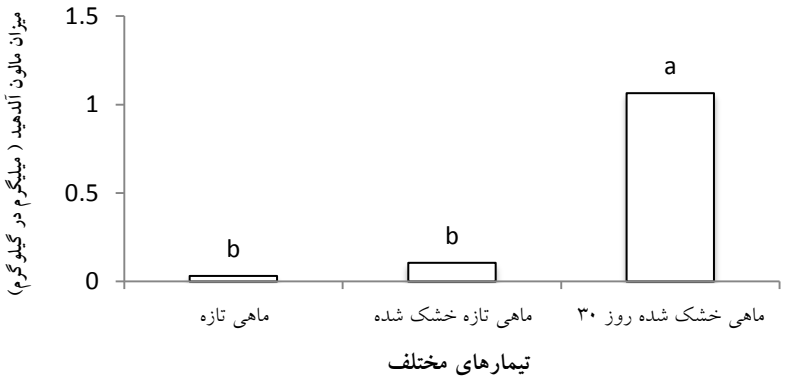
تغییرات pH : همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، طی فرآیند خشک کردن ماهی قزل آلای رنگین و نگهداری ماهی خشک شده در ۳۰ روز، میزان pH افزایش یافته است. میزان pH اولیه ماهی تازه قزل آلای رنگین ۶/۳۴ بود که طی فرآیند خشک کردن این میزان به ۶/۴۳ افزایش یافت. این اختلاف pH طی فرآیند خشک کردن معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵)، ولی طی نگهداری میزان آن تا ۶/۹۱ افزایش یافت.



شکل ۱ تغییرات pH ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی خشک کردن و نگهداری

*تفاوت حروف نشانگر اختلاف معنی‌دار در میانگین‌ها بین ستون‌ها می‌باشد ($P<0.05$)

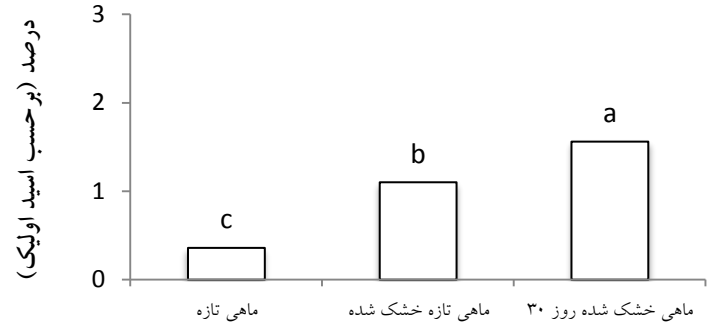
تغییرات TBA: اندازه‌گیری میزان TBA، فاکتور بسیار خوبی جهت تعیین کیفی ماهی طی نگهداری می باشد. میزان TBA در ماهی تازه ۰/۰۳۲ میلی‌گرم مالون آلدهید در یک کیلوگرم گوشت تعیین شده است. طی فرآیند خشک کردن ماهی این میزان به ۰/۱۰۵ میلی‌گرم مالون آلدهید در یک کیلوگرم گوشت رسید و طی ۳۰ روز نگهداری میزان TBA به میزان چشمگیری افزایش یافت و به میزان ۱/۰۶۵ میلی‌گرم مالون آلدهید در یک کیلوگرم گوشت رسید (شکل۲).



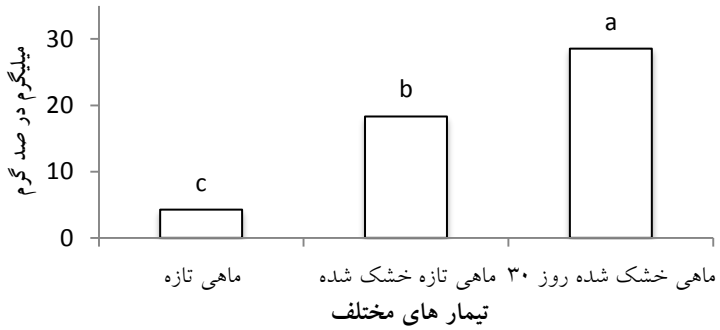
شکل۲- تغییرات TBA ماهی قزل آلای رنگین کمان طی خشک کردن و نگهداری

تغییرات در میزان اسید چرب آزاد (FFA): همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، میزان اسیدهای چرب آزاد گوشت تازه ماهی قزل آلای رنگین کمان ۰/۳۶ درصد بوده است که طی خشک کردن این میزان به ۱/۱ درصد رسید. با مقایسه این دو مقدار مشخص شد، فرایند خشک کردن حرارتی بر میزان اسیدهای چرب آزاد تاثیر معنی‌داری داشته است ($P<0/05$). همچنین با نگهداری ماهی خشک شده در دمای یخچال طی ۳۰ روز میزان اسیدهای چرب آزاد افزایش مشخصی یافت و میزان آن به ۱/۵۶ درصد در ماهی خشک شده رسید. نگهداری ماهی طی ۳۰ روز تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای چرب آزاد ماهی داشت ($P<0/05$). تعیین میزان اسیدهای چرب آزاد شاخص خوبی برای بیان اثر آنزیم‌های لیپولیتیک بر

چربی ماهیان و سایر فراورده‌های گوشتی است (Ben gigiri و همکاران، ۱۹۹۹). اگر چه بر اساس گزارش‌های موجود اسیدهای چرب آزاد به‌طور مستقیم باعث افت کیفیت محصول نمی‌شود (Shewfelt و همکاران، ۱۹۹۹)، اما این اسیدهای چرب آزاد می‌توانند در فرایندهای اکسیداسیون چربی، گسترش طعم نامطلوب، تسریع در فساد و کاهش کیفیت محصول و دناتوره شدن پروتئین از نتایج افزایش اسیدهای چرب آزاد در ماهیان نگهداری شده در یخچال است.



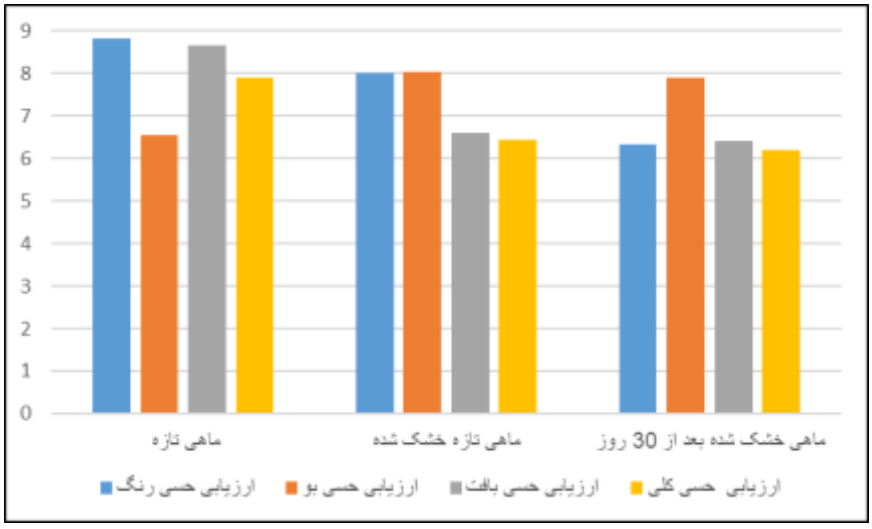
شکل ۳- تغییرات میزان FFA ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی خشک کردن و نگهداری



شکل۴- تغییرات میزان بازهای فرار ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی خشک کردن و نگهداری

تغییرات در میزان بازهای نیتروژنی فرار (TVN): میزان بازهای نیتروژنی فرار طی فرآیند خشک کردن و نگهداری به صورت معنی‌داری افزایش یافته است. ماهی تازه با ۴/۲۶ میلی‌گرم بازهای نیتروژنی فرار در صد گرم گوشت ماهی دارای میزان پائینی از این ترکیبات بوده است و طی فرایند خشک کردن حرارتی میزان بازهای نیتروژنی فرار به ۱۸/۳۰ میلی‌گرم در صد گرم گوشت ماهی افزایش یافت. نگهداری ماهی طی ۳۰ روز نیز باعث افزایش میزان بازهای نیتروژنی فرار شد، به صورتی که میزان بازهای نیتروژنی فرار در ماهی خشک شده نگهداری شده به ۲۸/۵۰ میلی‌گرم در صد گرم گوشت ماهی رسید. میزان بازهای نیتروژنی فرار دارای روند صعودی بود. طی تحقیقی، ۲۰ میلی‌گرم میزان بازهای نیتروژنی فرار را شروع فساد در گوشت ماهی و TVN گوشت ماهی فاسد شده را ۳۰ میلی‌گرم در صد گرم تعیین نمودند (Vidyasagar و همکاران، ۱۹۹۵).

ارزیابی حسی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان: شکل ۵ نشان‌دهنده تاثیر فرآیند خشک کردن و نگهداری آن طی ۳۰ روز گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال می‌باشد. نتایج ارزیابی حسی رنگ نشان داد، ماهی تازه با ۸/۸۳ بالاترین امتیاز را در ارزیابی حسی رنگ ماهی داشت و ماهی خشک شده تازه با امتیاز ۸ و ماهی نگهداری شده با ۶/۳۲ امتیازدهی شدند. در خصوص ارزیابی حسی بوی ماهی نتایج نشان داد، فرآیند خشک کردن بر فاکتور بوی ماهی تاثیری نداشته است و اختلاف معنی‌داری بین ماهی تازه و خشک شده تازه مشاهده نشد (P<۰/۰۵). طی نگهداری ماهی امتیاز بو ماهی دستخوش تغییر شده و افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵)، به صورتی که ماهی خشک شده تازه با امتیاز ۸/۰۵ طی نگهداری به ۷/۸۹ تغییر یافت. خشک کردن باعث افزایش امتیاز بو و عطر ماهی شد. این امر نشان‌دهنده اثر مثبت فرایند خشک کردن بر بو و عطر ماهی بوده است. فرآیند خشک کردن بر بافت ماهی نیز همانند برخی از فاکتورهای حسی دیگر تاثیر منفی ایجاد کرد (P<۰/۰۵). در بین امتیازات ماهی تازه با ۸/۶۶ بیشترین و ماهی نگهداری شده با ۶/۴۱ کمترین امتیاز را داشته‌اند. در رابطه با پذیرش کل همانطور که در شکل ۴-۸ مشاهده می‌شود، نتایج حاکی از این بود که نمونه ماهی تازه دارای بیشترین امتیاز بود و در طی فرآیند خشک کردن این فاکتور کاهش یافت و تاثیرمعنی‌داری بر پذیرش کل داشت (P<۰/۰۵). بدین صورت نمونه ماهی خشک شده و نگهداری شده در روز سی‌ام کمترین امتیاز پذیرش کل را دارا بود.



شکل ۵- ارزیابی حسی ماهی قزل آلای رنگین کمان قبل و بعد از خشک کردن و نگهداری

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که طی خشک کردن ماهی قزل آلای رنگین کمان و نگهداری ان طی ۳۰ روز پس از خشک کردن ماهی، ترکیبات بیوشیمیایی و ارزش غذایی، کیفیت ماهی، خصوصیات حسی و ترکیب اسیدهای چرب ماهی دستخوش تغییر شد. این تغییرات طی خشک کردن باعث افزایش میزان پروتئین و چربی به منزله کاهش میزان آب ماهی طی خشک کردن گردید. همچنین میزان خاکستر نیز با توجه به بالا رفتن ماده خشک ماهی پس از خشک کردن افزایش یافت. نتایج نشان داد که طی فرآیند خشک کردن همانطور که انتظار می‌رود، بافت ماهی آب از دست داده و خشک می‌شود و بدین‌صورت میزان رطوبت کاهش می‌یابد. این فرآیند به صورت مطلوبی باعث کاهش میزان رطوبت شده تا به حد مورد نظر برسد. در طی

تحقیقی بر روی روش‌های مختلف پخت ماهی، نتایج نشان داد، در روش پخت با آون رطوبت را بـه ۶۴/۵۵ درصد کاهش نسبت به نمونـه مـاهی تـازه داد و ایـن تغییر نسبت به مایکروویو بـا ۷۴ درصـد و آب پـز بـا ۷۳/۷۳ درصد رطوبت، توانست رطوبت کمتـری را در ماهی از دسـت دهـد (قیـومی جونیـایی و همکـاران، ۱۳۹۰). در تحقیق مشـابه دیگـر در طـی نمـک سـود کردن و خشک کردن برای ماهیان دودی سرد رطوبت به ۶۴ درصد و برای دودی گرم به ۶۰ درصد رسید.

میزان چربی طی فرآیند خشـک کـردن بـه میـزان قابل توجهی افزایش یافت بـه صـورتی کـه در مـاهی تازه رنگین کمان میزان چربی ۴/۰۱ درصد تعیین شـد که طی خشک کردن به ۱۳/۰۹ درصد افـزایش یافـت. تحقیقات محققین نشان داده است کـه خشـک کـردن ماهی اثر مثبتی روی کیفیت آن دارد و موجب افزایش پارامترهای مغـذی مـی‌شـود (Olayemi و همکـاران, ۲۰۱۱: Kumolu-johnson و همکـــــــاران، ۲۰۱۰). همچنین یکی از فاکتورهای مهم ارزش غـذایی مـاهی میزان پروتئین آن اسـت. میـزان پـروتئین نیـز هماننـد میزان چربـی طـی خشـک کـردن افـزایش یافـت. در تحقیقی مشابه،پروتئین نمونه ماهی کپور نقـره‌ای تـازه بمیزان ۱۶/۷۰ درصد تعیین شد که طی خشـک کـردن این میزان به ۲۸/۸۹ درصـد رسـید کـه نشـان دهنـده افزایش قابل توجه میزان پروتئین طی فرآینـد خشـک کردن است، این افزایش میزان مربوط بـه کـاهش و از دسـت رفـتن میـزان آب طـی فرآینـد خشـک کـردن می‌باشد، بنابراین بدیهی است کـه بـا از دسـت رفـتن میزان آب میزان مواد جامد از قبیل چربـی و پـروتئین افزایش مقـدار یابنـد (Besharati و همکـاران، ۲۰۰۸: Hashemi و همکـاران، ۲۰۰۸). درصـد خاکسـتر در تیمارهای مختلف در درصدهای ۲/۱۵ تا ۲/۳۱ متغیـر بـود و اخـتلاف معنـی‌داری مشـاهده نگردیـد. میـزان خاکستر هم همچون میزان پـروتئین و چربـی در طـی خشک کردن افزایش یافته است، طـی خشـک کـردن میزان خاکستر حدودا ۴ برابر شد.

با بررسی فاکتورهای مختلف تعیین کیفیـت مـاهی از جمله اسیدهای چرب آزاد، میزان بازهای نیتروژنـی فرار، میزان مالون آلدهیـد و pH، کیفیـت مـاهی طـی خشک کردن به‌طور کلی کاهش یافت و طی نگهداری نیز این کاهش با شدت بیشتری مشاهده گردید. نتـایج نشـان داد طـی نگهـداری میـزان pH بـه صـورت معنی‌داری افـزایش یافـت (P<۰/۰۵). میـزان pH نیـز به‌عنوان یک فاکتور مطمئن جهت انـدازه‌گیـری فسـاد پیشـنهاد نمـی‌شـود. ایـن فـاکتور تحـت تـاثیر سـایر فـاکتورهـای شـیمیایی، میکروبـی و حسـی قـرار دارد (Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین نتایج نشـان داد نگهداری ماهی خشـک شـده تـاثیر معنـی‌داری را بـر میـزان TBA داشـته اسـت (P<۰/۰۵). انـدازه‌گیـری میزان TBA یـک شـاخص مناسـب تعیـین کیفیـت در ماهیـان منجمـد و سـرد شـده اسـت (Nishimoto و همکاران، ۱۹۸۵). میزان TBA در ماهیان خشک شده، طی نگهداری در یخچال به‌طور معنـی‌داری (P<0/05) افزایش یافت. اگر چه در این مطالعـه میـزان TBA بـا افزایش زمان نگهـداری در یخچـال افـزایش نشـان داد ولی ممکن است بـه دلیـل واکـنش مـالون آلدهیـد بـا آمین‌ها، فسفولیپیدها، پروتئین‌ها و سایر آلدهیدهایی که محصولات نهایی اکسیداسـیون چربـی هسـتند مقـدار TBA کمتر از مقدار واقعی مشاهده شـود (Aubourg، ۱۹۹۳).

نتایج این پژوهش نشان داد خشـک کـردن مـاهی قزل آلای رنگین کمان باعث افزایش میزان اسـیدهـای چرب آزاد در ماهی شد کـه البتـه ایـن افـزایش قابـل توجه بود و از لحاظ آماری این اختلاف معنی‌دار بـود. طی نگهداری ماهی خشک شده در دمای یخچال نیـز میزان اسیدهای چرب به میزان قابـل تـوجهی افـزایش پیدا کرد و این امر نشان‌گر تولید اسیدهای چرب طـی

نگهداری می‌باشد. طی فرایند خشک کردن حرارتی، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده به‌دلیل دناتوره شدن ساختار پروتئینی شان متوقف می‌شود. به همین دلیل در خشک کردن، شکست فیزیکی زنجیره اسیدهای چرب تحت‌تاثیر حرارت به عنوان مهمترین دلیل افزایش اسیدهای چرب آزاد معرفی شده است (Medina و همکاران، ۱۹۹۵). افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد طی نگهداری ماهیان در شرایط سرد پیش از این در ماهیان ساردین، ماکرل و ویتینگ (Aubourg و همکاران، ۲۰۰۵). و توربوت (Rodriguez و همکاران، ۲۰۰۶) گزارش شده است. همچنین طی یک بررسی، حد قابلیت پذیرش TVN را برای گوشت چرخ کرده سوف صورتی نگهداری شده در سردخانه ۱۸ تا ۲۴ میلی گرم درصد بدست آوردند. میزان ۳۰ میلی گرم درصد بازهای نیتروژنی فرار حد قابلیت پذیرش ماهی تعیین شده است (Sikorski و همکاران، ۱۹۹۰). میزان TVN سوریمی ماهی آنچوی (*Engrauli sencrasichl*us L.,1758) را در سردخانه ۲۹- درجه سانتی گراد در مدت شش ماه نگهداری ۶/۳ اعلام شد (Kaba، ۲۰۰۶). میزان TVB-N را در در سوریمی ماهی آنچوی پس از ۱۲۰ روز نگهداری در سردخانه ۲/۹ میلی گرم در صد گرم تعیین نمودند. در این تحقیق میانگین TVN نمونه‌ها پس از یک ماه نگهداری در دمای یخچال به حدود ۳۰ میلی گرم در صد گرم که نسبت به نتایج ارایه شده روی سوریمی ماهی آنچوی بسیار بالاتر بود. علت این بالاتر بودن را می‌توان در بیشتر بودن مقدار اولیه TVN نمونه‌ها و دمای نگهداری (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) دانست و همچنین فرآیند خشک کردن ماهی نیز باعث افزایش قابل توجه TVN می‌شود. میزان TVN بستگی به گونه‌های ماهی، دمای انبار نگهداری محصول دارد (Park و همکاران، ۱۹۸۱). افزایش مقدار پراکسید نشان‌دهنده افت کیفی اکسیداتیو می‌باشد (Sirkar و همکاران، ۱۹۸۹). در زمان نگهداری محصول، هیدرولیز و اکسیداسیون چربی اتفاق می‌افتد که بر ماندگاری و پذیرش آن برای مصرف موثر است (Aubourg و همکاران، ۲۰۰۵).

خصوصیات حسی ماهی نیز در اکثر فاکتورها طی خشک کردن غیر فاکتور بو ماهی کمی کاهش یافت و طی نگهداری در دمای یخچال این افت ادامه داشت. خشک کردن باعث افزایش اسیدهای چرب اشباع و تک غیراشباع و کاهش مجموع اسیدهای چرب غیراشباع و به‌خصوص چند غیراشباع گردید که به نحوی می‌توان گفت باعث کاهش اسیدهای چرب مفید و سلامت بخش ماهی شد، به صورتی که میزان دو اسید چرب غیراشباع چندگانه مفید ماهی (EPA و DHA) نیز طی فرآیند خشک کردن از ۱۰/۷۹ درصد به ۳/۳۱ درصد کاهش یافت، خشک کردن حرارتی تاثیر معنی داری بر کاهش میزان اسیدهای چرب امگا ۳ در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان داشت.

منابع

Aubourg, S.P., 2005. Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. Food Research International, 38(4), 469-474.

Aubourg, S., 1993. Review: interaction of malondialdehyde with biological moleculesnew trends about reactivity and significance. International Journal of Food Science & Technology 28, 323–335.

Ben-Gigiri, B., De Sousa, J. M., Villa, T. G., Barros-velazquez, J., 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. Journal of Food Science 64, 20-24.

Besharati, N., 2008. Study on preparation of hot cold smoked trout in Iceland with emphasis on chemical and microbial changes during processing and Shelf life. Pajouhesh & Sazandegi. (78), 183-92.

Chukwu, O., Shaba I.M., 2009. Effects of drying methods on proximate compositions of catfish (*Clarias gariepinus*). World Journal of Agricultural Sciences 5(1), 114–116.

Doe, P.E., 1998. Fish Drying and Smoking: Production and Quality. New York, NY: Taylor & Francis.

Ersoy, B., Aksan, E., Özeren, A., 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). Food chemistry 111, 377-380.

Hashemi-Keneti, F., Ershad Lagroudi, H., Hedayatifard M., Safari, R., 2008. Effects of cold smoking on the quality and shelf-time of silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*) during four mount storing at 4 & 22 °C, Proceedings of the 1st National Conferance Fish Aqua Science, Lahijan, Iran.

Hedayati Fard, M., 2016. Principles and preservation of fishery products. Master's course in fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Qaimshahr branch, 150 pages.AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. Official methods of analysis. 18th ed.Maryland: AOAC INTERNATIONAL.

Howgate, P.F., Ahmed, S.F., 1972. Chemical and bacteriological changes in fish muscle during heating and drying at 30 °C. Science 23(5), 615–627.

Imam Juma, Z., Askari, G., 2004. Application of combined drying method (covering, air dryer and microwave) in drying thin apple leaves. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3, 777-785.

Kaba, N., 2006. The determination of the technology & storage period of surimi production from Anchovy (*Engrauli sencrasicholus* L., 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8, 29-35.

Kumolu-Johnson, C.A., Aladetohun, N.F., Ndimele, P.E., 2010. The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clarias gariepinus* (BURCHELL 1822). African Journal of Biotechnology 9(1), 73-6.

Medina, I., Sacchi, R., Biondi, L., Aubourg, S., 1995. Effect of packing media on the oxidation of canned tuna lipids. Journal of the Science of Food and Agriculture 46, 1150-1157.

Nishimoto, J., Suwetja, I.K., Miki, H., 1985. Estimation of keeping freshness period and practical storage life of mackerel muscle during storage at low temperatures. Mem. Fac. Fish. Kagoshima University 34, 89–96.

Olayemi Folorunsho, F., Adedayo, M.R., Bamishaiye, E.I., Awagu, E.F., 2011. Proximate composition of catfish (*Clarias gariepinus*) smoked in Nigerian stored products research institute (NSPRI): Developed kiln. International Journal of Fisheries and Aquaculture 3(5), 96-98.

Park, J.W., 1995. Cryoprotection of muscle proteins by carbohydrates and polyalcohols-A review. Journal of Aquatic Food Production Technology 3(4), 23-41.

Qayyomi Jouniai, A., Khoshkho, Z., Tebali, A., Moradi, Y., 2018. The effect of cooking methods on fatty acid composition of tilapia fish fillet. Iranian Scientific Journal of Fisheries 2, 97-108.

Rodríguez, O´, Barros-Velaázquez, J., Pinňeiro, C., Gallardo, J.M., Aubourg, S.P., 2006. Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). Food Chemistry 95(2), 270–278.

Shewfelt, R.L., 1981. Fish muscle lipolysis- Areview. Food Biochemistry 5, 79-100.

Srikar, L.N., Hiremath, J.G., 1972. Fish preservation - I. Studies on changes during frozen storage of oil sardine. Journal of Food Science and Technology 9, 191-193.

Vidya Sagar Reddy, G., Srikar, L.N., Khuntia, B.K., Vinay Kumar, N., 1995. Effect of preprocess storage in ice on the chemical characteristics of fish mince. Journal of Food Science and Technology 32, 315-319.

Journal of New Technologies in Aquaculture Development, Azadshahr Branch, Islamic Azad University
Vol. 16, No. 3, Autumn 2022

Effect of heat drying on the biochemical compound, quality and sensory properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

N. Faroos[1], H. Alemi[2*]

[1]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, University of Islamic Azad University, Azadshahr branch

[2]Department of Agricultural Mechanization, Faculty of Agricultural Engineering, University of Islamic Azad University, Azadshahr branch

Abstract

In this study, the biochemical composition, and quality and sensory properties of rainbow trout were studied by thermal drying process. For this purpose, the amount of moisture, protein, fat, ash and dried fish were measured and stored, as well as to the impact of this process on the composition of fatty acids, fatty acid profile of fresh fish and dried were determined. To evaluate the quality of tests measuring volatile nitrogenous bases, free fatty acids, pH and TBA were used. sensory properties were carried out in five Hedonic methods. The results showed that the drying rate from 16.70 to 28.89 percent protein and fat from 4.10 to 13.09 percent as reducing the amount of water during the drying of fish. Drying increases the saturated fatty acids and mono-unsaturated (4%) and a decrease in unsaturated fatty acids, especially polyunsaturated (26.7 percent), respectively. Drying temperature had a significant effect on the level of omega-3 fatty acids found in fish rainbow trout and its rate from 1.16 percent to 7.37 percent increase. During the drying of fish generally decreased during storage, this reduction was observed with greater intensity. The TBA from 0.032 to 1.065 varied TVBN rate and pH during storage showed a significantly increased. Free fatty acid content of fresh meat rainbow trout 0.36 percent during drying maintenance and 1.56, respectively, to 1.1 percent. Sensory characteristics of fish, most fish smell sensory factors except factor, fell slightly during drying during storage at refrigerator continued to decline.

Keywords: Drying, Biochemical composition, Sensory properties, Rainbow trout

[*]-Corresponding Authors; alemihadi@yahoo.com