

اثرات غلظت و دمای آب نمک روی کیفیت ماهی سفید (*Rutilus frisii Kutum*) دودی شده به روش سنتی

* غلامحسین علی پور^۱، بهاره شعبانپور^۲، علی شعبانی^۳ و محمدرضا ایمانپور^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه شیلات،
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲استادیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱/۲۵

چکیده

در این پژوهش برای شور کردن ماهی سفید از آب نمک با غلظت‌های سبک، متوسط و سنگین (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) در دو دمای محیط و یخچال (۱۶ و ۴ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد. ماهی‌ها پس از توزین و آب‌نمک‌گذاری، در فواصل زمانی ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۰، ۴۸، ۵۶، ۶۴ و ۷۲ ساعت وزن شدند. پایان فرآیند براساس توقف تغییرات وزن ماهی‌ها تعیین گردید. سپس ماهی‌ها در یک دودخانه سنتی با دود سرد، دودی شدند و پس از آن بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش‌ها به روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ($P < 0.05$) انجام شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل غلظت و دمای آب نمک تنها روی مقدار بازهای نیتروژنی فرار، تیوباربتوریک اسید و امتیاز کیفی طعم معنی‌دار بود ($P < 0.05$). مقایسه میانگین‌ها، کمترین مقدار رطوبت، pH، پراکسید و مجموعه بازهای نیتروژنی فرار را در غلظت ۲۶ درصد آب نمک نشان داد، که به ترتیب ۴۶/۲۱ درصد، ۶/۷۰، ۱۹/۴۴ (میلی‌مول اکسیژن در کیلوگرم لپید) و ۷۲/۳۳ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) بودند. همچنین بیشترین مقدار خاکستر، نمک موجود در بافت، چربی در وزن خشک، پروتئین در وزن خشک و تیوباربتوریک اسید مربوط به غلظت ۲۶ درصد آب نمک بود، که به ترتیب ۱۳/۰۹ درصد، ۱۶/۱۷ درصد، ۶/۲۳ درصد، ۳۹/۹۲ درصد و ۰/۲۴ (میلی‌گرم مالونالدهید در کیلوگرم نمونه) بودند. در ارزیابی حسی، فرآورده‌های دودی شور شده در غلظت ۲۶ درصد آب نمک امتیازهای کیفی بالاتری داشتند، به طوری که برای آنها امتیاز کیفی طعم معادل خیلی خوب در نظر گرفته شد. در مجموع فرآورده دودی شور شده در غلظت ۲۶ درصد آب نمک دارای کیفیت بهتری بود.

واژه‌های کلیدی: دودی کردن، ماهی سفید، شور کردن، غلظت آب نمک

مقدمه

ولی در حال حاضر از دود فقط برای ایجاد رنگ و طعم خاص دودی استفاده می‌شود (رضوی شیرازی، ۲۰۰۷). دودی کردن با دود سرد ترکیبی از شور کردن، آب‌زدایی و رسوب دادن ذرات دود روی ماهی در درجه حرارت بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (رورا و همکاران،

دود دادن مانند شور کردن روشی قدیمی است که ریشه در تاریخ ناشناخته دارد. در گذشته از دود دادن برای بهبود طعم و افزایش مدت نگهداری ماهی استفاده می‌شد،

می باشد (جی تی ناندانا و همکاران، ۲۰۰۲). به دلیل پایین بودن مقدار نمک موجود در این گونه مواد غذایی برای اطمینان از سالم ماندن در طول عملیات شور کردن، دمای فرآیند باید پایین نگاه داشته شود (چیرالت و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین با توجه به اهمیت مرحله شور کردن در تولید ماهی دودی و نقش غلظت و دمای آب نمک، هدف از این پژوهش بررسی اثرات استفاده از آب نمک با غلظت‌های مختلف (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) در دو دمای محیط و یخچال (۱۶ و ۴ درجه سانتی‌گراد) روی کیفیت ماهی سفید دودی شده است.

مواد و روش‌ها

مرحله آماده‌سازی، آب‌نمک‌گذاری و دوددهی: برای این منظور در اسفند ماه سال ۱۳۸۵ تعداد ۲۱ عدد ماهی سفید (*Rutilus frisii Kutum*) با میانگین وزنی ۸۵۰ گرم تهیه شد. این ماهی‌ها در یک مرحله در سواحل جنوب شرقی خزر با تور گوشگیر صید شده و از نظر ظاهری مطلوب بودند. ماهی‌ها بلافاصله با یخ به آزمایشگاه فرآوری آبزیان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال یافتند. سپس امعاء و احشاء ماهی‌ها تخلیه و شستشو شدند. سپس سه عدد از آنها به‌طور تصادفی انتخاب و فاکتورهای رطوبت، pH، خاکستر، نمک، نمک در فاز آبی، چربی در وزن خشک، پروتئین در وزن خشک، پراکسید^۱، تیوباربیتوریک اسید^۲ و مجموعه بازهای نیتروژنی فرار^۳ در آنها اندازه‌گیری شد تا میزان اولیه فاکتورهای مورد نظر به دست آید. ۱۸ ماهی دیگر به‌طور جداگانه وزن و به آنها برچسب زده شد و به نسبت وزنی آب نمک به ماهی ۱:۳ در سه غلظت مختلف (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) که هر کدام شامل دو دمای محیط (۱۶ درجه سانتی‌گراد) و یخچال بود (۴ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند، به‌طوری‌که سه ماهی

(۲۰۰۵). عمل اصلی ترکیبات دود در ابتدا ایجاد رنگ، طعم و بوی مطلوب در فرآورده دودی و در مرتبه بعد افزایش ماندگاری فرآورده به دلیل دارا بودن خواص باکتریوسیدال (نابود کردن باکتری‌ها) و عمل آنتی‌اکسیدانی دود است (رضوی‌شیرازی، ۲۰۰۷). شور کردن یکی از مراحل مهم برای به‌دست آوردن فرآورده دودی سالم و با کیفیت است (گالارت- جورنت و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طور عمده اثر نگهدارندگی نمک به دلیل کاستن از فعالیت آبی است، به‌علاوه یون کلرید برای بسیاری از میکروارگانیسم‌ها سمی می‌باشد (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴). اگرچه نمک باعث طولانی شدن مدت نگهداری می‌شود اما گزارش شده که تماس آن با عضله اکسیداسیون چربی‌های غیراشباع با زنجیره بلند را در ماهی تسهیل می‌کند و به‌طور مستقیم در از بین رفتن طعم، داناتوره شدن پروتئین‌ها و تغییرات بافت مؤثر است (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده از نمک خشک و آب نمک متداول‌ترین روش شور کردن در صنعت ماهی دودی است (بیرکلند و بیجرکنگ، ۲۰۰۵). در فرآیند شور کردن ماهی استفاده از آب نمک نسبت به نمک خشک برتری دارد، در این روش نه تنها از تند شدن محصول به خاطر تماس با اکسیژن هوا جلوگیری می‌شود، بلکه در نتیجه جذب آب، میزان محصول افزایش می‌یابد. در این میان هم غلظت و هم دمای آب نمک مهم است (مارتینز-آلوارز و گومز-گیلن، ۲۰۰۴). جذب نمک توسط عضله ماهی بستگی به روش شور کردن و بعضی فاکتورهای درونی عضله از قبیل مقدار چربی، تازگی و دما دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰؛ رورا و همکاران، ۲۰۰۵). اما دما و غلظت نمک مورد استفاده مهم‌ترین عوامل در طی فرآیند شور کردن می‌باشد (کروزو و براکو، ۲۰۰۴؛ بیرکلند و بیجرکنگ، ۲۰۰۵). شور کردن مواد غذایی با اندازه بزرگ معمولاً آرام صورت می‌گیرد و ممکن است چندین روز به طول انجامد. رسیدن به غلظتی یکنواخت از کلرید سدیم در فیله‌هایی از ماهی با اندازه بزرگ و حتی در قسمت‌های مختلف یک فیله، دشوار

1- Peroxide Value
2- Tiobarbituric Acid
3- Total Volatile Basic Nitrogen

درصد نمک در فاز آبی از رابطه زیر به دست آمد
(پروانه، ۱۹۹۶):

$$\text{درصد نمک} = \frac{100 \times \text{گرم نمک موجود در بافت}}{\text{گرم رطوبت} + \text{گرم نمک موجود در بافت}} \times \text{در فاز آبی}$$

استخراج و اندازه‌گیری چربی به روش سوکسله انجام و نتایج به صورت درصد از وزن خشک بیان شد (پروانه، ۱۹۹۶).

مقدار پروتئین با استفاده از روش هضم، تقطیر و تیتراسیون کلدال اندازه‌گیری و نتایج به صورت درصد از وزن خشک بیان شد (پروانه، ۱۹۹۶).

پراکسید با روش استخراج سرد توسط کلروفرم اندازه‌گیری شد (ایگان و همکاران، ۱۹۹۷).

تیوباریتوریک اسید با استفاده از روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری و نتایج براساس میلی‌گرم مالونالدهید در کیلوگرم نمونه بیان شد (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴).

مجموعه بازهای نیتروژنی فرار با استفاده از روش تقطیر و تیتراسیون اندازه‌گیری و نتایج براساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بیان گردید (پروانه، ۱۹۹۶).

ارزیابی حسی: خواص حسی با استفاده از روش آمینا و همکاران (۱۹۶۵) مورد ارزیابی قرار گرفت. ماهی‌های دودی شده به شکل فیله درآمده و به مدت ۱۵ دقیقه در آب جاری قرار گرفتند تا نمک اضافی موجود در آنها خارج شود، سپس بخارپز شدند. برای تشخیص، توصیف و مقایسه رنگ، بو، طعم و بافت ماهی‌های دودی شده از مقیاس ۹ امتیازی توسط گروه پانل ۵ نفری که دارای متوسط سنی ۲۵ سال بودند و همگی تجربه مصرف ماهی دودی را داشتند، استفاده شد. در این مقیاس امتیاز ۷-۹ نشان‌دهنده کیفیت خیلی خوب، امتیاز ۵-۷ کیفیت خوب، امتیاز ۳-۵ کیفیت بد یا غیرقابل قبول است.

روش آماری: در این تحقیق از دو متغیر غلظت و دمای آب نمک روی کیفیت ماهی دودی تولید شده استفاده شد. مقادیر آنها شامل سه غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶

در هر تیمار قرار گرفت. ماهی‌ها در فواصل زمانی ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۰، ۴۸، ۵۶، ۶۴ و ۷۲ ساعت، پس از آن که ۲ دقیقه روی یک صافی قرار گرفتند تا آب سطحی آنها چکیده شود، وزن شدند. پس از آن که روند تغییرات وزن ماهی‌ها متوقف شد (بارت و همکاران، ۲۰۰۲)، در یک دودخانه سنتی واقع در شهرستان بابل دودی شدند. ماهی‌ها به مدت ۷ روز در معرض دود با درجه حرارت ۲۸-۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، تا این که مسئول دودخانه به طور تجربی تشخیص داد که فرآیند دودی شدن آنها کامل شده و آنها را از دودخانه خارج کرد. دود تولید شده از سوختن ناقص مخلوطی از خاک اره چوب‌های درختان ممرز و راش بود. ماهی‌های دودی شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و فاکتورهای اشاره شده در بالا در آنها اندازه‌گیری شد.

روش‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های فیزیکی-شیمیایی: برای انجام اندازه‌گیری‌ها پس از کندن پوست هر ماهی فیله چپ و راست آن با هم چرخ شد، تا نمونه همگنی به دست آید، سپس آنالیزها روی آن انجام شد.

اندازه‌گیری رطوبت به روش خشک کردن در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (AOAC، ۱۹۹۰) و نتایج به صورت درصد بیان شد (گالارت-جورنت و همکاران، ۲۰۰۶).

اندازه‌گیری خاکستر به روش سوزاندن در کوره (AOAC، ۱۹۹۰) و نتایج به صورت درصد بیان گردید (گالارت-جورنت و همکاران، ۲۰۰۶).

pH با تهیه سوسپانسونی از ۵ گرم نمونه چرخ شده ماهی با ۴۵ سی‌سی آب مقطر با استفاده از دستگاه pH متر استاندارد مدل (متروم، هریزو سویتزرلند) اندازه‌گیری شد (سوانیچ و همکاران، ۲۰۰۰).

نمک موجود در بافت با روش حجمی وولهارد (AOAC، ۱۹۹۰) اندازه‌گیری و نتایج به صورت درصد بیان گردید (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵).

درصد) در دو دمای محیط و یخچال (۱۶ و ۴ درجه سانتی‌گراد) بود، بنابراین آزمایش به روش فاکتوریل ۳×۲ انجام گردید. با توجه به توضیح داده شده در این تحقیق ۶ تیمار وجود داشت، که برای هر یک سه تکرار انجام و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری Excel و Spss انجام شد. جهت بررسی وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر به دست آمده، هر شاخص از آنالیز واریانس یک‌طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده و مقایسه میانگین صفات به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

مقادیر اولیه فاکتورهای زیر در سه ماهی سفید تازه با میانگین وزن ۸۵۰ گرم اندازه‌گیری و میانگین نتایج به دست آمده از این قرار است:

رطوبت (۷۹ درصد)، pH (۷/۱۶)، خاکستر (۱/۳۴ درصد)، نمک موجود در بافت (۰/۰۱ درصد)، نمک در فاز آبی (۰/۰۱ درصد)، چربی (۲/۴۰ درصد)، پروتئین (۲۰/۴۹ درصد)، پراکسید (۱/۱۳) میلی‌مول اکسیژن در کیلوگرم لیپید، تیوباربتوریک اسید (۰/۲) میلی‌گرم مالونالدهید در کیلوگرم نمونه و مجموعه بازهای نیتروژنی فرار (۹/۳۶) میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه. مقدار فاکتورهای بالا در ماهی‌های دودی شده نیز اندازه‌گیری شد. نتایج در جدول‌های ۲ و ۳ مشاهده شد، که با افزایش غلظت آب نمک از ۱۰ درصد به ۱۸ و ۲۶ درصد مقدار رطوبت، pH، پراکسید و مجموعه بازهای نیتروژنی فرار در ماهی دودی کاهش یافت. در مقابل درصد خاکستر، نمک موجود در بافت، نمک در فاز آبی، چربی، پروتئین و

مقدار تیوباربتوریک اسید افزایش یافت. نتایج به دست آمده از جدول آنالیز واریانس نشان داد، که اثر متقابل غلظت و دمای آب نمک تنها در مقدار بازهای نیتروژنی فرار، تیوباربتوریک اسید و امتیاز کیفی طعم معنی‌دار ($P < 0/05$) و اثر مستقل غلظت و دمای آب نمک روی درصد رطوبت، خاکستر، نمک موجود در بافت و نمک در فاز آبی معنی‌دار بود ($P < 0/05$). هم‌چنین غلظت آب نمک روی درصد پروتئین، چربی، مقدار pH، مقدار پراکسید، امتیاز کیفی رنگ، بو و بافت اثر معنی‌دار و دمای آب نمک روی مقدار فاکتورهای اخیر اثر معنی‌داری نداشت ($P < 0/05$).

شکل‌های ۱ تا ۴ امتیازهای مربوط به ارزیابی‌های حسی را نشان می‌دهند. بیشترین و کمترین امتیازها به ترتیب مربوط به تیمارهای غلظت ۲۶ درصد و ۱۰ درصد آب نمک بود. در ارزیابی حسی رنگ ماهی سفید دودی (شکل ۱)، تیمارهای غلظت ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک به ترتیب دارای امتیازهای کیفی بد، خوب و خیلی خوب بودند. ارزیابی حسی بو و بافت ماهی سفید دودی (شکل ۲ و ۴) نشان داد، که تیمارهای غلظت ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک به ترتیب دارای امتیاز کیفی خیلی بد، خوب و خیلی خوب بودند. ارزیابی حسی طعم ماهی سفید دودی (شکل ۳) نشان داد، که تیمارهای غلظت ۲۶ درصد در دمای محیط و یخچال دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P < 0/05$)، به طوری که امتیازهای کیفی آنها به ترتیب خیلی خوب و خوب و امتیاز کیفی طعم در غلظت‌های ۱۰ درصد و ۱۸ درصد به ترتیب خیلی بد و خوب بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های درصد رطوبت، خاکستر، نمک موجود در بافت، نمک در فاز آبی، چربی در وزن خشک و پروتئین در وزن خشک در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (محیط ۱۶ درجه سانتی‌گراد و یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد).

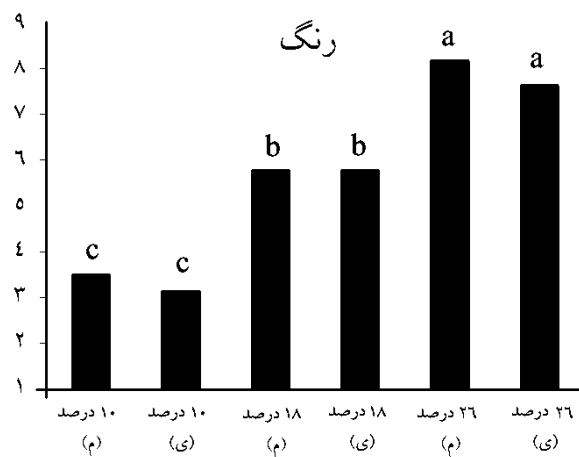
دما		غلظت	
یخچال	محیط		
۵۸/۹۰±۱/۷۹ ^a	۵۵/۹۶±۱/۶۴ ^a	۱۰ درصد	رطوبت
۵۵/۰۰±۰/۰۰ ^b	۵۳/۶۰±۲/۴۵ ^b	۱۸ درصد	
۴۹/۲۲±۱/۲۵ ^c	۴۶/۲۱±۲/۲۰ ^c	۲۶ درصد	
۶/۱۰±۰/۰۸ ^d	۶/۶۹±۰/۳۱ ^d	۱۰ درصد	خاکستر
۴۹/۲۲±۰/۵۵ ^c	۸/۲۱±۰/۳۱ ^c	۱۸ درصد	
۱۱/۷۵±۰/۳۸ ^b	۱۳/۰۹±۰/۶۰ ^a	۲۶ درصد	
۵/۶۸±۰/۰۰ ^f	۶/۱۳±۰/۱۸ ^e	۱۰ درصد	نمک
۸/۹۸±۰/۰۰ ^d	۹/۷۱±۰/۰۰ ^c	۱۸ درصد	
۱۵/۵۶±۰/۱۹ ^b	۱۶/۱۷±۰/۲۴ ^a	۲۶ درصد	
۸/۷۹±۰/۳۷ ^f	۹/۸۸±۰/۵۲ ^e	۱۰ درصد	نمک در فاز آبی
۱۴/۰۳±۰/۱۸ ^d	۱۵/۳۵±۰/۷۰ ^c	۱۸ درصد	
۴۹/۰۲±۰/۶۹ ^b	۲۵/۹۳±۰/۶۰ ^a	۲۶ درصد	
۵/۳۶±۰/۳۱ ^b	۵/۲۶±۰/۰۰ ^b	۱۰ درصد	چربی
۶/۰۷±۰/۰۰ ^a	۶/۱۴±۰/۶۲ ^a	۱۸ درصد	
۶/۱۲±۰/۳۷ ^a	۶/۲۳±۰/۵۳ ^a	۲۶ درصد	
۳۵/۰۲±۰/۴۹ ^b	۳۶/۳۵±۱/۲۲ ^b	۱۰ درصد	پروتئین
۳۵/۵۱±۱/۴۲ ^b	۳۵/۴۹±۱/۰۳ ^b	۱۸ درصد	
۳۹/۷۷±۱/۸۲ ^a	۳۹/۹۲±۱/۲۹ ^a	۲۶ درصد	

در مورد هر متغیر وابسته (میانگین ± انحراف معیار) اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

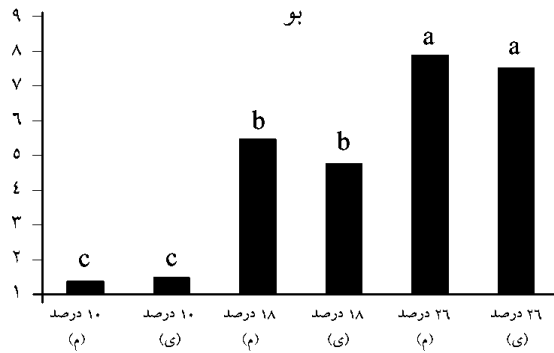
جدول ۲- مقایسه میانگین‌های مقدار پراکسید بر حسب میلی‌مول اکسیژن در کیلوگرم لیبید، تیوباریتوریک اسید بر حسب میلی‌گرم مالونالدیید در کیلوگرم نمونه و مجموعه بازهای نیتروژنی فرار براساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (محیط ۱۶ درجه سانتی‌گراد و یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد).

دما		غلظت	
یخچال	محیط		
۷/۵۳±۰/۳۵ ^a	۷/۵۶±۰/۰۰ ^a	۱۰درصد	pH
۷/۱۰±۰/۲۶ ^b	۷/۰۶±۰/۰۵ ^b	۱۸درصد	
۶/۷۰±۰/۰۰ ^c	۶/۷۶±۰/۰۵ ^c	۲۶درصد	
۳۱/۳۹±۱/۷۲ ^a	۲۹/۸۱±۲/۲۴ ^a	۱۰درصد	پراکسید
۲۴/۲۴±۱/۹۶ ^b	۲۴/۰۲±۱/۵۱ ^b	۱۸درصد	
۲۰/۱۳±۱/۵۶ ^c	۱۹/۴۴±۱/۰۰ ^c	۲۶درصد	
۰/۰۸±۰/۰۲ ^d	۰/۱۳±۰/۰۰ ^c	۱۰درصد	تیوباریتوریک اسید
۰/۱۱±۰/۰۲ ^{cd}	۰/۲۰±۰/۰۱ ^b	۱۸درصد	
۰/۲۵±۰/۰۲ ^a	۰/۲۴±۰/۰۱ ^a	۲۶درصد	
۲۲۱/۳۳±۱۵/۶۳ ^a	۲۳۳/۳۳±۸/۶۲ ^a	۱۰درصد	مجموعه بازهای نیتروژنی فرار
۱۶۱/۳۳±۷/۰۲ ^b	۱۳۵/۰۰±۹/۸۴ ^c	۱۸درصد	
۹۲/۳۳±۵/۵۰ ^d	۷۲/۳۳±۶/۶۵ ^c	۲۶درصد	

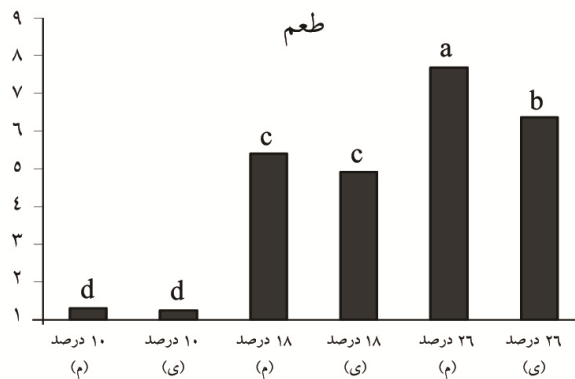
در مورد هر متغیر وابسته (میانگین ± انحراف معیار) اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).



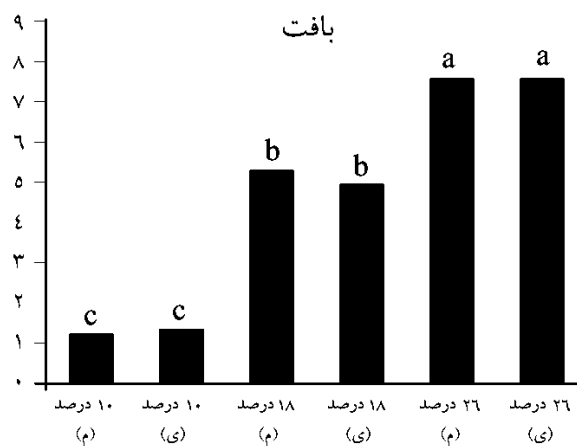
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های امتیاز کیفی رنگ در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (دمای محیط (م) و دمای یخچال (ی)). ستون‌ها با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های امتیاز کیفی بو در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (دمای محیط (م) و دمای یخچال (ی)). ستون‌ها با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های امتیاز کیفی طعم در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (دمای محیط (م) و دمای یخچال (ی)). ستون‌ها با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های امتیاز کیفی بافت در ماهی سفید دودی شده به روش سرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف غلظت (۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد) و دمای آب نمک (دمای محیط (م) و دمای یخچال (ی)). ستون‌ها با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$).

بحث

در این تحقیق مشاهده شد، ماهی‌هایی که در غلظت‌های مختلف ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک در دمای محیط، شور و سپس دودی شده‌اند، به ترتیب دارای ۵۵/۹۶، ۵۳/۶۰ و ۴۶/۲۱ درصد رطوبت و با شور شدن در دمای یخچال دارای رطوبتی معادل ۵۸/۹۰، ۵۵/۰۰ و ۴۹/۲۲ درصد بودند. محلول‌های آب نمک با غلظت بیشتر دارای فشار اسمزی قوی‌تری بوده و موجب خروج رطوبت بیشتری از درون عضله می‌شوند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰)، در مقابل با افزایش غلظت نمک مقدار و سرعت انتشار نمک به درون عضله افزایش می‌یابد (موناسینگ، ۱۹۹۹؛ بیرکلند و بیجرکنگ، ۲۰۰۵). در نهایت فرآورده به دست آمده دارای رطوبت کمتر و نمک بیشتری می‌باشد. دمای آب نمک نیز در جذب نمک توسط عضله و ضریب انتشار نمک مؤثر است (کروزو و براکو، ۲۰۰۴). مقدار نمک موجود در بافت فرآورده دودی نیز برای ماهی‌های شور شده در دمای محیط به ترتیب ۶/۱۳، ۹/۷۱ و ۱۶/۱۷ درصد و در دمای یخچال ۵/۶۸، ۸/۹۸ و ۱۵/۵۶ درصد بود. در این مطالعه مقدار pH در ماهی‌های شور شده در غلظت‌های ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک نسبت به ماهی تازه کمتر بود. در اثر شور کردن مقدار pH عضله ماهی تغییر می‌کند (موناسینگ، ۱۹۹۹) به طوری که مقدار آن طی شور کردن کاهش می‌یابد (چیرالت و همکاران، ۲۰۰۱). کاهش pH گوشت تازه ماهی با افزودن نمک به آن به دلیل افزایش قدرت یونی محلول داخل سلول‌ها می‌باشد (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴). مقدار pH در ماهی دودی شور شده با غلظت ۱۰ درصد از ماهی تازه بیشتر شد، افزایش مقدار pH می‌تواند به دلیل تولید ترکیبات قلیایی از قبیل آمونیاک، تری‌متیل‌آمین و غیره توسط باکتری‌های فاسدکننده ماهی باشد (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴). درصد خاکستر در غلظت‌های ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک برای ماهی‌های شور شده در دمای محیط به ترتیب ۶/۶۹، ۸/۲۱، ۱۳/۰۹ درصد و برای ماهی‌های شور شده در دمای یخچال به ترتیب ۶/۱، ۷/۶۶ و ۱۱/۷۵ درصد شد. فرآیند

دوددهی با کاهش درصد رطوبت عضله، موجب افزایش مقدار خاکستر می‌شود (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵). طی شور کردن نیز هم‌زمان با خروج آب از بافت، نمک به داخل عضله نفوذ می‌کند (گالارت جورنت و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین با جذب نمک مقدار خاکستر افزایش می‌یابد و هرچه آب نمک غلظت بیشتری داشته باشد، فرآورده شور شده در آن درصد خاکستر بیشتری خواهد داشت. درصد چربی در این تحقیق در غلظت‌های ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک برای ماهی‌های شور شده در دمای محیط به ترتیب ۵/۲۶، ۶/۱۴ و ۶/۲۳ درصد و برای ماهی‌های شور شده در دمای یخچال به ترتیب ۵/۳۶، ۶/۰۷ و ۶/۱۲ درصد شد. چربی یک عامل محدودکننده برای نفوذ نمک به داخل عضله و خروج آب از آن بوده و به صورت یک سد فیزیکی عمل می‌کند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰). جی‌تی ناندانا و همکاران در سال ۲۰۰۲ طی شور کردن فیله‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان مشاهده کردند، که با افزایش غلظت نمک از ۸/۷ درصد به ۱۷/۴ درصد، مقدار چربی از ۱/۰۵ درصد به ۱/۹۰ درصد افزایش یافت. موناسینگ (۱۹۹۹) نیز با شور کردن ماهی هرینگ مشاهده کرد، که درصد چربی در عضله ماهی افزایش یافت، ولی تغییرات آن به غلظت نمک وابسته نبود. در این پژوهش به دلیل کاهش رطوبت عضله طی فرآیندهای شور و دودی کردن درصد چربی در وزن خشک افزایش یافت. از بین پروتئین‌های عضله ماهی (پروتئین‌های میوفیبریل^۱، پروتئین‌های سارکوپلاسم^۲ و پروتئین‌های بافت پیوندی^۳)، پروتئین‌های میوفیبریل حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از کل پروتئین‌های عضله را شامل شده و در محلول‌های نمکی غلیظ محلول می‌باشند. پروتئین‌های سارکوپلاسمی در آب یا محلول‌های نمکی رقیق محلول بوده و حدود ۳۰-۲۵ درصد از پروتئین‌های عضله را تشکیل می‌دهند (رضوی شیرازی، ۲۰۰۷). در این تحقیق درصد پروتئین در غلظت‌های ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد آب نمک برای ماهی‌های شور شده در

-
- 1- Myofibrillar Proteins
 - 2- Sarcoplasmic Proteins
 - 3- Stroma Proteins

دمای محیط به ترتیب ۳۶/۳۵، ۳۵/۴۹ و ۳۹/۹۲ درصد و برای ماهی‌های شور شده در دمای یخچال به ترتیب ۳۵/۰۲، ۳۵/۵۱ و ۳۹/۷۷ درصد شد. چون قسمت بیشتر پروتئین‌های عضله (میوفیبریل‌ها) در محلول‌های نمکی غلیظ محلول هستند، انتظار می‌رود ماهی‌های شور شده در غلظت ۲۶ درصد آب نمک دارای مقادیر پروتئین کمتری باشند، اما به دلیل رطوبت کمتر، درصد پروتئین در وزن خشک نسبت به دو تیمار شور شده در غلظت‌های ۱۰ درصد و ۱۸ درصد بیشتر شده است. پایداری چربی‌های ماهی دودی توسط دو شاخص پراکسید و تیوباریتوریک اسید مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه مقدار پراکسید در غلظت‌های ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد برای ماهی‌های شور شده در دمای محیط به ترتیب ۲۹/۸۱، ۲۴/۰۲ و ۱۹/۴۴ و برای ماهی‌های شور شده در دمای یخچال به ترتیب ۳۱/۳۹، ۲۴/۲۴ و ۲۰/۱۳ میلی‌مول اکسیژن در کیلوگرم لیپید شد. پراکسید محصول اولیه به دست آمده از اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد. به دلیل جایگزینی یون سدیم با یون آهن موجود در ماکرومولکول‌هایی چون میوگلوبین و ایجاد یون آهن به صورت آزاد، نمک اکسیداسیون چربی‌ها را تسریع می‌کند (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵). در این مطالعه با شور شدن ماهی‌ها در آب نمک از تماس با اکسیژن موجود در هوا جلوگیری شده همچنین نوعی عمل ترکیبی شامل آب‌زدایی توسط نمک و اثر آنتی‌اکسیدانی توسط ترکیبات فنلی موجود در دود از پیشرفت اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری کرده است. با این وجود مقدار پراکسید در همه تیمارها بالاتر از حد قابل قبول است، چون فرآورده شیلاتی دارای مقادیر بالاتر از ۵ میلی‌مول اکسیژن در هر کیلوگرم لیپید برای مصرف انسان مناسب نمی‌باشد (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵). اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها که در واقع بیانگر پیشرفت واکنش‌های اکسیداسیونی می‌باشد، با اندازه‌گیری تیوباریتوریک اسید ارزیابی می‌شود. شاخص تیوباریتوریک اسید تعیین‌کننده مقدار مالونالدئید است که محصول پایانی فرایند اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد. مولکول پراکسید به راحتی به

محصولات دیگر تجزیه شده و از مقدار آن کاسته می‌شود و مقدار تیوباریتوریک اسید در این حالت افزایش می‌یابد، اما در نهایت کاهش در مقدار تیوباریتوریک اسید در اثر واکنش بین مالونالدئید با پروتئین‌ها، آمینواسیدها و گلیکوژن‌ها و غیره رخ می‌دهد (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴). در این آزمایش بالاتر بودن مقدار تیوباریتوریک اسید در تیمار غلظت ۲۶ درصد آب نمک بیانگر این است که اکسیداسیون چربی‌ها هنوز در مراحل انتهایی و کاهش تیوباریتوریک اسید قرار ندارد و فرآورده دودی شور شده در غلظت ۲۶ درصد آب نمک از نظر اکسیداسیون چربی‌ها نسبت به غلظت‌های ۱۰ درصد و ۲۰ درصد آب نمک در شرایط بهتری به سر می‌برد. مجموعه بازهای نیتروژنی فرار، شاخص میزان تجزیه و فساد پروتئین‌ها می‌باشد. مصرف فرآورده شیلاتی که دارای مقادیر بالاتر از ۳۰ میلی‌گرم از این ماده در ۱۰۰ گرم نمونه آن باشد، برای مصرف انسانی مجاز نیست (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق مقدار مجموعه بازهای نیتروژنی فرار در غلظت‌های ۱۰ درصد، ۱۸ درصد و ۲۶ درصد برای ماهی‌های شور شده در دمای محیط به ترتیب ۲۳۳/۳۳، ۱۳۵ و ۷۲/۳۳ و برای ماهی‌های شور شده در دمای یخچال به ترتیب ۲۲۱/۳۳، ۱۶۱/۳۳ و ۹۲/۳۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه شد. افزایش مقدار این ترکیبات در گوشت ماهی در ارتباط با فعالیت باکتری‌ها است (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۴). نمک با کاهش آب در دسترس باکتری‌ها نقش نگهدارندگی خود را ایفا می‌کند. در این آزمایش با افزایش غلظت و دمای آب نمک مقدار بازهای نیتروژنی فرار در فرآورده دودی با کاهش معنی‌دار مواجه شد ($P < 0.05$). غلظت ۲۶ درصد آب نمک با اثر نگهدارندگی خود باعث می‌شود تا افت شدید کیفیت در مرحله دودی شدن کاهش یابد، اما اثر آن کافی نیست. امتیازهای به نسبت بالا در بعضی از ارزیابی‌های حسی به این دلیل است، که مدت دوددهی طولانی است و ماهی‌ها به شدت بو و طعم دودی می‌گیرند. با توجه به نتایج این تحقیق دلیل کیفیت نامطلوب ماهی دودی طولانی شدن فرآیند دوددهی می‌باشد. ماهی‌ها به مدت طولانی درون

مناسب (۲-۱/۲۵ متر در ثانیه) است، استفاده کرد. بعد برای ایجاد طعم دودی چند ساعت دوددهی کافی می‌باشد. معمولاً مجموع مدت دوددهی سرد و خشک کردن حدود ۱۸/۲۴ ساعت خواهد بود (رضوی شیرازی، ۲۰۰۷). با این روش می‌توان فرآورده دودی با کیفیت بهتری را تولید کرد.

دودخانه و در معرض دود قرار می‌گیرند، تا کاملاً خشک شوند. در صورتی که باید خشک کردن و دود دادن را دو مرحله دانست، هر چند که ممکن است در هم آمیخته شوند. برای خشک کردن ماهی‌ها می‌توان از جریان هوا که رطوبتی کمتر از حد اشباع دارد (۵۰-۶۵ درصد) و دارای دمای حداکثر ۲۶-۲۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت

منابع

1. Amerina, M.A., Pangborn, R.V., and Roessler, E.B. 1965. Principles of sensory evaluation of food. New York: Academic Press, 602p.
2. AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry Maryland. 15th edition, 870p.
3. Barat, J.B., Rodriguez-Barona, S., Andres, A., and Fito, P. 2002. Influence of increasing brine concentration in the Cod-Salting process. Journal of Food Science, 67: 1922-1925.
4. Birkland, S., and Bjerkeng, B. 2005. The quality of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmosalar*) as affected by salting method, time and temperature. International Journal of Food Science and Technology, 40: 963-976.
5. Chiralt, A., Fito, P., Barat, J.M., Andres, A., Martinez, G.C., Escriche, I., and Camacho, M.M. 2001. Use of vacuum impregnation in food salting process. Journal of Food Engineering, 49: 141-151.
6. Crozo, O., and Bracho, N. 2004. Effect of brin concentration and temperature on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of sardine sheets. Lebensmittel-wissenschaft and technologie, 37: 475-479.
7. Egan, H., Krik, R.S., and Sawyer, R. 1997. Pearsons Chemical Analysis of Foods. 9: 609-634.
8. Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I., and Fito, P. 2006. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. Journal of Food Engineering, 80: 267-275.
9. Goulas, A.E., and Kontominas M.G. 2004. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. Journal of Food Chemistry, 93: 511-520.
10. Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D., and Kiser, R.A. 2002. Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. Journal of Food Science, 67: 2095-2099.
11. Martinez-Alvarez, O., and Gomez-Guillen, M.C. 2004. The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*). Journal of Food Chemistry, 92: 71-77.
12. Munasinghe, M.A.J.P. 1999. Changes in chemical and yield of Herring (*Clupea harengus*) and Blue whiting (*Micromeirtus poutassou*) under different methods of salting. Fisheries Training Programme, Pp: 1-33.
13. Parvaneh, V. 1996. Quality control and the chemical analysis of foods. Tehran Univ. Press, 325p. (In Persian).
14. Razavie Shirazi, H. 2007. Seafood Technology: principles of handling and processing. Pars Negar Press, 325p. (In Persian).
15. Rora, A.M.B., Birkland, S., Hultmann, L., Rustad, T., Skara, T., and Bjerkeng, B. 2005. Physical and chemical quality characteristics of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets high in soybean or fish oil as affected by cold-smoking temperature. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 38: 201-211.
16. Suvanich, V., Jahncke, M.L., and Marshal, D.L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. Journal of Food Science, 65: 24-29.
17. Wang, D., Tang, J., and Correia, L.R. 2000. Salt diffusivities and salt diffusion in farmed Atlantic salmon muscle as influenced by rigormortis. Journal of Food Engineering, 43: 115-123.
18. Yasemen, Y., Celik, M., and Akamca, E. 2005. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4°C. Journal of Food Chemistry, 97: 244-247.

Effects of brine concentration and temperature on quality of Mahi sefid (*Rutilus frisii Kutum*) smoked by traditional method

***Gh.H. Alipour¹, B. Shabanpour², A. Shabani³ and M.R. Imanpour²**

¹M.Sc. Student, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

³Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

In this study brine with light, moderate and heavy concentrations (10%, 18% and 26%) in two ambient and refrigerator temperatures (16 and 4 °C) were used for salting Mahi sefid. The fish was weighted at 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 and 72 hours intervals after weighting and brining. The end of salting process determined with the cease of fish weight changes. Then the fish was smoked in a traditional smokehouse with cold-smoke and after that analyzed immediately. Experiments were carried out with factorial method in completely randomized design at significant level $P < 0.05$. The results showed that counter-effect of brine concentration and temperature on content of total volatile basic nitrogen, tiobarbituric acid and quality score of taste was significant $P < 0.05$. Comparison of averages showed that minimum contents of moisture, pH, peroxide value and total volatile basic nitrogen were in 26% brine concentration, that they were 46.21%, 6.70, 19.44 mmol O_2 /kg lipid and 72.33 mg per 100g sample respectively. Also maximum contents of ash, salt, fat in dry weight, protein in dry weight and tiobarbituric acid were in 26% brine concentration, that they were 13.09, 16.17, 6.23, 39.92 and 0.24 mg malondialdehyd per kg respectively. In sensory analysis smoked products that salted in 26% brine concentration had higher quality scores, in order to their quality score of taste became equivalent very good. In summary the smoked product that was salted in 26% brine concentration had better quality.

Keywords: Smoking; Mahi sefid; Salting; Brine concentration

* - Corresponding Author; Email: gh.alipour@yahoo.com