مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوازدهم، شماره 2، تابستان 1396، صفحات 116-105

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

اثر فرآیند خشک کردن حرارتی روی شاخص‌های شیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) و نگهداری آن در 4 درجه سلسیوس

مسعود هدایتی‌فرد[1]، ابوالفضل فدوی[2]، نجمه یوسف‌تبار میری[3]

1- نویسنده مسئول: دانشیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران
پست الکترونیکی: hedayati.m@qaemiau.ac.ir

2- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

3- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت: 94/12/15 تاریخ پذیرش: 95/4/13

چکیده

سابقه و هدف: امروزه روش‌های متنوعی جهت حفظ و نگهداری و افزودن زمان ماندگاری فرآورده‌های آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرد که خشک کردن حرارتی یکی از آن‌ها است. در پژوهش کنونی شاخص‌های شیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب ماهی آمور تحت شرایط خشک کردن حرارتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های ماهی به مدت 4 تا 24 ساعت در خشک‌کن با 65 درجه سلسیوس خشک شده و در دمای 4 درجه سلسیوس تحت بسته‌بندی معمولی نگهداری شدند. درجه حرارت و زمان خشک کردن تا کاهش رطوبت به 40 درصد، کنترل شد. تغییرات در فاکتورهای ارزش غذایی، شاخص‌های کیفیت شامل مجموع بازهای فرار (TVB-N)، اندیس پراکساید (PV)، تیوباربیتوریک اسید (TBA) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) و پروفایل اسیدهای چرب (FA) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: در ماهی خشک‌شده به دلیل کاهش رطوبت، مقادیر پروتئین (از 16/01 به 31/15 درصد)، خاکستر (از 1/6 به 6/41 درصد) و چربی (از 4/30 به 13/62 درصد) افزایش یافت ($p<0/05$). بعلاوه، میزان pH از 6/21 به 6/61، مجموع بازهای فرار (TVB-N) از 3/21به 27/27 میلی‌گرم در صد گرم نمونه، اندیس پراکساید از 0/86 به 6/37 میلی اکی والان گرم در کیلوگرم نمونه و میزان TBA از 0/045 به 1/256 میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم نمونه و FFA از 0/45 به 1/79 برحسب درصد اسید اولئیک در ماهی خشک شده افزایش یافت ($p<0/05$). پروفایل اسیدهای چرب نیز در اسیدهای چرب گروه امگا-3 از 2/29 به 2/15، گروه امگا-6 از 13/24 به 16/18 و مجموع EPA+DHA نمونه‌ها از 1/78 به 1/06 g/100g تغییر پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری: تمام شاخص‌های شیمیایی کیفیت طی نگهداری در سردخانه تغییر کردند ولی کیفیت محصول خشک بعد از 30 روز نگهداری در 4 درجه سلسیوس در محدوده قابل مصرف حفظ شد.

واژگان کلیدی: اسیدهای چرب، فرآیند حرارتی، ماهی آمور، شاخص‌های شیمیایی

• مقدمه

امروزه نسبت به گذشته سهم بیشتری از مواد غذایی فرآوری می‌شوند. فن‌آوری مواد غذایی، بازار محصولات غذایی را وسیع‌تر کرده و محصولات فاسدشدنی و حساس را به فرآورده‌های مقاوم تبدیل می‌کند. در نتیجه زمان دسترس به مواد غذایی زیادتر شده و ارزش غذایی و کیفیت آنها محفوظ می‌ماند. به همین دلیل استفاده از ماهی و سایر آبزیان برای تولید فرآورده‌های غذایی در بسیاری از کشورها رواج یافته است (1). ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) یا کپور علف‌خوار (Grass Carp) شباهت ظاهری زیادی به ماهی سفید دریای مازندران داشته، به طوری که عوام آن را سفید پرورشی نیز می‌نامند. پرورش ماهی آمور در استخرهای پرورشی، دریاچه‌های مصنوعی، کانال‌های آبیاری و آبگیرهای طبیعی به

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

عنوان یک منبع مهم تولید پروتئین محسوب می‌شود. گیاهان آبزی منبع اصلی تغذیه ماهی آمور در دوره‌های مختلف رشد می‌باشند (2).

درحال حاضر متوسط سرانه مصرف ماهی در دنیا 19 کیلوگرم است، اما این سرانه در ایران همچنان پایین‌تر و مطابق آمار رسمی، در حدود 10/2 کیلوگرم برای هر نفر در سال می‌باشد (3). به منظور افزایش مصرف سرانه آبزیان به طوری که به آمارهای متوسط مصرف جهانی نزدیک شود، تنوع و تعدد محصولات شیلاتی اهمیت پیدا می‌کند.

اهمیت ماهی به ویژه به دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه مدت‌ها است که مورد مطالعه و بررسی قرار دارد (7-4). به طور کلی ماهی نسبت به گوشت دام دارای آب بیشتری است و نسبت عکس بین چربی و آب موجود در بافت ماهی وجود دارد. ارزش غذایی ماهی به دلیل وجود اسیدهای چرب امگا-3 و حتی امگا-6 و ضرورت وجود آن در جیره غذایی انسان بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است.

ترکیب اسیدهای چرب ماهی از ویژگی‌های منحصر به فردی همچون حضور چند پیوند دوگانه در زنجیره کربن برخوردار است. تعداد این پیوندها در بافت ماهیان بین یک تا شش متغیر است و هر چه طول زنجیره بیشتر و تعداد پیوند دو گانه افزایش یابد از لحاظ ارزش غذایی اهمیت فرآورده افزایش می‌یابد (4).

خشک کردن از متداول‌ترین روش‌ها برای حفظ و نگهداری مواد غذایی است. منظور از خشک کردن گرفتن رطوبت از محصول است. با استفاده از تکنولوژی‌های نو و ماشین‌آلات فرآوری پیشرفته توانسته‌اند بر مشکلات فائق آمده و با تولید و عرضه محصولاتی متنوع و با کیفیت بالا، ارزش افزوده قابل ملاحظه‌ای برای آبزیان مشابه ایجاد نماید. در واقع یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین فرآیندهای حفظ مواد غذایی خشک کردن می‌باشد که با کاهش رطوبت، موجب توقف یا کنترل فعالیت‌های میکروبی، آنزیمی و تقلیل سرعت فعل و انفعالات شیمیایی، افزایش زمان ماندگاری و کاهش وزن و حجم مواد غذایی، سبب سهولت در بسته بندی، حمل و نقل و انبارداری محصولات می‌شود (9، 8). این فرآیند در هر دو روش صنعتی (Industrial Drying) و خورشیدی (Sun Drying) به گونه‌ای اعمال می‌شود که در کنار حفظ مواد غذایی در مقابل فساد، به شاخص‌های کیفی فرآورده از جمله ارزش غذایی، طعم، عطر، رنگ و بافت کمترین صدمه ممکن وارد گردد (10).

منظور از خشک کردن گرفتن رطوبت از محصول است که با دور کردن آب در دسترس (a_w) از میکروارگانیسم‌های عامل فساد (11)، باعث استحکام بافت گوشت ماهی و ایجاد لایه نسبتاً سخت در سطح محصول از خروج رطوبت باقیمانده داخلی جلوگیری نموده، و در نتیجه مانع ایجاد محیط مناسب برای رشد و نمو باکتری‌ها در پروتئین یا مواد ترشح شده از بدن ماهی شده (12) و در مقایسه با برخی فرآورده‌های عمل-آوری‌شده، موجب تغییرات حسی مطلوبی نیز در فرآورده می-شود (14، 13). محققین رطوبت مناسب برای فرآورده‌های دریایی خشک شده را بین 35 تا 40 درصد عنوان نموده‌اند (15، 10، 8) به طوری که محصول هنگام مصرف، قابلیت جذب مجدد آب را داشته باشد. سرعت خشک شدن تابعی از سرعت جریان هوای گرم، وسعت سطح محصول و مقدار گرمایی است که در واحد زمان از هوای گرم به محصول منتقل می‌شود و در صورت ثابت بودن این شرایط، محصولی باکیفیت ثابت تولید می‌شود (16). بنابراین استفاده از خشک کن آزمایشگاهی و یا صنعتی به دلیل اینکه هوای محیط از نظر درجه حرارت و رطوبت قابل تنظیم است، مفید خواهد بود. استفاده از خشک کردن مصنوعی یا مکانیکی این امکان را فراهم می‌سازد که فرآیند در محیطی بسته و تحت کنترل، با درجه حرارتی ثابت ماهی را بدون آسیب، خشک می‌کند (17). تأکید شده است که محصول خشک بهتر است در سردخانه همراه با بسته بندی در شرایط معمولی ایرپک (Air-Pack)، تحت خلاء (Vacuum Packaging) و یا اتمسفر اصلاح شده (MAP: Modified Atmospher Packaging) (18، 8) باشد.

در مقایسه با روش‌های دیگر حفظ ماهی‌ها و سایر مواد غذایی، خشک کردن به عنوان ساده‌ترین روش حفاظتی شناخته می‌شود چرا که تجهیزات مورد استفاده برای خشک کردن، ارزان، مقرون به صرفه و آسان برای مدیریت است (19، 16). امروزه روش خشک کردن در انجماد از بهترین روش‌های خشک کردن است؛ چراکه حداقل ضایعات را به ساختمان و ترکیبات ماده غذایی وارد می‌آورد. در این روش فرآیند تبخیر آب موجود در مواد غذایی تحت خلاء بکار گرفته می‌شود؛ بنابراین ابتدا محصول را منجمد، سپس برای تبدیل آب یخ زده به بخار آب از گرما استفاده می‌کنند (20). البته این روش هزینه‌بر است.

سوابق نشان می‌دهد در سال‌های اخیر نیز تحقیقات متعددی در دنیا پیرامون بهبود شرایط تولید و نگهداری محصولات شیلاتی خشک شده صورت گرفته است. فرآیندهای

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

حرارتی تغییراتی را در ترکیبات گوشت ماهی، به ویژه پروتئین بوجود می‌آورد (10). کاهش حلالیت ناشی از تجمیع و تغلیظ پروتئین، که به‌طور عمده به وسیله تشکیل پیوندهای دی-سولفید، همانند پیوندهای ایزوپپتید بوجود می‌آیند، از اثرات عمده این تغییرات است (21). از طرفی گسستگی‌های مختلف عضلانی منجر به تخریب و دناتوره شدن پروتئین که در درجات مختلف حرارتی ایجاد می‌گردد، از 60 درجه سلسیوس در رشته‌های عضلانی میوزین شروع شده، تا 81 درجه سلسیوس برای رشته‌های عضلانی اکتین می‌رسد (15). همچنین مطالعه Thippeswamy و همکاران (21) که به منظور ارزیابی تغییرات بیوشیمیایی بافت خامه ماهی (*Chanos chanos*) پرورشی در 60 تا 80 درجه سلسیوس صورت پذیرفت، نشان داد که درجه حرارت بهینه برای حفظ بهینه بافت پروتئین ماهیان همان 60 درجه حرارت است.

تحقیقات مرتبط دیگر نیز نتایج مشابهی را نشان دادند؛ به طوری که Raghunath و همکاران (22) تغییرات بیوشیمیایی و تغذیه‌ای انواع ماهیان را طی خشک کردن در درجه حرارت های 50، 60 و 70 درجه سیلسیوس بررسی و بهترین دما برای حفظ پروتئین ماهی را 60 تا 65 درجه سلسیوس برآورد نمودند. همچنین اثر فرآیند خشک کردن روی ترکیبات غذایی و شیمیایی گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) با استفاده از دود دادن و قرار دادن در آون (23) و نیز توسط خشک کردن سنتی با آفتاب و دستگاه خشک کن (24) مورد ارزیابی قرار گرفت و به دلیل حفظ بهتر شاخص‌های کیفی، روش صنعتی ترجیح داده شده است. Howgate و Ahmed در سال 1972 (25) تغییرات شیمیایی و باکتریایی بافت دو نوع ماهی کم-چرب کاد (*Gadus morrhua*) و نیز ماهی پرچرب صبور یا هیلسا (Hilsa ilisha) را طی حرارت دادن و خشک کردن در دمای 30 درجه سلسیوس بررسی نموده، سپس تغییرات ایجاد شده در پروتئین بافت ماهیان، pH و اکسیداسیون لیپیدها را مورد آنالیز قرار دادند و طی آن دریافتند که پروتئین‌های قابل استخراج مایوفیبریلار در هردو گونه طی حرارت‌دهی کاهش یافته و سرعت استخراج در ماهی کاد بیشتر بود، ضمن آنکه جمعیت باکتری‌ها نیز در بدو امر فرآیند افزایش و سپس در دوره نگهداری کاهش یافت. آنها همچنین تغییرات ازت‌های غیرپروتئینی و pH را نیز در راستای تغییرات باکتری‌ها گزارش نمودند. همچنین Bellagha و همکاران (26) مطالعاتی را برروی شور و خشک کردن ماهی ساردین انجام دادند و خصوصیات کیفی ماهیان خشک شده در خشک کردن حرارتی را مناسب‌تر از ماهیان خشک شده با آفتاب تشخیص دادند. از طرفی Astawan و همکارانش (27) تغییرات شاخص‌های کیفی و تغذیه‌ای پروتئین ماهی تون هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) خشک شده و نمک‌سود شده را طی دوره نگهداری مورد بررسی قرار دادند. همچنین Duan و همکاران (28) ماهی تیلاپیا را به دور روش صنعتی مایکروویو و هوای داغ خشک کرده و خصوصیات کیفی آن را مورد بررسی قرار دادند که در این پژوهش چروکیدگی بافت ماهی، میزان جذب دوباره آب و بازگشت مجدد خصوصیات فیزیکی محصول بررسی شد. همچنین خشک کردن با استفاده از مایکروویو از نگاه جنبشی (Drying kinetics) توسط Darvishi و همکاران (29) نیز بر روی ماهی ساردین انجام و شاخص‌های کیفی فرایند از جمله در سرعت خشک شدن، نفوذ مؤثر (Effective diffusivity) و مصرف انرژی آن مورد ارزیابی قرار گرفت و نتیجه گرفته شد که با افزایش طول موج، میزان رطوبت، سرعت خشک‌شدن و نیز نفوذ موثر کاهش یافت و حداقل مصرف انرژی خالص نیز در بالاترین طول موج حاصل شد.

در ایران نیز تحقیقات پیرامون خشک کردن حرارتی ماهی هرچند اندک ولی مسبوق به سابقه است؛ Hedayatifard (16) اثرات فرآیند خشک کردن حرارتی را روی شاخص‌های حسی، شیمیایی، میکروبی و البته ترکیب اسیدهای چرب ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) مورد ارزیابی قرار داد و Rezaei و همکاران (30) ترکیبات مغذی عضلات ماهیان سفید، کپور معمولی و کپور علفخوار را مورد بررسی قرار دادند و ترکیب انواع اسیدهای چرب این گونه‌ها را قبل و بعد خشک شدن ناشی از دودی کردن شناسایی کردند. Moini و Javaheri (31) کاربرد روش اسمزی در خشک کردن ماهی کیلکا و Moini و Jalili (32) از فیله ماهی تون زردباله (*Thunnus albacares*) فرآورده خشک شیرین (Tuna Candy) تولید و شاخص‌های کیفی و ارگانولپتیک آنها را مورد ارزیابی قرار دادند.

با توجه سوابق مذکور، مشخص شده است که محصولات عمل آوری شده همچنان مورد توجه بازارهای مصرف قرار دارند و مطابق تحقیقات موجود خشک‌کردن به عنوان یکی از روش‌های عمل‌آوری مناسب و قابل دسترس ماهیان پرورشی، می‌تواند همچنان مد نظر قرار گیرد (16)؛ از طرفی محصولات خشک تهیه‌شده در شرایط معمولی بسته‌بندی و نگهداری می‌شوند؛ لذا با عنایت به اهمیت تهیه و نگهداری فرآورده‌های خشک ماهی، پژوهش حاضر به تأثیر فرآیند خشک‌کردن حرارتی برروی شاخص‌های شیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

بافت ماهی آمور پرداخته و زمان بهینه جهت تهیه محصول مناسب را مورد ارزیابی قرار داده و روند نگهداری آن را در شرایط بسته‌بندی معمولی و یخچال مورد بررسی قرار می‌دهد.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها: شهریورماه 1393 ماهیان تازه آمور با میانگین وزن 10/50 ±650 گرم و طول 5/20 ±45 سانتی‌متر تهیه و پس از تخلیه امعاء و احشاء، از سمت شکمی شکافته - شدند و سپس خون و ضایعات خارج گردیده، سپس مورد شستشو قرار گرفتند. ماهیان تازه جهت آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه آنالیز خوراک مازندران منتقل شدند. سایر نمونه‌ها از جانب پوست (Skin-Side) درون لایه‌های آلومینیومی مشبک (Perforated Aluminum trays) لفاف شده و در آخر داخل آون الکتریکی آزمایشگاهی با درجه حرارت 65 درجه سلسیوس در پیش تیمارهای زمانی 4، 8، 16 و 24 ساعت خشک شدند تا جایی که رطوبت مورد نظر که 40 درصد بود (33، 21) به دست آید؛ بر همین اساس در فن‌آوری خشک کردن در دمای 65 درجه سلسیوس، مدت زمان 16 ساعت انتخاب گردید.

به محض خشک شدن نمونه‌ها، کلیه آزمایش‌های کیفی مربوطه بر روی آنها صورت پذیرفت. سپس مابقی نمونه‌ها جهت تکرار آزمون‌های کیفی و شیمیایی، همراه با بسته‌بندی با پوشش سلوفان و در هوای معمولی در یخچال با درجه حرارت 4 درجه سلسیوس ذخیره شدند.

آزمایش‌های شیمیایی: آزمون‌های شیمیایی شامل تعیین و اندازه‌گیری پروتئین به روش کجلدال، خاکستر و رطوبت با آون (34) و چربی به روش سرد و بر مبنای استفاده از حلال و بازیابی مجدد آن (35) انجام پذیرفت. مقادیر pH با قرار دادن الکترود "پی اچ متر" (Metrohm, Swiss) در نمونه‌ی بافت ماهی، پس از رقیق شدن با آب مقطر (نسبت 1 به 2) صورت پذیرفت (36). ارزش پراکساید (PV) برحسب $meqO_2/Kg$، اسیدهای چرب آزاد (FFA) برحسب درصد اولئیک اسید (OLA %) و تیو باربیتوریک اسید (TBA) برحسب mgMDA/Kg به عنوان شاخص‌های فساد چربی به روش Kirk and Sawyer (35) و مجموع ازت‌های فرار (TVB-N, Total volatile base nitrogen) بر حسب mg/100g نیز به عنوان شاخص تخریب پروتئین محصول و با روش AOAC (34) اندازه‌گیری گردید.

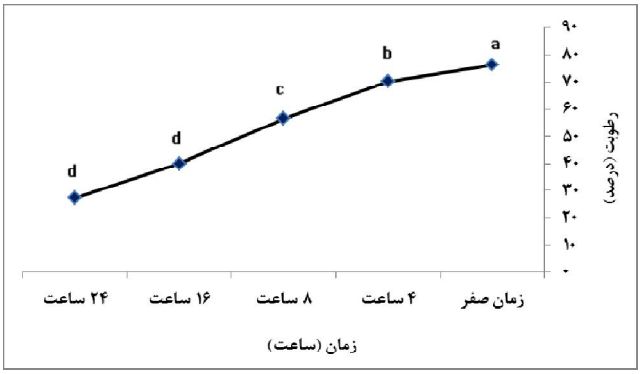
پروفایل اسیدهای چرب: ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی(GC-7890 A, Agilent Technol) با دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای (FID) با ستون موئینه (50m×0.25mm×0.2μm) صورت گرفت (35، 5)؛ به طوری که پس از استخراج چربی، استر متیل اسیدهای چرب تهیه و با دستگاه گاز کروماتوگراف اندازه‌گیری شدند. هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق 240°C، ردیاب 280°C، ستون 160°C، حجم تزریق 1 میکرو لیتر، دمای ستون ابتدا به مدت 5 دقیقه در 160°C ثابت بود و سپس طی 5 دقیقه به 180°C رسیده، 10 دقیقه در این دما ثابت ماند و طی 5 دقیقه دما به 200°C رسید و پس از یک دقیقه به دمای 220°C رسید و 5 دقیقه نیز در این دما نگه‌داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. گاز حامل هیدروژن (0/5 میکرولیتر بر دقیقه)، مقدار تزریق 1 میکرومتر و نرخ شکافت (Split ratio) 1:10 بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) و برحسب g/100g (گرم در صد گرم چربی) تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با آنالیز واریانس یکطرفه (One–way ANOVA) و استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS for Windows, 11.05 انجام و جهت تعیین اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها، از آزمون جداساز توکی (Tukey-HSD) در سطح اطمینان 95 درصد ($p<0/05$) استفاده گردید. تست همگن بودن داده‌ها توسط کولموگراف – اسمیرنوف انجام شد و نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری اسیدهای چرب با روش آماری T-Test بررسی و رسم نمودارها با برنامه Excel^{MT} 2010 انجام شد.

• یافته‌ها

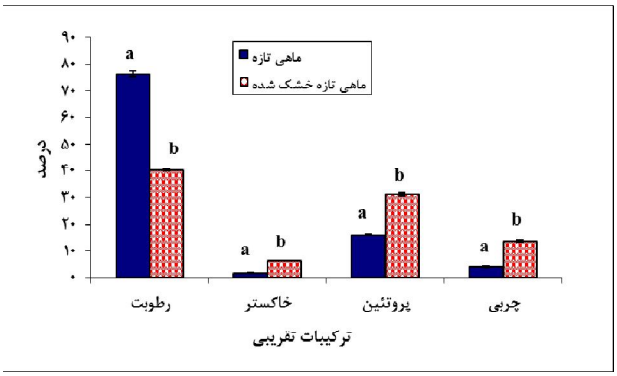
ارزش غذایی: شکل 1 تغییرات رطوبت در طول فرآیند خشک کردن در درجه حرارت ثابت 65 درجه سلسیوس را نشان می‌دهد که طی آن در زمان های صفر، 4، 8، 16 و 24 ساعت، رطوبت به‌طور دائم کاهشی معنی‌دار داشته است ($p<0/05$). رطوبت مورد نظر فرآیند (40 درصد) در زمان 16 ساعت حاصل شد و کمترین میزان رطوبت نیز در ساعت 24 خشک کردن با 1/09±27/32 به‌دست آمد. همچنین شکل 2 ارزش غذایی گوشت ماهی آمور تازه و خشک‌شده را نشان می‌دهد. رطوبت کاهش و در مقابل سایر پارامترهای شیمیایی افزایش یافته‌اند که بیشترین تغییر مربوط به پروتئین بوده است ($p<0/05$).

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017



شکل 1. تغییرات درصد رطوبت بافت ماهی آمور هنگام خشک شدن در زمان-های مختلف نگهداری در 65 °c

حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است (p<0/05).

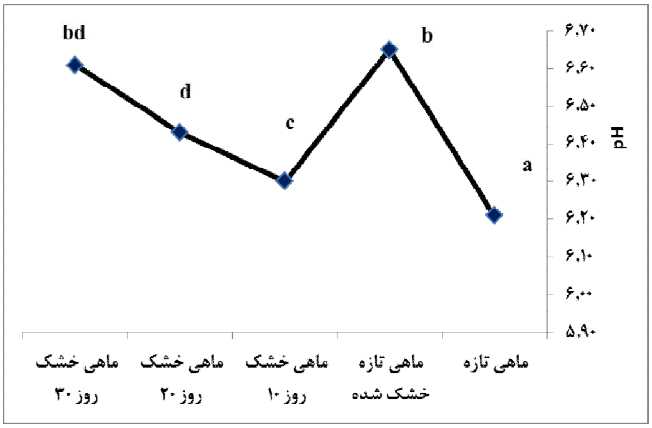


شکل 2. نمودار مقایسه‌ای ارزش غذایی بافت ماهی آمور تازه و خشک شده (درصد)

حروف مختلف در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است (p<0/05).

شاخص‌های شیمیایی: شکل 3 تغییرات pH و جدول 1 شاخص‌های شیمیایی کیفیت بافت ماهی آمور در شرایط تازه، خشک شده و طی 30 روز نگهداری در شرایط یخچال را نشان می‌دهد. pH علاوه بر تغییر طی فرآیند خشک کردن (p<0/05)، در دوره نگهداری در زمان‌های مختلف دستخوش تغییر شد، به طوری که ابتدا کاهش و سپس در تمام دوره نگهداری افزایش یافت (p<0/05).

شاخص TVB-N طی فرآیند خشک کردن ابتدا از 3/21 به 17/23 mg/100g افزایش قابل توجه داشت و در ادامه حین نگهداری به تدریج افزایش یافته و نهایتاً از 18/28 در روز دهم به 27/27 mg/100g در روز سی‌ام نگهداری در یخچال رسید (p<0/05). شاخص‌های فساد چربی شامل PV، TBA و FFA روند افزایشی نشان دادند؛ شاخص PV بین ماهی تازه و خشک شده (به ترتیب با 0/86 و 3/26 $meqO_2/Kg$) متفاوت بود و بالاترین مقدار ثبت شده آن نیز در نمونه نگهداری شده در روز 30 نگهداری با 6/37 $meqO_2/Kg$ به دست آمد. بین محصولات خشک‌شده، در طول دوره نگهداری نیز بعد از 10 روز صرفاً TBA و FFA تغییر کردند (p<0/05) و در بیست روز آخر نگهداری نیز صرفاً در PV روند افزایش ادامه پیدا کرد (p<0/05) درحالی‌که دو پارامتر TBA و FFA بدون تغییر معنی‌دار باقی ماندند (p>0/05).



شکل 3. پارامتر pH در گوشت ماهی آمور خشک شده در زمان‌های مختلف نگهداری

حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است (p<0/05).

جدول 1. شاخص‌های کیفی گوشت ماهی آمور خشک شده در زمان‌های مختلف نگهداری

شاخص کیفی	تیمار				
	ماهی تازه	تازه خشک شده	خشک روز 10	خشک روز 20	خشک روز 30
TVN mg/100g	3/21 ± 0/16 [a]	17/23 ± 0/31[b]	18/28 ± 0/21[b]	19/39 ± 0/15[c]	27/27 ± 0/12 [d]
PV meqO2/kg	0/86 ± 0/02 [a]	3/26 ± 0/09[b]	3/05 ± 0/10[b]	4/14 ± 0/11[c]	6/37 ± 0/21[d]
TBA mgMDA/kg	0/045 ± 0/02 [a]	0/223 ± 0/05[b]	0/715 ± 0/07[c]	1/055 ± 0/10[d]	1/256 ± 0/11[d]
FFA % Ol.A	0/45 ± 0/02 [a]	0/61 ± 0/10 [a]	1/25 ± 0/05 [b]	1/62 ± 0/06 [d]	1/79 ± 0/11 [d]

حروف مختلف کوچک در هر ردیف (بین تیمارها) بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است (p<0/05).

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب: جدول‌های 2 و 3 به ترتیب پروفایل اسیدهای چرب بافت ماهی آمور تازه و خشک شده را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج تعداد 10 اسید چرب از کل اسید چرب تعریف شده در معرف استاندارد بکار رفته، مورد شناسایی قرار گرفت که درمجموع تا 85 درصد کل اسیدهای چرب را شامل شد. عدم شناسایی مابقی به دلیل قلت مقادیر آنها در محاسبه بوده است. در هر دو نمونه تازه و خشک شده اسید اولئیک (C18:1) به ترتیب با 34/90 و 36/02 g/100g (p>0/05) بالاترین اسید چرب را به خود اختصاص دادند. بالاترین اسید چرب سری چند غیراشباع (PUFA) دکوزا پنتانوئیک اسید (DHA C22:6 ω-3) با 1/06 g/100g در نمونه تازه و آراشیدونیک اسید (C20:4 ω-6) با 1/13 g/100g در محصول خشک شده بودند.

نتایج همچنین نشان دهنده فراوانی مجموع اسید چرب غیراشباع ∑UFA در ماهی تازه (با 50/08 g/100g) و ماهی تازه خشک شده (با 55/57 g/100g) می‌باشد. بیشترین میزان مجموع امگا-3 (ω-3) برای ماهی تازه با 2/29 g/100g و بالاترین میزان مجموع امگا-6 (ω-6) در ماهی خشک‌شده و برابر 16/18 g/100g به دست آمد (p<0/05). نسبت ∑UFA به ∑SFA (نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع) در ماهی تازه برابر 1/79 g/100g و برای ماهی خشک شده برابر 1/86 g/100g بود (p>0/05). همچنین نسبت اسید چرب ∑ω–3 به ∑ω-6 در ماهی تازه و ماهی خشک شده به ترتیب برابر 0/17 و 0/13 g/100g می‌باشد (p>0/05). از طرفی بالاترین میزان مجموع EPA+DHA در ماهی تازه با 1/78 g/100g به دست آمده است (P<0/05). شاخص غیراشباعیت (Polyen Index) یا نسبت DHA+EPA/C16 در بافت ماهی تازه 0/07 و در بافت ماهی خشک شده 0/04 محاسبه شد (P<0/05). در بررسی‌های آماری بین دو گروه نمونه، در بین اسیدچرب گروه‌های ω-6 و مجموع EPA+DHA و نیز شاخص پلی‌ئن اختلاف معنی‌دار وجود داشت (p<0/05).

جدول 2. مقایسه پروفایل اسیدهای چرب گوشت ماهی آمور تازه و خشک شده (g/100g)

اسید چرب	تیمار			
	ماهی تازه		تازه خشک شده	
	Mean	±SD	Mean	±SD
C14:0	1/92 a	±0/04	2/09 a	±0/07
C16:0	23/04 a	±1/06	25/05 a	±1/14
C18:0	3/31 a	±0/10	2/65 b	±0/14
C16:1 ω-7	0/37 a	±0/06	1/22 b	±0/07
C18:1 ω-9	34/90 a	±1/15	36/02 a	±1/23
C18:2 ω-6	11/26 a	±0/42	15/05 b	±0/25
C20:4 ω-6	0/98 a	±0/11	1/13 a	±0/12
C18:3 ω-3	0/21 a	±0/02	1/09 b	±0/01
C20:5 ω-3	0/52 a	±0/00	0/21 b	±0/01
C22:6 ω-3	1/06 a	±0/12	0/85 a	±0/06
مجموع اسیدهای چرب شناخته شده	79/07		84/97	

حروف مختلف بین دو ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها است (p<0/05)

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

جدول 3. ترکیب گروه‌های اسیدهای چرب گوشت ماهی آمور تازه و خشک شده (g/100g)

اسید چرب	تیمار			
	ماهی تازه		تازه خشک شده	
	±SD	Mean	±SD	Mean
مجموع اشباع (SFA)	1/25	28/27	1/22	29/79
مجموع تک غیراشباع (MUFA)	2/21	35/27	2/30	37/24
مجموع غیراشباع (UFA)	1/88	50/80	1/71	55/57
مجموع چند غیراشباع (PUFA)	0/25	3/27	0/15	3/28
نسبت چند غیراشباع به اشباع (PUFA/SFA)	0/06	0/11	0/10	0/11
نسبت غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)	0/05	1/79	0/11	1/86
مجموع امگا-3 (ω-3)	0/16	2/29	0/13	2/15
مجموع امگا-6 (ω-6) *	0/23	13/24	0/31	16/18
مجموع EPA+DHA *	0/04	1/78	0/03	1/06
نسبت امگا-3 به امگا-6 (ω-3/ω-6)	0/02	0/17	0/03	0/13
شاخص پلی ئن: DHA+EPA / C16 *	0/02	0/17	0/01	0/04

نسبت‌های ستاره‌دار * بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای همان ردیف است (p<0/05)

• بحث

بررسی ارزش غذایی: نتایج نشان داد مقادیر عددی پروتئین، چربی و خاکستر بر مبنای وزن تر ماهی تازه طی فرآیند خشک کردن افزایش و بالعکس رطوبت آن کاهش می‌یابد. اگرچه از لحاظ کمی رطوبت و پروتئین بیشترین تغییر را داشتند، اما دامنه این تغییرات در چربی بیشتر از سایر فاکتورها بوده به طوری که بیش از 3/17 برابر افزایش پیدا کرد (شکل 1 و 2). این درحالی است که پروتئین علیرغم افزایش از 16/01 با 31/15 درصد، کمتر از دو برابر تغییر داشته است. در دمای ثابت 65 درجه سلسیوس، رطوبت ظرف 4 ساعت از 76/23 به 70/21 درصد و ظرف 16 ساعت به 40/05 درصد رسید (شکل 1) که در گستره رطوبت تعیین شده برای خشک شدن ماهیان استخوانی قرار داشت (21). بیان شده است که رطوبت ماهی حتی در هوای با سرعت ثابت و دمای صفر درجه سلسیوس هم کاهش می‌یابد (8). پژوهش حاضر نشان داد که خشک کردن ظرف 16 ساعت موجب کاهش 36 درصدی رطوبت بر مبنای وزن تر می‌گردد (شکل 1). در شرایط مشابه این کاهش در بافت ماهی کپور نقره‌ای 34 درصد گزارش شده است (16). اندازه‌گیری رطوبت به عنوان یکی از شاخص‌های کیفی فساد ماهیان در مطالعات برخی از محققان دیده می‌شود (37). کاهش رطوبت نمونه‌ها علاوه بر کاهش وزن (16)، باعث کاهش حلالیت پروتئین‌های محلول (38)، افزایش تغییرات اکسیداسیونی، دناتوره شدن پروتئین، تغییر رنگ و در نتیجه افت کیفیت محصول می‌گردد (10). زمانی که پروتئین‌ها بر اثر حرارت دناتوره می‌شوند مقدار زیادی آب از دست داده و وارد فضای ماده پرکننده می‌شوند، ماهیان پرچرب به دلیل اثر بازدارندگی چربی، کمتر دچار چنین مشکلی می‌شوند. محتوی خاکستر محصول در این تحولات کمترین تغییر را داشت و بیانگر تثبیت آن حین عمل‌آوری بوده است. همانند پژوهش کنونی، سایر سوابق نیز نشان داده‌اند که اگرچه خشک سازی ماهی به‌طور مستقیم موجب افزایش پارامترهای مغذی ماهی نمی‌گردد، لیکن بر اساس وزن مرطوب و با توجه به کاهش وزنی رطوبت، تغییراتی در پارامترهای مذکور به وجود خواهد آمد (23، 16).

ارزیابی شاخص‌های شیمیایی: همراه با خشک شدن، pH بافت ماهی آمور به میزان جزئی 0/44 افزایش یافت (p<0/05) (p<0.05) (شکل 3) ولی این افزایش به‌طور مشخص در دوره نگهداری 30 روزه در سردخانه ادامه یافت. در مطالعه مشابهی اگرچه pH بافت ماهی کپور نقره‌ای بلافاصله پس از خشک کردن افزایش نیافت، لیکن در دوره نگهداری چه در شرایط بسته‌بندی تحت خلاء و چه بدون آن رفتار مشابهی با تحقیق کنونی داشت (16). افزایش pH می‌تواند ناشی از فعالیت باکتری‌های پروتئولتیک و تولید بازهای فرار باشد. با این حال

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

میزان pH به عنوان یک فاکتور مطمئن جهت اندازه‌گیری فساد پیشنهاد نمی‌شود. این فاکتور تحت تأثیر سایر فاکتورهای شیمیایی و کیفی قرار دارد (39).

فرآیند خشک کردن موجب افزایش میزان ازت‌های تام فرار (TVB-N) از 3/21 به 17/23 mg/100g و نگهداری محصول خشک شده نیز منجر به ادامه این افزایش تا 27/27 mg/100g می‌گردد ($p<0/05$). با توجه به اینکه وزن تر محصولات محاسبه شده است، بخشی از افزایش TVB-N می‌تواند ناشی از کاهش رطوبت باشد؛ همانند تغییری که در مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر مشاهده شده بود. با این حال نگهداری در شرایط یخچال موجب کند شدن روند تولید بازهای فرار می‌گردد.

از سوی دیگر، تولید TVB-N می‌تواند به دلیل فعالیت باکتری‌های پروتئولتیک و تولید بازهای آلی فرار همانند آمونیاک باشد (40، 16). در نتیجه، نگهداری در شرایط یخچالی تحت دمای 4 درجه سلسیوس، به دلیل کنترل رشد جمعیت باکتری‌ها، می‌تواند موجب کاهش تولید TVB-N نیز گردد. گزارش شده است که TVB-N فرآورده خشک علاوه بر اینکه در طول دوره نگهداری در دمای محیطی افزایش می‌یابد (16) حتی در درجه حرارت 3 تا 4 درجه سلسیوس نیز رخ می‌دهد (8)، از دیگرسو، هرچه درجه حرارت بکار برده شده برای خشک کردن آبزیان بیشتر و زمان حرارت دهی طولانی‌تر باشد، مقدار TVB-N تولید شده بیشتر خواهد بود (41، 32).

Hedayatifard (16) تصریح کرد که مکانیسم تولید TVB-N در فرآورده‌های خشک‌شده از ماهی به‌طور کلی متفاوت با مکانیسم تولید مواد ازته فرار در ماهی تازه می‌باشد. باتوجه به اینکه برای محصولات عمل‌آوری‌شده محدوده مناسب TVB-N بین 30 تا 35 mg/100g پیشنهاد شده است (39)، ماهیان خشک نگهداری‌شده در یخچال در محدوده قابل مصرف قرار داشتند، در حالی که این محدوده برای ماهیان تازه 20 mg/100g عنوان شده است (42).

چربی غیراشباع بافت ماهیان چرب به آسانی توسط واکنش‌های اکسیداسیون دچار تخریب و ایجاد تندی (Rancidity) در بو و طعم و تغییر در بافت و رنگ و ارزش غذای می‌شود (43).

افزایش اسیدیته در فرآورده‌های گوشتی به دلیل فعالیت هیدرولازهایی همانند لیپاز است (44). در فرآرده‌های شیلاتی حد مجاز مصارف انسانی برای PV و FFA به ترتیب 10 $meqO_2/k_{fat}$ و 5 درصد (35) و برای TBA نیز 5 mgMDA/K (39) پیشنهاد شده‌اند. مطابق نتایج هیچ‌یک از شاخص‌های فساد چربی فرآورده خشک از میزان قابل مصرف تجاوز نکردند (جدول 1) ولی به غیر از FFA در بین نمونه تازه و خشک شده اختلاف دیده نشد. با این حال طی 30 روز، بین نمونه‌های نگهداری شده در یخچال در تمام شاخص‌های شیمیایی تفاوت دیده شد ($p<0/05$). این اختلاف بعد از روز دهم نگهداری شدت پیدا کرد؛ اما شاخص‌های TBA و FFA از روز بیستم نگهداری به بعد ثابت ماندند ($p>0/05$). با عنایت به نگهداری محصول در دمای پایین و با توجه به ارتباط بین فرآیندهای اتولیز و افزایش شاخص‌های فساد چربی، تغییرات حاصله می‌تواند ناشی از رشد باکتری‌های ساکروتروف و سایکروفیل نیز باشد.

تغییر پروفایل اسیدهای چرب: مجموع کل اسیدهای چرب گوشت (TFA)، نقش مؤثری در کیفیت ماهی پس از صید دارد (44). نوع فرآیند خشک کردن و تفاوت در درجه حرارت هنگام عمل آوری محصول در خشک کن و همچنین تفاوت در بافت چربی ماهیان مورد مطالعه می‌تواند روی اسیدهای چرب ماهیان مؤثر باشد (10). فرآیند خشک کردن علاوه بر این که بر میزان انواع اسیدهای چرب ماهی به ویژه انواع غیراشباع تأثیر گذاشت (جدول 2)، بلکه موجب تغییر در ترکیب اسیدهای چرب مفید ماهی آمور نیز شد (جدول 3)؛ مهم‌ترین این تغییرات افزایش در مجموع اسیدهای چرب UFA و ω-6 و برعکس کاهش در نسبت اسیدهای چرب مهم و با ارزش DHA+EPA و هردو از گروه ω-3 بود ($p<0/05$). با این توصیف خشک‌کردن موجب کاهش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه و تبدیل آنها به اسیدهای چرب با اشباعیت کمتر شد. این امر در شاخص غیراشباعیت یا پلی‌ئن (DHA+EPA / C16) نیز صادق بود. عیناً نتایج مشابهی پیرامون اثرات خشک کردن روی بافت ماهی کپور نقره‌ای نیز گزارش شد (16). این دو گونه هم‌خانواده و هردو از کپور ماهیان چینی محسوب می‌شوند.

تخریب اسیدهای چرب غیراشباع رابطه مستقیمی با درجه حرارت و مدت زمان حرارت‌دهی دارد و هرچه این دو فاکتور افزایش یابند، مقدار اکسیده شدن اسیدهای چرب غیراشباع بیشتر می‌شود و در نتیجه باعث افزایش عدد پراکسید می‌گردد (16). یافته‌های Telahigue و همکاران (45) و Hedayatifard (16) مشابه نتایج کنونی بود که تغییرات

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

گروه‌های مهم اسید چرب از جمله SFA، MUFA، PUFA، ω-3، ω-6 و نسبت این دو را هنگام خشک کردن در فیله انواع ماهیان گزارش کرده بودند. از طرفی Ben Smida و همکاران (46) نیز کل اسیدهای چرب (TFA) گوشت گل‌آذین ماهی (*Atherina boyeri*) تازه را 4/90 g/100g گوشت برآورد نمودند که پس از خشک کردن به 0/50 g/100g یعنی 10 برابر کاهش رسید. با این حال میزان اسیدهای چرب UFA، PUFA و امگا-3 (ω-3) در ماهی آمور خشک‌شده به ترتیب 55/57، 3/28 و 2/15 g/100g برآورد گردید که در محدوده فیله تازه ماهیانی همچون سوف (*Sander lucioperca*) (6)، کپور نقره‌ای (16)، قزل آلا و ماهی سیم (5) قرار می‌گیرد. نکته مهم اینکه هیچ تفاوت معنی‌داری در نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (UFA/SFA) و چندغیراشباع به اشباع (PUFA/SFA) در ماهی آمور تازه و خشک شده مشاهده نشد ($p>0/05$). یکی از دلایل تغییرات اسیدهای چرب ماهی، از دست دادن آب پس از فرآیند حرارت‌دهی است (44). در پژوهش حاضر علاوه بر این که حرارت‌دهی تا حصول رطوبت به میزان مطلوب ادامه یافت، ماهیان نیز درون پوشش-های آلومینیومی و به دور از حرارت مستقیم قرار گرفته بودند که خود موجب کنترل تغییرات زیاد اسیدهای چرب طی فرآیند بود. افت زیاد غیراشباعیت روغن ماهی، آسیب‌پذیری پراکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد و علاوه بر این، کاهش درجه گروه PUFA که توسط اتو-اکسیداسیون ایجاد شده، به تشکیل ترکیبات فراری منتهی می‌شود که با ایجاد تندی و ترشیدگی همراه هستند (46). بنابراین کاهش شاخص غیراشباعیت (Polyen index-PI) فرآورده در طول دوره نگهداری بیانگر این است که فرآیند اکسیداسیون در فیله ماهیان در جریان بوده است.

در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که فرآیند خشک کردن، میزان رطوبت را کاهش می‌دهد؛ و گرچه تغییری روی FFA ندارد اما موجب افزایش شاخص‌های pH، TVB-N، PV و کاهش مجموع اسیدهای چرب EPA+DHA و شاخص غیراشباعیت می‌گردد. همچنین هنگام نگهداری فرآورده خشک در سردخانه تمام پارامترهای کیفیت تازگی نیز افت کردند. با این حال نمونه‌های ماهی آمور خشک شده در دوره 30 روزه نگهداری از شاخص‌های حسی و کیفی قابل قبولی برخوردار بودند. پایش بلند مدت کیفیت ماهیان خشک شده در حین نگهداری در درجه حرارت محیط یا سردخانه در فصول مختلف، همانند آنچه در بازار عرضه این محصولات در ایران جریان دارد، می‌تواند دورنمای بهتری از کیفیت این فرآورده‌ها را ارائه دهد.

• References

1. Losada V, Barros-Velazques J, Gallardo JM, Aubourg SP. Effect of advanced chilling methods n lipids on lipid damage during sardine*(Sardina pilchardus*) storage. Euro J Lipid Sci Technol 2004; 106:844-850 .
2. Sutton DL. Biology and ecology of *Myriophyllum aquaticum*. Proceedings of the first international symposium on watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) and related Haloragaceae species, 1985; 59-71.
3. FAO. The state of world fisheries and aquaculture: Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 2014; 243p.
4. Ackman, R.G., Composition and Nutritive Value of Fish and shellfish Lipids, In: Ruiter A. editor, Fish and Fishery Products. 1st ed. CABI Publication; NY. USA. 1995: 117–156.
5. Stansby ME. Fish Oils in Nutrition. 1st Edition. AVI. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 1990; 313p.
6. Hedayatifard M, Jamali Z. Evaluation of omega-3 fatty acids composition in Caspian Sea pike perch (*Sander lucioperca*). Int J Agri Biol 2008; 10(2):235-237.
7. Hedayatifard M, Yousefian M. Investigation of the changes of lipid and fatty acid composition of Sturgeon *Acipenser stellatus* under cold storing condition. Fish Technol 2007; 44(2): 193-198.
8. Minh NV. The Effects of Storing and Drying on The Quality of Cured, Salted Cod, Final Project, UNU-Fisheries Training Programme , Nha Trang University, Vietnam, 2007; 58p.
9. Horner WFA. Preservation of fish by curing, drying, salting and smoking. In" Hall GM. Editor, *Fish processing technology*, 2nd edition, London: Blackie Academic and Professional, 1997: 32-73.
10. Doe PE. Fish Drying and Smoking: Production and Quality. New York, NY: Taylor & Francis. 1998; 258p.

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

11. Ashie, INA, Smith JP, Simpson BK, Haard NF. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. Critical Rev Food Sci Nutr 1996; 36: 87-121.

12. Eyo AA. Fish Processing Technology in the Tropics. National Institute for Freshwater Fisheries Research, New Bussa, Nigeria. 2001; 403p.

13. Mol S, Cosansu S, Alakavuk DU, Ozturan S. Survival of *Salmonella enteritidis* during salting and drying of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) fillets, Int J Food Microbiol 2010; 139: 36–40.

14. Andres AS, Rodriguez-Barona JM, Barat Fito P. Salted cod manufacturing: Influence of salting procedure on process yield and product characteristics. J Food Eng 2005; 69: 467-471.

15. Poulter RG, Ledward DA, Godber S, Hall G, Rowlands B. Heat stability of fish muscle proteins, J Food Technol 1985; 20(2): 203–217.

16. Hedayatifard M. Changes of sensory attributes, chemical indices, microbial load and fatty acid composition of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) affected by thermal drying process and vacuum packaging in 4°C. Iran Fish Sci J 2016; 24(4): 127-144 [in Persian].

17. Doe PE. and Olley, J., Drying and dried fish products. In: Skorski ZE. Editor, Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation. CRC Press Boca Ranton, Florida. 1990; Chapter 8: 125-145.

18. Guizani N, Al-Shoukri AO, Mothershaw A, Shafiur-Rahman M. Effects of Salting and Drying on Shark (*Carcharhinus sorrah*) Meat Quality Characteristics, Drying Technol 2008; 26: 705–713.

19. Ako P, Salihu S. Studies on some major and trace metals in smoked and oven-dried fish. J Appl Sci Environ Manage 2004; 8(2): 5-9.

20. Hei A, Sarojnalini Ch. Study Of Protein Quality Of Some Fresh And Smoke-Dried Hill Stream Fishes From Manipur, India. NY Sci J 2012; 5(11): 14-20.

21. Thippeswamy S, Ammu K, Joseph J. Changes in Protein during Drying of Milk Fish (*Chanos chanos*) at 60^{oC}, Fish Technol 2001; 38(2): 97 -101.

22. Raghunath MR, Sankar TV, Ammu K, Devadasan K. Biochemical and nutritional changes in fish proteins during drying, J Sci Food Agri 1995; 67 (2): 197-204.

23. Chukwu, I.M. Shaba. Effects of drying methods on proximate compositions of catfish (*Clarias gariepinus*). World J. Agri. Sci., 2009; 5 (1): 114–116.

24. Akinwumi FO, Fesobi ME, Akinwumi IO, Adejuyigbe AA. Effects of sun and oven drying on the proximate value of African mud catfish, *Clarias gariepinus* (Siluriformes: Clariidae) Burchell, 1822. Adv Food Energy Secur 2011; 1: 29-35.

25. Howgate PF, Ahmed SF. Chemical and bacteriological changes in fish muscle during heating and drying at 30°C. J Sci Food Agri 1972; 23(5): 615–627.

26. Bellagha S, Sahli A, Farhat A, Kechaou N, Glenza A. Studies on salting and drying of sardine: Experimental kinetics and modeling. J Food Eng 2007; 78: 947-952.

27. Astawan M, Wahyuni M, Yamada K, Tadokoro T, Maekawa A. Changes in protein-nutritional quality of Indonesian dried-salted fish after storage, J Sci Food Agri 1994; 66(2): 155–161.

28. Duan ZH, Jiang LN, Wang JL, Yu X, Wang T. Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. Food Bioprod Process 2011; 89: 472-476.

29. Darvishi H, Azadbakht M, Rezaeiasl A, Farhang A. Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating, J Saudi Soc Agric Sci 2013; 12 (2): 121–127.

30. Rezaei K, Hedayatifard M, Fattahi E. Identification and extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from smoked fish and their Effects on the quality, microbial, and fatty acid indexes, J Maz Univ Med Sci 2014; 23(108): 109-21 [in Persian]

31. Moini S, Javaheri M. An Investigation on Usage of Osmotic Method for Drying Kilka, Iran J Agric Sci 2004; 35(4): 901-909. [in Persian]

32. Moini S, Jalili S. Production of *Tuna Candy* and determination of its Shelf life, Journal of Natural Environmental, Iran J Nat Resour 2011; (64) 3: 189-199. [In Persian]

33. Burt JR. The effects of drying and smoking on the vitamin content of fish. In: Burt JR. Editor, Fish Smoking and Drying. London, UK. Elsevier, 1998: 53-61.

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

35. Kirk RS, Sawyer R. Pearson's Chemical Analysis of Foods. 9th Edition, Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK, 1991.

36. ISO. Meat and meat products, Measurement of pH, Reference method No: ISO 2917, 1999.

37. Steiner-Asiedu M, Julshamn K, Lie O. 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 Chem, 1991; 40:309-321.

38. Namulema A, Muyonga JH, Kaaya AN. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at – 13 and – 27°C. Food Res Int 1999; 32: 151-156.

39. Hedayatifard M. Fish and Shrimp Processing Technology, Persia Fishing Industries Company, Tehran. 2003; 120p [in Persian].

40. Fraser OP, Sumar S. Compositional changes and spoilage in fish (part II), microbiological induced deterioration. Nutr Food Sci 1998; 6: 325-329.

41. Ismail N, Wooton M. Fish salting and drying. A review. ASEAN Food J 1992; 7: 175-183.

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017

42. Connell JJ. Control of Fish Quality, 4th Ed., Oxford, England: Fishing News Book(s), 1995: 31-35.

43. Olafsdottir G, Martinsdottir E, Oehlenschlager J, Dalgaard P, Jensen B, Undeland I. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Trends Food Sci Technol 1997; 8: 258–265.

44. Moslemy M, Hosseini H, Khaksar R, Taslimi A, Kafshdouzan K, Shahraz F. Effect of cooking and length of storage on the fatty acid composition and microbial, chemical, and sensory properties of 40%-beef products prepared with soybean . Iranian J Nutr Sci Food Technol. 2010; 5 (1) :29-38. (in Persian)

45. Telahigue K, Hajji T, Rabeh I, El-Cafsi M. The changes of fatty acid composition in sun dried, oven dried and frozen hake (*Merluccius merluccius*) and sardinella (*Sardinella aurita*), Afr J Biochem Res 2013; 7(8): 158-164.

46. Ben Smida MA, Bolje A, Ouerhani A, Barhoumi M, Mejri H, El Cafsi M, et al. Effects of Drying on the Biochemical Composition of *Atherina boyeri* from the Tunisian Coast. Food Nutr Sci 2014; 5: 1396-1404.

Effect of Thermal Drying Process on the Chemical Indices and Fatty acids Composition of Grass-Carp (*Ctenopharyngodon idella*) and those changes during storage at 4°C

Hedayatifard M[1], Fadavi A[2],Youseftabar-Miri N[3]*

*1-*Corresponding author: Associate Prof., Fisheries Department, College of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran. Email: hedayati.m@qaemiau.ac.ir*

2-Assistant Prof., Food Sciences Department Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

3-MSc of Food Sciences Department, Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

Received 5 Mar, 2016 **Accepted 3 Jul, 2016**

Background and Objectives: Nowadays, diverse methods are used for protection and increasing the shelf life of aquatic products and thermal drying is one of them. In the present study chemical indices and fatty acid composition of Grass Carp is investigated as affected by thermal drying.

Materials & Methods: The samples were dried within 4-24 hrs in a laboratory dryer at 65$^{\circ C}$ and stored under Air-pack conditions at 4°C. Temperature and time were recorded until moisture reduced to 40%. Changes of Nutritional value and qualitative indices such as TVB-N, PV, TBA, FFA and Fatty acids profile were studied.

Results: Due to moisture loss, amounts of protein (16.01 to 31.15 %), ash (1.60 to 6.41%) and lipid (4.30 to 13.62%) were increased in the dried product ($P<0.05$). In addition, amounts of pH 6.21 to 6.61, TVB-N 3.21 to 27.27 mg/100g, PV 0.86 to 6.37 meqO_2/Kg and TBA 0.045 to 1.256 mgMDA/Kg and FFA 0.45 to 1.79 % were increased in the dried fish ($P<0.05$). Omega-3 (2.29 to 2.15 g/100g), Omega-6 (13.24 to 16.18 g/100g) and sum of EPA+DHA fatty acids (1.78 to 1.06 g/100g) were changed.

Conclusion: All of qualitative chemical indices were changed during storage in cold- storage but dried products had acceptable quality during 30 days storage at 4°C.

Keywords: Fatty acid, *Ctenopharyngodon idella*, Chemical parameters, Thermal process

Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir at 18:42 +0330 on Tuesday October 17th 2017