



اثر نگهداری ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) منجمد بر خواص کیفی پودر سوریمی تولیدی

حدیث امیری^{۱*}، بهاره شعبان پور^۲، کاوه رحمانی فرح^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

۲- استاد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان

۳- استادیار، گروه پاتوبیولوژی و کنترل کیفی، پژوهشکده مطالعات دریاچه، دانشگاه ارومیه، ارومیه

دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۹ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸

*نویسنده مسئول مقاله: hadis_amiri88@yahoo.com

چکیده:

اثر نگهداری ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای 20°C در فواصل زمانی ۰، ۲، ۴، ۶ ماه بر خواص کیفی پودر سوریمی تولیدی بررسی شد. ویژگی‌های کیفی پودر سوریمی تهیه شده با سنجش ترکیب شیمیایی، تغییر رنگ، ارزشیابی حسی، چگالی، ظرفیت جذب روغن، ظرفیت نگهداری آب، درصد حلالیت پروتئین، ظرفیت امولسیون و پایداری امولسیون، ظرفیت و پایداری کف، توانایی تشکیل ژل و میزان تیوباربیتیک اسید آنالیز گردید. بررسی نتایج بیانگر کاهش معنادار ($p < 0.05$) اکثر شاخص‌ها در تیمارها نسبت به شاهد بود، به‌طوری‌که ظرفیت نگهداری آب و درصد حلالیت پروتئین تیمارها طی دوره نگهداری تا ماه ششم به ترتیب از ۱۳/۴ به ۱۰/۴۶ میلی‌لیتر بر گرم و از ۷/۴۲ درصد به ۴/۸۲ درصد کاهش یافت. همچنین تیمارها به لحاظ ثبات کف پایدار نبودند. میزان چگالی و تیوباربیتوریک اسید (TBA) در تیمارها با گذشت زمان روند افزایشی معناداری داشتند ($p < 0.05$). با توجه به نتایج به‌دست آمده و از دیدگاه ارزیابان حسی، تولید پودر سوریمی با کیفیت مطلوب از ماهی کپور نقره‌ای منجمد، تا ماه چهارم نگهداری ماهی در دمای 20°C درجه می‌باشد.

واژگان کلیدی: ماهی کپور نقره‌ای، منجمد، خواص کیفی، پودر سوریمی

مقدمه:

نگهداری در دمای 18°C - و زیر آن، یکی از بهترین روش‌های نگهداری ماهی و فرآورده‌های شیلاتیبا حداقل کاهش کیفیت می‌باشد (Rao, 1983). نگهداری ماهی به صورت منجمد علیرغم حفظ ارزش غذایی و خواص حسی آن (Aubourge et al., 2005)، نمی‌تواند مانع از اکسیداسیون چربی‌ها (Richard, 2002; Sarma et al., 2000) و دناتوره شدن پروتئین‌ها شود (Benjakul et al., 2005)، ولتا حدودی از سرعت آن‌ها می‌کاهد (Reynolds et al., 2010). پروتئین‌ها چه از نظر کاربردی و چه از نظر تغذیه‌ای جزء ترکیبات اصلی غذایی می‌باشند و برای رشد و بقای ضروری هستند (Venugopal, 2009). پروتئین‌های سارکوپلاسمی در بین پروتئین‌های موجود در گوشت ماهی حساسیت زیادی به فساد دارند، بنابراین می‌توان پروتئین‌های سارکوپلاسمی را که در آب محلول می‌باشند با شستشوی گوشت چرخ شده ماهی با آب به مدت لازم، کاهش داد و یا به طور کامل از بین برد. پس از شستشوی گوشت چرخ شده ماهی، عصاره‌ای از پروتئین‌های میوفیبریلی به نام سوریمی یا خمیر ماهی به جا می‌ماند (Lee, 1986). پودر سوریمی محصولی پایدار از پروتئین ماهی است که میزان پروتئین آن بیش از میزان موجود در گوشت می‌باشد (Shaviklo et al., 2010; Sathivel et al., 2004). تقاضا برای پودر پروتئین ماهی جهت غنی‌سازی مواد غذایی، ارزش افزوده محصول، به عنوان یک جزء کاربردی در غذا و محصولات آماده مصرف به تدریج در جهان در حال رشد می‌باشد (Thorkelsson et al., 2009). از جمله مزایای پودر پروتئین ماهی می‌توان به قابلیت ماندگاری زیاد (بیش از ۶ ماه)، سهولت فرآوری و جابه جایی، هزینه کمتر توزیع و پخش، ترکیب آسان‌تر با سایر مواد اشاره نمود. علاوه بر این به سبب حجم کم، فضای اندکی اشغال

کرده و بنابراین انبارکردن آن راحت‌تر است (Niki et al., 1992). ویژگی‌های کاربردی پودر پروتئین به گونه ماهی، روش استخراج پروتئین و روش خشک کردن بستگی دارد (Hall, 1996). هم‌چنین وجود یا فقدان محافظت‌کننده-ها تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر ویژگی‌های کاربردی پودر پروتئین ماهی می‌نهد (Shaviklo et al., 2010). اما تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی ویژگی‌های کیفی و کاربردی پودر سوریمیز ماهی غیر تازه و منجمد انجام نشده است. انجام داد می‌تواند گوشت را به حالت طبیعی بدون فساد قابل ملاحظه نگه دارد، ولی حتی در این روش نیز هنوز مقداری کاهش کیفیت در طی مدت زمان نگهداری گوشت اتفاق می‌افتد (Verma & Srikar, 1994). بنابراین در این پژوهش تاثیر نگهداری ماهی به مدت ۶ ماه در دمای 20°C - بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، حسی و رئولوژیکی پودر سوریمی تولیدی از گوشت ماهی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها:

مواد و دستگاه‌های به کار گرفته شده

مواد مصرفی: ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)، روغن آفتاب‌گردان خوراکی، پلی‌فسفات، سوربیتول، نمک خوراکی، اسید سولفوریک، قرص کاتالیزور، اسید بوریک، اسید کلریدریک، هیدروکسید سدیم، معرف متیل رد، پترولیوم اتر، کاغذ صافی، ۱- بوتانل، معرف تیوباریتوئیکاسید. مواد آزمایشگاهی همگی دارای درجه آزمایشگاهی و خلوص بالا بودند.

دستگاه‌ها: دستگاه فریزدرایر

Alpha 1-2 LD plus, (Christ, Germany), بـن مـاری (Memmert), دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond GAM-system, England), 500, دستگاه هضم و تقطیر کلدال (vap

(416 SE, Gerhardt, Germany), دستگاه سوکسله (Gerhardt, Germany), دستگاه اسپکتروفتومتر (6100, Jenway, England), هموژنایزر (IKA T25 Digital, ultra, Turrax, Germany), چرخ گوشت (MFW, 1550, Bosch meat Grinder, Germany), آسیاب تیغه‌ای (IKA-WERKE, A10 Germany), آون (WT-binder 7200, Germany), هود آزمایشگاه (مارون کار، ایران).

روش کار:

تهیه سوریمی: به منظور تولید پودر سوریمی، ماهیها متوسط وزن ۱۰۰۰ گرم در پاییز ۱۳۹۳ به صورت زنده خریداری و پس از شستشو با آب سرد، در جعبه‌های یونولیتی با نسبت ۲ به ۱ یخ به ماهی، به طور کامل یخ پوشی و به آزمایشگاه فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردید. سپس در کیسه‌های مخصوص فریزر به طور کامل بسته بندی شده و در دمای 20°C به مدت ۶ ماه نگهداری شدند. عملیات تولید پودر سوریمی هر ۲ ماه یکبار به فاصله زمانی ۰، ۲، ۴، ۶ ماه انجام شد. ابتدا ماهی در دمای محیط انجمادزدایی، سرزنی و تخلیه امعا و احشا، و سپس با آب سرد شستشو گردید. در ادامه پس از فرایند پوست کنی و جداسازی گوشت قرمز از گوشت سفید، ماهی فیله شده و به وسیله چرخ گوشت با دیسک حاوی سوراخ‌های به قطر ۳ میلی متر، خرد شد. سپس گوشت چرخ شده برای تولید سوریمیه کار گرفته شد. تولید سوریمی در این پژوهش با سه بار شستشوی ۱۰ دقیقه‌ای در آب سرد با دمای کمتر از 10°C با نسبت ۳ به ۱ آب به گوشت چرخ شده ماهی به روش Shaviklo و همکاران (۲۰۱۰) با کمی تغییرات صورت گرفت. در مرحله سوم شستشو، ۰/۳ درصد نمک به منظور آب‌گیری بهتر به مخلوط اضافه و سوریمی با تنظیم جمع‌آوری شد. در گام بعدی به سوریمی تولیدی مقادیر ۰/۲

درصد پلی فسفات و ۲ درصد سوربیتول افزوده و مواد در دستگاه غذاساز با هم آمیخته شدند. سپس پروتئین‌های حاوی مواد محافظت کننده دمایی در بسته‌های زیپ کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر در دمای 20°C به مدت حداکثر ۲۴ ساعت منجمد شدند.

تولید پودر سوریمی: از روش خشک کردن تصعیدی جهت تولید پودر سوریمی استفاده شد. بدین منظور سوریمی منجمد حاوی محافظت کننده‌های دمایی به دستگاه فریز درایر منتقل شده و پس از ۷۲ ساعت که نمونه‌ها به وزن ثابت رسیدند، از دستگاه خارج و پس از خشک کردن با آسیاب خرد شدند و از الک با سوراخ ۵۰۰ میکرومتر رد شدند. سپس برای ثابت ماندن اختصاصات پودر سوریمی تولیدی تا زمان تکمیل آزمایشات در کیسه‌های زیپ کیپ قرار داده شد و در فریزر با دمای 20°C نگهداری شدند (Shaviklo et al., 2010).

روش‌های آزمایشی برای ارزیابی پودر سوریمی

ترکیب شیمیایی: محتوی پروتئین از روش کلدال، محتوی چربی به روش سوکسله، محتوی رطوبت با خشک کردن نمونه‌ها در آون به مدت ۴ ساعت در دمای 105°C تا رسیدن به وزن ثابت، و خاکستر در کوره با دمای 550°C انجام شد (AOAC, 1990).

رنگ سنجی: با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج صورت پذیرفت، پس از عکس برداری اولیه مقادیر a^* , b^* , L^* که به ترتیب نشان دهنده روشنایی، زردی، قرمزی است با دستگاه مجهز به رایانه تعیین، فاکتور سفیدی از معادله زیر محاسبه گردید (Sathivel et al., 2008).

$$W=100-[(100-(a^2+b^2)/L^2)]^{1/2} \text{ (سفیدی)}$$

چگالی: نمونه را در یک استوانه مدرج ۱۰ میلی لیتری از قبل توزین شده قرار داده، سپس با تکان دادن ملایم،

مجددا وزن شده و چگالی بر حسب گرم پودر در میلی لیتر محاسبه گردید (Shaviklo et al., 2010).

ظرفیت جذب روغن: در ابتدا ۰/۵ گرم از پودر سوریمی به داخل لوله های ۵۰ میلی لیتری سانتریفیوژ ریخته شده و به هر لوله ۱۰ میلی لیتر روغن آفتاب گردان اضافه شد (Sathivel et al., 2005) و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (25°C) قرار گرفتند و هر ۱۰ دقیقه با قاشقک استیل به مدت ۳۰ ثانیه هم زده شدند (Shahidi et al., 1995). سپس به مدت ۲۵ دقیقه با دور $2560 \times g$ سانتریفیوژ شدند. در انتها مقدار روغن باقی مانده سرریز و توزین گردید. ظرفیت جذب روغن با محاسبه عدد به دست آمده، به صورت میلی لیتر روغن آزاد شده در هر ۱ گرم پروتئین بیان گردید (Sathivel et al., 2008).

ظرفیت نگهداری آب: ۱ گرم پودر سوریمی به تیوب سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتری، حاوی ۴۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه با حرکات حلقوی دست، مخلوط گردیدند. سپس به مدت ۵ دقیقه در $7500 \times g$ در دمای اتاق (25°C) سانتریفیوژ شدند. پس از اتمام فرایند، سوپرناتانت حاصله به داخل لوله آزمایش ۵۰ میلی لیتری منتقل شده و وزن آب خارج شده به عنوان ظرفیت نگهداری آب به صورت میلی لیتر ظرفیت نگهداری آب با ۱ گرم پروتئین بیان گردید (Huda et al., 2001).

درصد حلالیت پروتئین در آب: سوپرناتانت و پودر سوریمی با روش کلدال سنجیده شده (Bragadottirm et al., 2007; Shaviklo et al., 2010) و درصد حلالیت پروتئین از رابطه زیر بدست آمد (Vojdani, 1996):

$100 \times \text{میزان پروتئین پودر سوریمی} / \text{میزان پروتئین محلول} = \text{درصد حلالیت پروتئین در آب}$
درصد ظرفیت امولسیون: ابتدا پودر سوریمی با غلظت ۲٪ (وزنی / حجمی) با ۲۵ میلی لیتر آب مقطر و ۲۵

میلی لیتر روغن سویا برای مدت ۱ دقیقه مخلوط گردید و به تیوب سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتری مخصوص منتقل و به مدت ۵ دقیقه در $7500 \times G$ سانتریفیوژ شد. در انتها، درصد ظرفیت امولسیون با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید: (Shaviklo et al., 2010)

$100 \times \text{حجم امولسیون قبل سانتریفیوژ} / \text{حجم امولسیون بعد از سانتریفیوژ} = \text{ظرفیت امولسیون (درصد)}$
درصد پایداری امولسیون: برای سنجش پایداری امولسیونی از روش اندازه گیری ظرفیت امولسیونی مذکور استفاده گردید، با این تفاوت که قبل از انجام سانتریفیوژ، امولسیون به مدت ۳۰ دقیقه در دمای 90°C در بن ماری گرم شده و بلافاصله با استفاده از آب سرد، نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه خنک گردیدند (Shaviklo et al., 2010).

توانایی تشکیل ژل: توانایی تشکیل ژل برای پودر سوریمی روش Huda و همکاران (۲۰۰۱) با برخی تغییرات اندازه گیری شد. برای این منظور محلول پروتئینی با غلظت های مختلف ۱ تا ۱۰ گرم پروتئین در کیلوگرم آب تهیه و به تیوب ۱۰ میلی لیتری منتقل و برای یک دقیقه هموژن شدند. این تیوب ها در 90°C به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب قرار گرفتند و بلافاصله در حمام آب سرد ($2-0^{\circ}\text{C}$) درجه سانتی گراد) خنک گردیدند. غلظت ژل به عنوان کمترین غلظتی که از تیوب جاری نمی شود، تعیین گردید.

ظرفیت کف: مقداری پودر سوریمی به آب مقطر افزوده شده تا محلول پروتئینی با غلظت ۱۰ گرم پروتئین در کیلوگرم آب به دست آید. سپس در دور بالا به مدت ۱ دقیقه همگن شده و با دقت به یک استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری منتقل گردید. ظرفیت تولید کف از تقسیم میزان حجم محلول بعد مخلوط کردن بر حجم ابتدایی محلول به دست آمد و به صورت درصد عنوان گردید (Shaviklo et al., 2010).

پایداری کف: نسبت ظرفیت کف مشاهده شده بعد از ۸ ساعت به ظرفیت کف ابتدایی بیانگر پایداری کفمی باشد (Shaviklo et al., 2010).

ارزیابی حسی: جهت ارزیابی حسی پودر سوریمی، از ۳۷ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده (۱۳ نفر مرد و ۲۴ زن) با ترتیب سنی ۴۰-۱۸ سال استفاده شد. بدین منظور از آزمون هدونیک و مقیاس ۹ نقطه‌ای استفاده شده (Meilgard et al., 2007). شاخص نخست بوی پودر سوریمی بود که امتیاز ۹ بوی نامطلوب و امتیاز ۱ بوی مطلوب ماهی بود. شاخص دوم رنگ پودر سوریمی بود به‌طوریکه رنگ تیره امتیاز ۹ و رنگ روشن امتیاز ۱ را دارا بود. شاخص سوم بوی ترشیدگی پودر سوریمی، که در صورت فقدان بوی ترشیدگی امتیاز ۱ و در صورت زیاد بودن بوی ترشیدگی امتیاز ۹-۱ برای تیمارها لحاظ شد.

اندازه‌گیری تیوباریوتیک اسید (TBA): ۰/۳ گرم نمونه از هر تیمار به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافت و با ۱- بوتانل به حجم رسانده شد. سپس بالن‌ها به مدت یک دقیقه هم زده شدند. ۵ میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله‌های خشک درب‌دار منتقل شده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف تیوباریوتیک اسید (TBA)؛ از حل کردن ۰/۲ گرم پودر تیوباریوتیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانل) اضافه گردید. لوله‌های درب‌دار به همراه لوله شاهد در بن‌ماری با دمای 95°C به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه، جذب آن‌ها توسط اسپکتوفتومتر، در مقابل محلول شاهد در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. مقدار تیوباریوتیک اسید بر حسب میلی‌گرم مالون‌آلدهید در ۱۰۰۰ گرم نمونه بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Egan et al., 1997):

$$200 / [(50 \times (\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}))] = \text{مقدار تیوباریوتیک اسید (TBA) (میلی‌گرم مالون‌آلدهید / ۱۰۰۰ گرم نمونه)}$$

تجزیه تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار (SPSS 16) انجام شد. وجود اختلافات بین تیمارهای مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه اندازه‌گیری شد. تعداد تکرارها در هر تیمار ۳ می‌باشد. به‌منظور مقایسه میانگین شاخص‌های کیفی عصاره‌های پروتئینی تولید شده با روش‌های مختلف، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد. تفاوت‌های معنادار در تصاویر و جداول به وسیله حروف مختلف مشخص شد. مقادیر به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار (SD) بیان گردیدند.

نتایج:

میزان ترکیب شیمیایی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای 20°C طی ۶ ماه نگهداری با گذشت زمان تفاوت معناداری ($p < 0.05$) را نشان داد (جدول ۱)، به‌طوریکه میزان پروتئین پودر سوریمی تولیدی از ماهی منجمد طی دوره نگهداری تا ماه ششم از ۸۴/۸۸ به ۷۴/۳۸ درصد رسید. همچنین تغییرات رطوبت، چربی و خاکستر در پودر سوریمی تولیدی از ماهی ۶ ماه منجمد، اختلاف معناداری را نشان می‌دهد ($p < 0.05$)، اما این اختلاف روند افزایشی یا کاهش‌شی مشخصی نداشت. شاخص چگالی و تیوباریوتیک اسید پودر سوریمی تولیدی از ماهی کپور ۶ ماه منجمد، افزایش معناداری یافت ($p < 0.05$).

جدول ۱ مقادیر ترکیب شیمیایی، تیوباربتوریک اسید و چگالی پودر سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۰-
چگالی

زمان (ماه)	پروتئین %	چربی %	رطوبت %	خاکستر %	TBA میلی گرم مالون آلدهید/۱۰۰ گرم	چگالی گرم/ میلی لیتر
۰	۸۴/۸۸ ± ۰/۵۱ ^a	۳/۷۵ ± ۰/۱۴ ^b	۳/۳۶ ± ۰/۰۷ ^b	۲/۲۷ ± ۰/۱۲ ^b	۰/۱۸ ± ۰/۰۰ ^c	۲/۶۷ ± ۰/۰۲ ^c
۲	۷۹/۹۲ ± ۱/۵۴ ^b	۵/۶۷ ± ۰/۳۳ ^a	۲/۴۲ ± ۰/۰۸ ^c	۳/۱۳ ± ۰/۱۲ ^a	۰/۱۹ ± ۰/۰۱ ^{bc}	۳/۲۵ ± ۰/۰۲ ^b
۴	۷۵/۸۳ ± ۰/۱۵ ^c	۵/۵۰ ± ۰/۲۸ ^a	۴/۱ ± ۰/۳۳ ^a	۳/۰۳ ± ۰/۲۴ ^a	۰/۲ ± ۰/۰۱ ^{ab}	۳/۶ ± ۰/۰۳ ^a
۶	۷۴/۳۸ ± ۰/۵۱ ^c	۵/۳۳ ± ۰/۱۶ ^a	۳/۲۴ ± ۰/۰۴ ^b	۳/۱۷ ± ۰/۱۸ ^a	۰/۲۱ ± ۰/۰۱ ^a	۳/۶۱ ± ۰/۱۲ ^a

داده‌ها به صورت میانگین (± انحراف معیار) بیان شده‌اند. حروف متفاوت (a-c) نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مورد بررسی می‌باشند.

شاخص ظرفیت جذب روغن، درصد حلالیت پروتئین‌های میوفیبریل در آب، میزان ظرفیت و پایداری امولسیون، و همچنین شاخص ظرفیت تولید کف پودرهای سوریمی با افزایش زمان ماندگاری ماهی در انجماد و شاخص ظرفیت نگهداری آب با گذشت ۶ ماه از انجماد ماهی، کاهش معناداری ($p < ۰/۰۵$) نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲ تغییرات خواص کاربردی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۰-
ظرفیت تولید کف

زمان (ماه)	ظرفیت جذب روغن میلی لیتر/ گرم	ظرفیت نگهداری آب میلی لیتر/ گرم	حلالیت %	ظرفیت امولسیون %	پایداری امولسیون %	ظرفیت تولید کف %
۰	۵/۸۵ ± ۰/۱۳ ^a	۱۳/۴ ± ۰/۱۹ ^a	۷/۴۲ ± ۰/۱۴ ^a	۵۵/۴۶ ± ۰/۵۳ ^a	۶۲/۸۳ ± ۰/۹۱ ^a	۱/۰۸ ± ۰/۰۱ ^a
۲	۵/۳۱ ± ۰/۲۵ ^{ab}	۱۱/۴۷ ± ۰/۱۳ ^b	۵/۳۳ ± ۰/۱۳ ^b	۵۱/۶۷ ± ۰/۸۸ ^b	۵۹/۶۸ ± ۰/۶۳ ^b	۱/۰۷ ± ۰/۰۱ ^a
۴	۴/۹۴ ± ۰/۱۴ ^{bc}	۱۰/۵۱ ± ۰/۱ ^c	۵/۱۵ ± ۰/۰۴ ^{bc}	۴۵/۵۸ ± ۰/۶۴ ^c	۵۶/۷۸ ± ۰/۹۷ ^c	۱/۰۴ ± ۰/۰۱ ^b
۶	۴/۵۹ ± ۰/۱۱ ^c	۱۰/۴۶ ± ۰/۱۲ ^c	۴/۸۲ ± ۰/۰۱ ^c	۴۴/۵۶ ± ۱/۲۶ ^c	۵۵/۰۹ ± ۰/۹۳ ^c	۱/۰۴ ± ۰/۰۱ ^b

داده‌ها به صورت میانگین (± انحراف معیار) بیان شده‌اند. حروف متفاوت (a-c) نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مورد بررسی می‌باشند.

شاخص توانایی تشکیل ژل پودر سوریمی تولیدی از ماهی طی دوره نگهداری کاهش یافت (جدول ۳).

جدول ۳ توانایی تشکیل ژل در پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۰-، در غلظت‌های مختلف ۱ تا ۱۰ گرم پروتئین در کیلوگرم آب

زمان (ماه)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۰	-	-	±	±	+	+	+	+	+	+
۲	-	-	-	±	+	+	+	+	+	+
۴	-	-	±	±	±	+	+	+	+	+
۶	-	-	-	±	±	±	+	+	+	+

علامت - عدم تشکیل ژل، علامت + تشکیل ژل، علامت ± ژل تشکیل شده ولی جاری شده است.

شاخص‌های رنگی پودرهای سوریمی تولید شده تفاوت معناداری ($p < 0.05$) داشتند (جدول ۴). میزان سفیدی و روشنایی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی با گذشت زمان انجماد کاهش یافت، ولی میزان قرمزی با گذشت زمان تفاوت معناداری نداشت. همچنین میزان زردی پودر-های سوریمی تولیدی از ماهی منجمد طی ۶ ماه معنادار بود، اما روند افزایشی یا کاهشی مشخصی نداشت ($p < 0.05$).

جدول ۴ شاخص‌های رنگ پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای -20°C

زمان (ماه)	L (روشنایی)	a (قرمزی)	b (زردی)	w (سفیدی)
۰	94.5 ± 0.23^a	2.37 ± 0.43^a	1.87 ± 0.27^b	93.69 ± 0.29^a
۲	93.96 ± 0.13^b	2.13 ± 0.27^a	3.90 ± 0.80^a	92.44 ± 0.48^{bc}
۴	93.43 ± 0.13^c	2.40 ± 0.00^a	2.63 ± 0.23^{ab}	92.52 ± 0.03^b
۶	92.63 ± 0.13^d	2.00 ± 0.23^a	3.67 ± 0.67^{ab}	91.48 ± 0.24^c

داده‌ها به صورت میانگین ($\pm$ انحراف معیار) بیان شده‌اند. حروف متفاوت (a-c) نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مورد بررسی می‌باشند.

نتایج حسی شامل بوی ترشیدگی، رنگ و بوی پودرهای سوریمی تولیدی در جدول ۵ به نمایش درآمده است. با توجه به امتیازهای حسی، رنگ پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی منجمد در دمای -20°C با گذشت زمان طی ۶ ماه تیره‌تر شد. همچنین با توجه به امتیازهای حسی، بوی پودرهای سوریمی تولیدی، با افزایش زمان نگهداری در انجماد نامطلوب شد. همچنین بوی ترشیدگی در با گذشت زمان انجماد طی ۶ ماه افزایش یافت.

جدول ۵ نتایج ارزشیابی حسی شامل بوی ترشیدگی، رنگ و بوی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای -20°C

زمان (ماه)	بو	بوی ترشیدگی	رنگ
۰	2.4 ± 0.16^d	0.47 ± 0.13^d	1.47 ± 0.13^c
۲	3 ± 0.13^c	1.4 ± 0.13^c	1.8 ± 0.1^c
۴	3.7 ± 0.23^b	2.27 ± 0.12^b	2.47 ± 0.13^b
۶	5.7 ± 0.22^a	3.53 ± 0.17^a	3.1 ± 0.15^a

داده‌ها به صورت میانگین ($\pm$ انحراف معیار) بیان شده‌اند. حروف متفاوت (a-d) نشان‌دهنده تفاوت معنادار میان تیمارهای مورد بررسی می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

(۲۰۱۰)، میزان پروتئین گوشت چرخ شده شسته شده ماهی کپور نقره‌ای طی ۶ ماه نگهداری در فریزر -20°C کاهش معناداری داشته، ولی میزان خاکستر آن افزایش یافت، اما روند تغییرات چربی آن منظم نبود. در پژوهش

پودر پروتئین ماهی با برخورداری بیش از ۶۵ درصد پروتئین، در دسته کنسانتره پروتئین قرار می‌گیرد (Barzana et al., 1994). در مطالعه‌ی Asgharzadeh و همکاران

حاضر، مدت نگهداری ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- بر میزان ترکیب شیمیایی پودرهای سوریمی تولیدی اثر معنادار داشته است (جدول ۱)، به‌طوریکه درصد پروتئین پودرهای سوریمی تولیدی طی دوره نگهداری روند کاهشی را نشان داد. کاهش مقدار پروتئین تیمارها ممکن است با اکسایش پروتئین و مدفون شدن گروه‌های سولفیدریل مرتبط باشد (Makri, 2009). عامل تعیین‌کننده ثبات در طی نگهداری به‌صورت منجمد مقدار چربی بافت ماهی است، اما این چربی‌ها در مقابل اکسیداسیون بسیار آسیب‌پذیر بوده حتی تحت شرایط مناسب نگهداری وارد زنجیره پراکسیداسیون شده و تشکیل رادیکال‌های آزاد پروکسی را می‌دهند و اکسیداسیون را تسریع می‌کنند. در نتیجه نگهداری ماهی حتی در حالت انجماد نیز به مدت طولانی سبب تغییر طعم و بافت گردیده و آنرا غیرقابل مصرف می‌سازد (Lee et al., 1996). درصد چربی و خاکستر پودرهای سوریمی تولیدی طی دوره نگهداری ماهی منجمد در دمای ۲۰- افزایش یافت (جدول ۱). استفاده از شاخص رطوبت برای تعیین کیفیت و میزان فساد ماهی و فرآورده‌های حاصل از آن طی نگهداری، کاربرد زیادی دارد (Ben et al., 1999). افزایش میزان رطوبت پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در ماه چهارم نسبت به ماه صفر (جدول ۱) ممکن است به واسطه ساختار پرانشعاب و متخلخل پودرهای سوریمی تولیدی باشد که سبب شده مقدار از رطوبت محیط را جذب نماید. ظرفیت نگهداری آب به حداکثر میزان آبی که مواد می‌توانند در فرمولاسیون غذایی جذب و نگهداری کنند گفته می‌شود (Quinn & Paton, 1979). ظرفیت نگهداری آب مستقیماً با پروتئین‌های میوفیبریل ارتباط دارد و هر عاملی که باعث تغییر در پروتئین‌های میوفیبریل شود در

قابلیت نگهداری آب پروتئین اثر می‌گذارد (Smith, 1987). در عین حال تغییر ماهیت پروتئین‌های عضلانی طی فرایند انجماد نیز باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب در مراحل بعدی فرآوری می‌گردد (Hall, 1992). تغییرات در پروتئین‌های میوفیبریلی را می‌توان به شکل کاهش قابلیت حل شدن و قابلیت استخراج در نمک و دیگر محلول‌های استخراج‌کننده و همچنین کاهش در فعالیت‌های ATP-ase میوزین و اکتین، گروه‌های سولفیدریل، ویسکوزیته، قابلیت تشکیل ژل و ... مشاهده نمود (Shenouda, 1980). طبق نتایج Huda و همکاران (۲۰۱۱)، کاهش جزئی در میزان ظرفیت اتصال آب سوریمی ماهی سیم باله نخ‌نمی (*Nemipterus*) طی ۱۶ هفته نگهداری در فریزر مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۴)، شاخص ظرفیت نگهداری آب پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- طی ۶ ماه نگهداری روند کاهشی معناداری را نشان داده است ($p < 0.05$). چگالی رفتار ماده در غذا را تعریف می‌کند و شاخص مهمی برای بررسی میزان فضای مورد نیاز جهت بسته‌بندی مواد خوراکی است. چگالی بالا برای موادی که با هدف غنی‌سازی در فرمولاسیون مواد خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند مطلوب نمی‌باشد (Kamara et al., 2009). چگالی که یکی از ویژگی‌های فیزیکی پودر پروتئین ماهی می‌باشد، وابسته به اندازه ذرات، ترکیبات و دمای خشک کردن فرآورده می‌باشد (Huda et al., 2012; Shaviklo et al., 2012). تغییرات میزان چگالی پودرهای سوریمیتولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- با گذشت زمان روند افزایشی معناداری را نشان داده است (جدول ۴). قابلیت جذب روغن خاصیت عملکردی مهمی است که از آن به عنوان محبوس کردن فیزیکی روغن بیان شده است

(Kinsella, 1982) و بیشتر یک پدیده فیزیکی است. بنابراین مهم‌ترین شاخص تاثیرگذار بر ظرفیت جذب روغن چگالی پودر پروتئین ماهی می‌باشد (Sathivel et al., 2004). با مقایسه چگالی با ظرفیت جذب روغن (جدول ۴)، می‌توان به نسبت معکوس آن‌ها پی برد. به‌طور کلی با افزایش چگالی، خلل و فرج پودر سوریمی کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت جذب روغن آن کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص ظرفیت جذب روغن پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- با گذشت زمان، روند کاهشی را نشان داده است. در بین ویژگی‌های عملکردی مختلف، درصد حلالیت پروتئین به دلیل تاثیرگذاری آن بر سایر خواص عملکردی (نظیر خواص امولسیون، کف‌زایی و تولید ژل) از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد. از طریق این اثرگذاری، پروتئین می‌تواند ویژگی‌های قابل توجه دیگری همانند ایجاد طعم، عطر و بافت مطلوب و ارزش غذایی را به همراه داشته باشد (Kinsella, 1982). Boonsumrej و همکاران (۲۰۰۷) به این نتیجه رسیدند که در طی فرآیندهای انجماد و انجمادزدایی، دنا توره شدن پروتئین‌ها اتفاق می‌افتد و کاهش در مقدار پروتئین‌های محلول در نمک به علت دنا توه شدن پروتئین‌ها در نتیجه واکنش اسیدهای چرب آزاد با پروتئین‌های محلول در نمک ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به کاهش حلالیت پروتئین‌ها می‌گردد. درصد حلالیت پروتئین‌های میوفیبریل با افزایش مدت نگهداری ماهی کپور نقره‌ای در دمای ۲۰-، کاهش معناداری را نشان داد (جدول ۴). توانایی پروتئین برای تشکیل حالت پایدار امولسیون جهت برهم کنش میان چربی و پروتئین در سیستم‌های خوراکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ظرفیت امولسیون‌ی بالار در پودر

سوریمی تولیدی به روش انجماد خشک به آن پتانسیل استفاده در محصولات غذایی مختلف را می‌دهد. پروتئین‌ها دارای دو انتهای آب‌دوست و غیر آب‌دوست می‌باشند، بدین ترتیب می‌توانند به‌عنوان امولسیون‌کننده مطرح شوند. هنگامی که پروتئین‌ها تعادل بین این دو انتهای خود را برقرار کنند، ظرفیت امولسیون‌کنندگی در بالاترین سطح خود خواهد بود (Huda et al., 2000). نتایج آنالیز واریانس یک طرفه، تفاوت معناداری را برای ظرفیت امولسیون میان تیمارها نشان داد (جدول ۴). الگوی کلی ظرفیت و پایداری امولسیون تا حدی نزدیک به یکدیگر می‌باشد و با گذشت زمان مقدار این دو فاکتور در پودرهای سوریمی تولیدی روند کاهشی را نشان داده است. میزان بیشتر پایداری امولسیون نسبت به ظرفیت امولسیون تیمارها از نکات قابل توجه در این بخش می‌باشد. با توجه به این که جهت بررسی پایداری امولسیون پس از همگن شدن پودر سوریمی در آب و روغن، مواد مورد حرارت‌دهی قرار گرفتند، پودرهای تهیه شده از تیمارها در اثر حرارت شبه ژل تشکیل دادند و ساختار امولسیون پایدارتر شد. در گزارش برخی پژوهشگران، حلالیت پروتئین در فاز آبی پیش‌نیازی برای ظرفیت امولسیون در نظر گرفته شده است (Chen et al., 2011)، اما ارتباطی میان حلالیت پروتئین و ویژگی‌های امولسیون پروتئین سویا و پروتئین سفیده تخم‌مرغ و پروتئین ماهی شوریده هیدرولیز شده مشاهده نشده بود (Choi et al., 2009). با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، الگوی ظرفیت امولسیون نزدیک به تغییرات حلالیت پروتئین می‌باشد. خصوصیات بافتی و کاربردی پروتئین‌ها عمدتاً به پروتئین‌های میوفیبریل آن‌ها بستگی دارد. اکتومیزین، پروتئین اصلی موجود در میوفیبریل بوده و غالباً در ایجاد خصوصیات

تشکیل ژل پروتئین ماهی نقش ایفا می‌کند. از آنجا که تغییر در ترکیب اکتومیوزین با ظهور گروه‌های سولفیدریل، گروه‌های هیدروفوبیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی همانند فعالیت ATPase همراه می‌باشد، می‌توان به تشکیل پیوندهای دی سولفید که نشان‌دهنده همپوشانی بین پروتئین‌ها و تاثیر بر خصوصیات کاربردی آن‌هاست پی برد (Montecchia et al., 1997). پیوندهای نمک، باندهای هیدروژنی، باندهای دی سولفید و واکنش‌های هیدروفوبیک مهم‌ترین پیوندهای شرکت کننده در تشکیل ساختار شبکه سه بعدی ژل هستند (Benjakul et al., 2003; Pan et al., 2010). همکاران (Sriket, 2010) کاهش در مقدار گروه سولفیدریل در طی روند انجماد را به علت دناتوره شدن مولکول‌های میوزین، به خصوص تغییرات شیمیایی که در آن گروه‌های فعال سولفیدریل در معرض اکسیداسیون قرار می‌گیرد و پیوندهای دی سولفید تشکیل می‌شوند گزارش کردند. طبق گزارش Ohkuma (2008) خواص کاربردی پروتئین‌های میوفیبریل در سوریمی (مانند توانایی تشکیل ژل، ظرفیت نگهداری آب) به علت قرار گرفتن پروتئین‌ها تحت بازشدگی ساختار و انبوهش در طی انبارمانی کاهش می‌یابد (Visessanguan et al., 2005). بررسی خواص شیمیایی و ژل سوریمی ماهیان بومی تایلند در طی زمان نگهداری آن‌ها به شکل منجمد نشان داد که پروتئین‌های محلول در نمک (میوفیبریل) در طی مدت نگهداری با تغییر ماهیت، میل ترکیبی کمتری با آب نشان داده که باعث می‌شود بافت زمینه ژل تولیدی از این پروتئین ظرفیت کمتری را برای نگهداشتن آب داشته باشند (Kinsell, 1976). در پژوهش حاضر، با گذشت زمان نگهداری ماهی در دمای ۲۰- شاخص توانایی تشکیل ژل پودرهای سوریمی تولیدی از آن کاهش یافت. توانایی پروتئین برای تشکیل

فیلم میان دو فاز مایع و هوا را ظرفیت کف‌زایی آن می‌نامند و از جمله ویژگی‌های کاربردی پروتئین به‌شمار می‌رود (Foageding & Davis, 2011). فرآیند تشکیل کف بر پایه پروتئین شامل پراکندگی پروتئین‌های محلول به سمت مرز آب و هوا و تغییرات تطابقی سریع و باز آرایشی در سطح می‌باشد (Foh et al., 2011). بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، شاخص ظرفیت کف‌زایی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد طی ۶ ماه، روند کاهشی را نشان دادند. پایداری سیستم توسط کاهش بین سطح گاز- مایع و تشکیل لایه پروتئینی مقاوم در برابر پاره شدن با کشش‌پذیری (الاستیسیته) بالا در اطراف حباب‌ها و تغییر ویسکوزیته فاز مایع ایجاد می‌شود (Arema et al., 2007). در این مطالعه پایداری کف- های تشکیل شده به مدت ۸ ساعت مورد بررسی قرار گرفت. هیچ‌یک از کف‌های تشکیل شده پایدار نبودند. پایداری کف نیازمند تشکیل یک لایه فیلم ضخیم، چسبناک و ویسکوالاستیک دور هر حباب گاز می‌باشد. بنابراین توانایی کف‌زایی عملکردی از آرایش فضایی مولکول‌های پروتئین می‌باشد (Klompong et al., 2007). تغییرات چربی نقش مهمی را به‌عنوان شاخص افت کیفیت بر عهده دارند و چربی کل یکی از شاخص‌های مهم فساد ماهیان منجمد می‌باشد (Ben et al., 1999). تیوباربیتوریک اسید (TBA) از شاخص‌های مهم فساد چربی می‌باشد که افزایش آن‌ها طی مدت‌زمان نگهداری ماهی یا گوشت چرخ شده آن به شکل منجمد در مطالعات متعددی گزارش شده است و مقدار بالاتر از ۳-۴ میلی گرم مالون‌آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی، افت کیفیت آن را نشان می‌دهد (Wood et al., 1969). میزان اکسیداسیون و هیدرولیز چربی به‌طور قطع در کاهش حلالیت پروتئین‌های میوفیبریل موثر است و می‌-

تواند باعث کاهش قابلیت استخراج این پروتئین در طی فرایند انجماد شود (Srikal et al., 1989).

چربی‌های اکسید شده می‌توانند به وسیله متصل شدن به گروه‌های کاری و مخصوص پروتئین با آن بر هم کنش داشته باشند. گروه‌های کربونیل چربی‌های اکسید شده امکان دارد با شرکت در پیوندهای کوالان منجر به تشکیل تجمع‌های پایدار پروتئین-لیپید شوند (Saeed & Howell, 2002). میزان تیوباربتوریک اسید پودر سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد با گذشت مدت نگهداری ماهی در دمای ۲۰- افزایش معناداری نشان داد (جدول ۱).

Benjakul و همکاران ۲۰۰۵ در بررسی تاثیر نگهداری در دمای ۱۸- بر خواص شیمیایی ماهیان مورد استفاده جهت تولید سوریمی در تایلند دریافتند که با افزایش دوره نگهداری (۶ ماه)، مقدار TBA در تمام ماهیان به تدریج افزایش می‌یابد. رنگ یکی از پارامترهای مهمی که در روش‌های مختلف فرآوری برای فرآورده حاصل یا ژل تولید شده از آن در نظر گرفته می‌شود. رنگ پودر سوریمی یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر بازارپسندی آن می‌باشد. رنگ پودرهای سوریمی تولیدی در این پژوهش با یکدیگر اختلاف آماری معناداری داشتند ($p < 0.05$)، به‌طوری‌که میزان سفیدی و روشنایی پودر سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- طی دوره نگهداری روند کاهشی را نشان داد. میزان زردی در پودرهای سوریمی تولیدی معنادار بود ولی روند کاهشی یا افزایشی مشخصی نداشت ($p < 0.05$)، اما میزان قرمزی در پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- درجه طی ۶ ماه اختلاف معنادار نداشت. Jafarpour & Gorczyca (۲۰۰۸) سفیدی بیشتر سوریمی حاصل از روش سنتی را به دلیل خروج موثرتر میوگلوبین به هنگام شستشو

می‌دانند، در صورتی‌که میوگلوبین در ساختار درونی عضله قرار و به آسانی در روش سنتی خارج نمی‌شود اما هموگلوبین به آسانی طی دستکاری و نگهداری از دست می‌رود (Karayannkidis et al., 2007). همچنین اکسید شدن میوگلوبین عضله منجر به خروج کمتر میوگلوبین به هنگام شستشو می‌گردد (Chen, 2003; Rawdkun et al., 2009). طبق نتایج Huda و همکاران (۲۰۱۱)، سفیدی ژل تولیدی از سوریمی ماهی سیم باله نخعی (*Nemipterus*) با افزایش زمان نگهداری سوریمی، طی ۱۶ هفته کاهش یافت. ارزیابی حسی به‌عنوان روشی مناسب برای برآورد عمر ماندگاری ماهی طی دوره نگهداری است (Aubourg et al., 2002). کیفیت حسی پودر پروتئین ماهی که جهت مصارف انسانی تولید می‌شود، مهم‌ترین ویژگی آن به شمار می‌رود زیرا اگر پودر تولید شده ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کاربردی و تغذیه‌ای مناسبی داشته باشد اما کیفیت حسی آن مناسب نباشد، قابلیت مصرف ندارد (Shaviklo, 2013). بر اساس نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی پودر سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره-ای منجمد طی ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد مشخص گردید که با افزایش زمان نگهداری، امتیاز کیفی شاخص‌های حسی مورد بررسی شامل بوی ترشیدگی، رنگ و بوی پودرهای سوریمی تولیدی کاهش یافت. از نظر ارزیابان حسی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد تا ماه چهارم نگهداری ماهی در دمای ۲۰- دارای شاخص‌های حسی قابل پذیرش می‌باشد. به‌طور کلی بوی نامطلوب ماهیان بر اثر فساد چربی و تشکیل ترکیب‌های با وزن مولکولی پایین، تغییر در ترکیب تری متیل آمین اکساید (Ben-Gigirey et al.,

Ben-gigirey, B., Desousa, J. M., Villa, T. G., and Barros-Velazquez, J. 1999. Chemical changes and visual Appearance of Albacore Tuna as Related to frozen storage. *Journal of food science*, 64: 20-24.

Benjakul, S., Visessanuan, W., Chantarasuwan, C. 2003. Effect of medium temperature setting on gelling characteristic of surimi from some tropical fishes. *Food chemistry*. 82: 567-574.

Benjakul, S., Visessanguan, W., Thongkaew, C., and Tanaka, M. 2005. Effect of Frozen storage on Chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. *Food Hydrocolloids*, 19: 197-207.

Bragadottirm, M., Reynisson, E., Thorarinsdottir, KA., Arason, S. 2007. Stability of fish powder made from saithe (*Pollachinus virens*) as measured by lipid oxidation and functional properties. *Journal of Aquatic Food Product Thechnology*, 16(1):115-136.

Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T., and Takai, R. 2007. Effect of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. *Journal of food Engineering*. 80:292-299.

Chen, H. H. 2003. Effect of cold storage on the stability of chub and horse mackerel myoglobins. *Journal of food science*, 67(8): 2962-2967..

Chen, L., Chen, J., Ren, J. and Zhao, M. 2011. Effects of Ultrasound Pretreatment on the Enzymatic hydrolysis of soy protein isolates and on the emulsifying properties of hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:2600-2609.

Choi, Y. J., Hur, S., Choi, B. D., Konno, K. and Park, J. W. 2009. Enzymatic hydrolysis of recovered protein from frozen small croaker and functional properties of its hydrolysates. *Journal of Food Science*, 74: C17-C24.

Egan, H., Krik, R. S. and Sawyer, R. 1997. Pearsons Chemical Analysis of food. 9th Edn. Longman Scientific and Technical. Pp:609-634.

Foageding, E. A. and Davis, J. P. 2011. Food protein functionality: A comprehensive approach. *Food Hydrocolloids*. 25: 1853-1864.

Foh, M. B. K., Kamara, M. T., Amadou, I., Foh, B. M. and Wenshui, X. 2011. Chemical and physiochemical properties of Tilapia (*Oreochromis*

(Vidya et al., 1996) و تخریب پروتئین‌ها (Vidya et al., 1996) می‌باشد.

نتیجه گیری کلی:

ویژگی‌های کیفی پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد با گذشت زمان طی ۶ ماه کاهش یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده و هم‌چنین از دیدگاه ارزیابان حسی، پودرهای سوریمی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای منجمد تا ماه چهارم نگهداری ماهی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد دارای شاخص‌های حسی قابل پذیرش می‌باشد.

منابع

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, Association of official Analytical chemists, Washing, DC, USA.771.

Arema, M. O. & Olaofe, O. 2007. Functional properties of some Nigerian varieties of AOAC International (13 tr ed). Washington, DC.

Asgharzadeh, A. Shabanpour, B., Santiago P. Aubourg and Hedayat Hosseini. 2010. Chemical changes in silver carp (*Hypophthal michthy molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. Pp: 95-101.

Aubourg, S. P., Lehmann, I., Gallardo, M. J. 2002. Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Journal of science of food and Agriculture*. 82: 176-177.

Aubourge, S. P., and Gallardo, J. M. 2005. Effects Of brine freezing on the rancidity development during the frozen storage of small pelagic fish species. *European journal of lipid science Technology*, 220:107-112.

Barzana, E., and Garcia-Garibay, M. 1994. Production of fish protein concentrates. In: Martin AM (ed) Fisheries processing: biotechnology and application. Chapman and Hall, London, Pp: 206-222.

- Kinsella, J. E. 1976.** Functional properties of proteins in foods: a survey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 7:219-280.
- Kinsella, J. E. 1982.** Relationship between structural and functional properties of food protein. P. 51-60. In P.F. Fox & Condon, J. J. (Ed) *Food proteins*. Applied Science publishers, London.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F. 2007.** Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food Chemistry*. 102: 1317-1327.
- Lee, C. M. 1986.** Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based products. *Food Technology Chicago*, 40(3): 115-124.
- Lee, S. Y., Morr, C. V. and Ha, E. Y. W. 1992.** Structural and functional properties of caseinate and whey protein isolate as affected by temperature and pH. *Journal of food science*. 57: 1210-1214.
- Makri, M. 2009.** Biochemical and textural properties of frozen stored (-22) gilthead seabream (*Sparus aurata*) filets. *African Journal of Biotechnology*. 7: 1287-1299.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V., and Caar, B.T. 2007.** *Sensory Evaluation Techniques*, 4th Ed CRC Press, Taylor and Francis Group. Pp: 264-270.
- Montecchia, CL. Roura, SI. Roldan, D. Perezborla, O. and Crupkin, M. 1997.** Biochemical and physicochemical properties of actomyosin from frozen pre-and post-spawned hake. *Journal of food science*. 62:491-495.
- Niki, H., Matsuda, Y. and Suzuki, T. 1992.** Dried forms of surimi. *Surimi Technology*. New York: Macrel Dekker. Pp:209-244.
- Ohkuma, C., Kawai, K., Viriyarattanasak, C., Mahawarich, T., Tantration, S., Takai, R. et al. 2008.** Glass transition properties of frozen and freeze-dried surimi product: Affect of suger and moisture on the glass transition temperature. *Food Hydrol*. 22: 255-262.
- Pan, J., Shen, H., Luo, Y. 2010.** Cryoprotective effect of trehalose on grass carp (*ctenopharyngodon idella*) surimi during frozen storage. *Journal of food propres*. 34(4): 715-725.
- niloticus*) fish protein hydrolysate and concentrate. *Internation Journal of Biological Chemistry*. 5: 21-36.
- Hall, G. M. and Ahmad, N. H., 1992.** Surimi and fish mince product In: (G. M. Halled.) *Fish processing technology*. VCH publishers Inc., New York, USA.
- Hall, G. M. 1996.** Methods of testing protein functionality. Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman and Hall, 2-6 Boundray Row, London SE1 8HN. 265p..
- Huda, N., Abdullah, A., Babje, A. 2000.** Physicochemical and sensory characteristics of crackers (*Kerupuk*) Formulated with surimi powder. Paper presented at International seminar on the Role of chemistry in Indonesia, August 30-31.
- Huda, N., Aminah, A. and Babji, A. S. 2001b.** Functional properties of surimi powder from three Malaysian marine fish. *International Journal of Food Science and Technology*. 36: 401-406.
- Huda, N., Lengo, O. H., Nopianti, R. 2011.** Cryoprotective effect of different levels of polydextrose in Threadfin bream surimi during frozen storage. *Journal of fisheries and Aquatic science*, 6(4): 404-416.
- Huda, N., Abdullah, R., Santana, P. and Yang, T. A. 2012.** Effect of different dryoprotectants on functional properties of threadfin bream surimi powder. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 3:215-223.
- Jafarpour, A. & Gorczyca, E. M. 2008a.** Characteristics of sarcoplasmic proteins and their Interaction with surimi and Kamaboko Gel. *Journal of food science*, oo(o): N1-N7.
- Kamara, M. T., Zhu, K., Amadou, I., Tarawalie F. and Zhou, H. 2009.** Functionality, in vitro digestibility and physicochemical properties of two varieties of defatted foxtail millet protein concentrate. *International Journal of Molecular Sciences*, 10: 5224-5238.
- Karayannkidis, P. D., Zotos, A., Petridis, D. & Taylor, K. D. A. 2007.** The effect of initial wash at acidic and alkaline PHs on the properties of protein concentrate kamaboko products from sardine (*Sardine pilchardus*) Samples. *Journal of food Engineering*. 78: 775-7830.

- hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Journal of Food Chemistry*, 53: 285-293.
- Shahidi, F. and zhong, Y. 2005.** Lipid oxidation: Measurement methods (6th Ed). Memorial university of newfound dland, Canada. Pp:357-358.
- Shaviklo, Gh. R., Thorkelsson, G., Arason, S., Kristinsson, H., and Sveinsdottir, K. 2010.** The influence of additives and drying on Quality attributes of fish protein powder made from saithe (*Pollachius virens*). *Journal of the science of Food Agriculture*. 90:2133- 2143.
- Shaviklo, Gh. R., Thorkesson, G., Arason. S., and Sveinsdottir, K. 2012.** Characteristics of freeze-dried fish protein isolated from Saithe (*pollachius virens*). *Journal of Food Science and Technology*, 3:309-318.
- Shaviklo, Gh. R. 2013.** Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology*, DoI:10.1007/s13197-013-1042-7.
- Shenouda, S. Y. K., 1980.** Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh *Advanced food Research*, 26: 275-311.
- Smith, D. M. 1987.** Functional and biochemical changes in deboned turkey dueto frozen storage and lipid oxidation. *Food Science*, 52:22-27.
- Srikal, L. N., Seshadari, H. S., and Fazel, A. A. 1989.** Vhanges in lipids and proteins of marine catfish (*Tachysurus dussumieri*) during frozen storage. *International Journal of food science and Technology*, 24: 653-658.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Kijroongrojana, K. 2007.** Comparative studies on the effect of the freezing-thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. *Food chemistry*. 104: 113-121.
- Thorkelson, G., Slizyte, R., Gildberg, A., Kristinsson, HG. 2009.** Fish proteins and peptides processing methods, quality and function-ality. In: Luten IB (ed) Marine functional foods. Wageningen university press, Wageningen, Pp 115-133.,
- Vidya sager Reddy, G. and srikar, L. N. 1996.** Effect of preprocess Ice storage on the lipid change of Japanese thread fin Bream (*Nimerprerus japonicas*) mince during frozen storage. *Asian Fisheriesscience*. 9: 109-114.
- Quinn, J. R. and Paton, D. 1979.** A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. *Journal of cereal chemistry*, 61: 53-59.
- Rao, S. B. 1983.** Denaturation of labeo rohita (*Rohu*) actomyosin on frozen storage preventive effect of carbohydrates, *Fishery Technology*, 20: 1.29.
- Rawdkuen, S., Sai-ut, S., Khamsorn, S., chajjan, M. & Benjakul, S. 2009.** Biochemical and gelling properties of tilapia surimi and protein recovered using and acid-alkaline process. *Food chemistry*, 112: 112-119.
- Reynolds, J., Park, J. W. and Choi, Y. J. 2002.** Physicochemical properties of pacific whiting surimi as affected by various freezing and storage condition. *Journal of food science*, 67(6): 2072-2076.
- Richard, M. P. 2002.** Contribution of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. Ph. D. Thesis, University of Massachusetts, Amherst, USA.
- Saeed, S., and Howell, N. K. 2002.** Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle protein of atlantic mackerel (*Scomber scomberus*). *Journal of the Science of food and Agriculture*, 82: 579-586.
- Sarma, J., Reddy, G. V. S., and Srikar, L. N. 2000.** Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (*Sardinella Longiceps*). *Food Research International*, 33: 815-820.
- Sathivel, S., Bechtel, P. J., Babbitt, J., Prinyawiwatkul, W., Ioan, I., Negulescu, K. D. and Reppond, K.D. 2004.** Properties of protein powders from Arrowtooth flounder (*Atherestes stomias*) and Herring (*Clupea harengus*) byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 16:5040-5046.
- Sathivel, S., Bechtel P. J., Prinyawiwatkul, W. and Patterson, M. 2005.** Functional, nutritional, and rheological properties of protein powder from arrowtooth flounder and their application in mayonnaise. *Journal of food Science*, 70:57-63.
- Sathivel, S. and Bechtel, P. J. 2008.** A comparison of physical and rheological properties of arrowtooth flounder protein made using three different Extracting processes. *Journal of Food Biochemistry*. 32: 557-575.
- Shahidi, F., HanXQ, Synowiecki, J. 1995.** Production and characteristics of protein

Vojdani, F. 1996. Solubility. In: Hall, GM. editor. Methods of testing protein functionality. London: Blackie Academic & Professional. Pp: 27-39.

Wood, G., Hintz, L., and salwin, H. 1969. Chemical alteration in fish tissue during storage at low temperatures. *Journal of Association official chemistry*, 52: 904-910.

Visessanguan, W., Chutima, T., and Munehiko, T. 2005. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. *Food Hydrocolloids*, 19: 197-207.

Verma, J. K., and Srikar, L. N. 1994. Protein and lipid changes in pink perch (*Nemiprerus japonicas*) Mince during frozen storage. *Journal of food science and Technology*, 31: 328-240.



Effects of frozen storage of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on qualitative properties of surimi powder

Hadith Amiri^{1*}, Bahareh Shabanpor², Kaveh Rahmany Farah³

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

2-Professor, Department of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3-Assistant Professor, Department of Pathobiology and Quality Control, Urmia Lake Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran

Received : 24.06.2015 Accepted : 13.02.2016

*Corresponding author: hadis_amiri88@yahoo.com

Abstract:

The effects of frozen storage (-20°C) of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) for periods of 0 (control), 2, 4 and 6 months on the qualitative properties of surimi powder was investigated. Qualitative characteristics were assessed through analysis of proximate composition, sensory evaluation, color changes, density, oil adsorption capacity, water holding capacity, protein solubility, emulsifying capacity, emulsion stability, foam capacity and stability, gel forming ability, and thiobarbituric acid value. Most of the qualitative indices decreased significantly ($p < 0.05$) in the treatments, including the water holding capacity and the percentage of protein solubility that, respectively, decreased from 13.4ml/g and 7.42% in the control to 10.46 ml/g and 4.82% after 6 months of frozen storage. Besides, the treatments didn't show foam. The density and thiobarbituric acid increased significantly with time ($p < 0.05$). Based on the analyses as well as sensory assessment, quality of silver carp surimi powder was maintained in -20°C frozen storage up to four months.

Keywords: Silver carp, Frozen, Qualitative properties, Surimi powder