شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

دوره ۷۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

صفحات ۲۸۳-۲۷۴

بافت و ریزساختار ژل سوریمی ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) متأثر از به‌کارگیری پراکسید هیدروژن (H_2O_2) طی مراحل شستشوی گوشت چرخ شده

نرجس بادفر[۱]، سید علی جعفرپور[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲. دانشیار، گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱/۲۵

چکیده

یکی از عوامل عمده بافت و رنگ نامطلوب در سوریمی ماهیان آب شیرین مربوط به بالاتر بودن درصد عضلات تیره آن‌ها در مقایسه با برخی از گونه‌های تجاری ماهیان دریایی است. در این مطالعه از شاخص پراکسیدهیدروژن در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد طی مراحل مختلف شستشو (یک، دو و سه دفعه) گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای و در نسبت‌های آب به گوشت ۱:۲ و ۱:۳ استفاده‌گردیده و ضمن اندازه‌گیری رنگ سوریمی تولیدشده اثر پراکسیدهیدروژن بر ویژگی‌های بافتی، ظرفیت نگه‌داری آب (WHC) و ریزساختار ژل سوریمی بررسی شد. داده‌های به‌دست آمده نشان داد که طی یک دفعه شستشو در نسبت ۱:۲ در مقایسه به ۱:۳ بافت ژل سوریمی از انسجام بالاتری برخوردار بوده ($P<۰/۰۵$) و این در حالی است که در همین نسبت ۱:۲ بین درصدهای مختلف پراکسیدهیدروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). در مقایسه داده‌های دو دفعه شستشو تیمار ۱٪ پراکسیدهیدروژن و نسبت ۱:۲ به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد که علاوه بر استحکام ژل مطلوب، درصد پراکسیدهیدروژن کمتر و میزان آب کمتری برای شستشو نیاز می‌باشد. همین نتیجه طی سه دفعه شستشو هم به‌دست آمد. در راستای نتایج آزمون نفوذ در مورد شاخص ظرفیت نگه‌داری آب نیز در تمامی دفعات شستشو با افزایش میزان پراکسیدهیدروژن در نسبت‌های ۱:۳ و ۱:۲ آب به گوشت ظرفیت نگه‌داری آب کاهش‌یافته و روند نزولی داشت. عکس‌های میکروسکوپ الکترونی تهیه‌شده با ارائه توپوگرافی بافت ژل سوریمی موید داده‌های بافتی و WHC می‌باشد. نتیجه اینکه با استفاده از میزان ۱ درصد پراکسیدهیدروژن در نسبت ۱:۲ طی سه دفعه شستشو می‌توان ژل سوریمی باکیفیت مناسب از گوشت ماهی کپور نقره‌ای تهیه نمود.

واژگان کلیدی: **کپور نقره‌ای، بافت، ظرفیت نگه‌داری آب، ریزساختار.**

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۸۹۱۳۱۶۳۹۶۹۱+ ایمیل: a.jafarpour@sanru.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

اهمیت نقش آبزیان در تغذیه انسان همیشه مورد توجه بوده است و نیاز به آبزیان به دلیل افزایش رشد جمعیت جهان و مشکل کمبود پروتئین روزبه‌روز بیشتر می‌گردد (Abdoli and Naderi, 2007). بر اساس آمار منتشر شده سازمان تجارت جهانی، الگوی تجارت محصولات کشاورزی از کالاهای اولیه به سمت غذاهای فرآوری شده تغییر کرده است. بنابراین ایجاد ارزش‌افزوده در فرآورده‌های شیلاتی به‌خصوص برای کشورهای درحال توسعه می‌تواند بسیار مفید باشد. با توجه به صید بی‌رویه ذخایر آبزیان در اقیانوس‌ها و آلوده نمودن رودخانه‌ها توسط مزارع پرورش ماهی، سازمان تجارت جهانی نقش و اهمیت فرآوری محصولات شیلاتی و ایجاد ارزش‌افزوده در آن‌ها را به‌عنوان عاملی در جهت تأمین امنیت غذایی و استفاده بهینه از صید تأکید کرده است، بنابراین با توجه به موقعیت استراتژیک ایران از لحاظ ارتباط با منابع غذایی دریایی سرشار و حتی ناشناخته از لحاظ پتانسیل موجود در شمال و جنوب، ایجاد ارزش‌افزوده به این گونه آبزیان و به‌عنوان مثال تهیه سوریمی و استفاده از آن به‌عنوان ماده پایه یا حدواسط در جهت فرآوری محصولاتی از قبیل سوسیس و کالباس و سایر فرآورده‌های تقلیدی مانند خرچنگ، لابستر، اویستر و غیره می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسبی در افزایش مصرف سرانه آبزیان در کشور باشد (Jafarpour, 2012). یکی از این راهکارها می‌تواند بررسی تولید سوریمی با کیفیت مناسب از این گونه‌ها باشد.

سوریمی یک واژه ژاپنی است و به گوشت چرخ‌شده ماهی گفته می‌شود که به‌صورت مکانیکی استخوان‌گیری شده و قسمت زیادی از ترکیبات محلول در آب (پروتئین‌های سارکوپلاسمی به‌همراه خون و آنزیم‌ها) در طول فرایند شستشو خارج‌شده و پروتئین‌های میوفیبریل باقی می‌ماند. این فرآورده حاوی ۷۵٪ تا ۷۹٪ رطوبت است (Lanier, 1992). بافت کامابوکو در مقایسه با بافت سوریمی بسیار قوی‌تر است و احساس دهانی جویدنی دارد. این هر دو ویژگی کامابوکو برای مشتریان مطلوب است (Shan *et al.*, 2010). این امکان وجود دارد که از گونه‌های دارای عضلات تیره در صنعت کامابوکو استفاده شود. شستشو با پراکسیدهیدروژن یک روش آسان اما مؤثر برای سفید کردن گوشت است (Sims *et al.*, 1975). علاوه بر رنگ، بافت یکی دیگر از پارامترهای کلیدی کیفیت تولیدات حاصل از ماهی است و در مورد کامابوکو، مصرف‌کنندگان فیله مستحکم را ترجیح می‌دهند؛ توانایی تشکیل ژل گوشت ماهی بر بافت کامابوکو تأثیر می‌گذارد (Shan *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای، Jafarpour و همکاران (۲۰۰۸)، اثر تیمار پراکسیدهیدروژن و pH را بر روی کیفیت رنگ و ریزساختار بافت فیله ماهی کپور معمولی ماده و ژل سوریمی تهیه شده از آن مورد بررسی قراردادند. Shan و همکاران (۲۰۱۰)، تحقیقی با موضوع بهینه‌سازی استفاده از پراکسیدهیدروژن در فرآیند شستشوی گوشت ماهی کپور معمولی به روش سطح پاسخ (RSM) انجام دادند.

لازم به ذکر است با توجه به مرور منابع انجام شده مطالعات محدودی در خصوص استفاده از پراکسیدهیدروژن به‌منظور بهبود ویژگی‌های کیفی سوریمی انجام شده است، در مطالعه Shan و همکاران (۲۰۱۰)، با این‌که درصدهای ۰/۲ تا ۲/۵ درصد پراکسیدهیدروژن طی مراحل شستشو استفاده شده، اما به نکته مهم فرآیند تولید سوریمی که میزان آب مصرفی و تعداد دفعات شستشو می‌باشد توجهی نشده است. بنابراین پژوهش حاضر با تمرکز بر این موضوع صورت گرفته است، از سویی دیگر براساس مطالعات صورت گرفته تاکنون اثر پراکسیدهیدروژن بر روی پارامترهای بیوفیزیکی از قبیل بافت و ظرفیت نگه‌داری آب ژل سوریمی تهیه شده از گوشت چرخ‌شده حاصل از ماهی کپور نقره‌ای بررسی نشده که در این پژوهش مورد مطالعه قرارگرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. روش تهیه خمیر سوریمی و اعمال فاکتورها

ماهی کپور نقره‌ای از بازار ماهی‌فروشان ساری تهیه شد و پس از قرار دادن در داخل محفظه حاوی یخ (نسبت یخ به ماهی ۱:۱)، بلافاصله به پایلوت فرآوری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شد. پس از سرزنی، تخلیه شکمی و شستشو، پوست ماهی و استخوان‌های آن به‌صورت دستی زدوده

Archive of SID

www.SID.ir

شد و گوشت آن با استفاده از چرخ‌گوشت با منفذ ۳ میلی‌متر چرخ گردید. سپس گوشت چرخ‌شده با آب سرد (۸ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۵ دقیقه شسته شد. بدین‌صورت که نسبت گوشت چرخ‌شده به آب براساس فاکتور نسبت آب: گوشت (W/V) متفاوت بود (۱:۲ و ۱:۳). عمل شستن گوشت چرخ‌شده براساس فاکتور تعداد دفعات شستشو از یک الی سه مرتبه تکرار شده و فاکتور پراکسیدهیدروژن در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳٪، به‌منظور بهبود رنگ گوشت چرخ‌شده در مرحله اول شستشو اعمال‌گردید. به‌منظور خروج موثر آب، در مرحله آخر شستشو مقدار ۰/۳ درصد نمک‌طعام به مخلوط آب و گوشت اضافه شد. در پایان گوشت چرخ-شده شسته شد و با استفاده از پارچه تنظیف با چشمه ۱ میلی‌متر فیلتر شد و در نهایت با استفاده از مولینکس به مدت ۲ دقیقه آسیاب و مخلوط گردید (Jafarpour and Gorczyca, 2009).

۲.۲. تهیه کامابوکو

خمیر سوریمی را به لوله‌های استیل ضدزنگ به طول ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۲/۵ سانتی‌متر منتقل کرده و بعد از بستن درب دو طرف لوله‌ها، آن‌ها را داخل یخچال قرار داده تا سوریمی در دمای ۴°C به مدت تقریبی ۲۴ ساعت فرآیند قوام‌یابی (Setting) را تکمیل نماید (Lanier, 1992).در روز بعد لوله‌های حاوی ژل سوریمی را جهت پختن و تهیه کامابوکو در دمای ۹۰±۲°C به مدت ۳۰ دقیقه در داخل حمام آب گرم منتقل نموده و بعد از تکمیل فرآیند پختن، لوله‌ها را به‌مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب سرد (۴°C) قرار داده و بعد از خروج ژل پخته‌شده یا کامابوکو، آن‌ها را درون یخچال منتقل‌کرده و بعد از ۴۸ ساعت برای انجام آزمایش‌های بعدی از آن‌ها استفاده گردد (Jafarpour *et al.*, 2008).

۳.۲. آزمون تست نفوذ (Puncture test)

این آزمایش براساس روش (Jafarpour and Gorczyca, 2009) انجام شد. ژل‌های حرارت‌دیده یا کامابوکو پس از ۲۴ ساعت نگه‌داری در یخچال به تکه‌های به طول ۲/۵ سانتی‌متر و قطر تقریبی ۲ سانتی‌متر برش داده و برای هم‌دما سازی با دمای محیط برای مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس توسط دستگاه آنالیز بافتی Texture Analyzer CT3, Brookfield, USA مورد ارزیابی قرار گرفتند. دستگاه آنالیز بافت، توسط پروب با سر کروی TA38 و قطر ۱۰ میلی‌متر از جنس استیل ضدزنگ تجهیز شده و میزان بارگیری دستگاه معادل ۱۰ کیلوگرم و نیروی وارده توسط پروب دستگاه، ۵ گرم و سرعت نفوذ آن ۱ میلی‌متر در ثانیه تنظیم شد. میزان نیروی شکست برحسب گرم و فاصله‌ی شکست برحسب میلی‌متر در این آزمون تعیین‌شده و پارامتر استحکام یا استحکام ژل بر مبنای این دو پارامتر محاسبه گردید. تمام محاسبات بر اساس میانگین ۳ تکرار در هر تیمار بود.

رابطه (۱)

استحکام ژل (g.mm) = (mm) فاصله شکست × (g) نیروی شکست

۴.۲. ظرفیت نگه‌داری آب (WHC=Water Holding Capacity)

ظرفیت نگه‌داری آب با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (Universal centrifuge, Iran) و براساس روش Himonides و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد. ابتدا ۵ گرم نمونه را توزین، سپس دو عدد کاغذ صافی وزن گردید. در ادامه، ۵ گرم نمونه را داخل ۲ عدد کاغذ صافی قرار داده، سپس کاغذ صافی و نمونه را داخل لوله‌ی پلاستیکی قرار داده و داخل دستگاه سانتریفیوژ گذاشته و بر روی ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه (دمای ۸°C) تنظیم گردید. در انتها، نمونه بیرون آورده شده و کاغذ را از دور آن بازکرده و با پنس نمونه را برداشته و سپس کاغذ و نمونه به‌طور جداگانه وزن گردید و از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

رابطه (۲) WHC g/kg= [(1-Mw/Ms)1000]

Ms = وزن ابتدایی نمونه به گرم

Mw= وزن آب خارج‌شده از نمونه به گرم بعد از سانتریفیوژ کردن

۵.۲. تهیه عکس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM= Scanning Electronic Microscopy)

Archive of SID

www.SID.ir

جهت مشاهده و بررسی ریزساختار بافت ژل‌های کامابوکو، از دستگاه میکروسکوپ الکترونی استفاده گردید. از داخل نمونه‌های ژل سوریمی قطعات مکعبی شکل (قطر ۲ تا ۳ میلی‌متر) برای سنجش میکروسکوپی ساختار بافت نمونه‌ها تهیه شد. نمونه-های خشک‌شده روی پایه‌های مخصوص با استفاده از چسب‌ویژه چسبیده شدند، سپس سطح آن‌ها را با طلا پوشش داده و در نهایت ریزساختار آن‌ها در ولتاژ ۱۵ کیلووات توسط میکروسکوپ الکترونی XL30 ESEM-FEG با بزرگنمایی ×۱۵۰۰ بررسی شدند (Hosseini-shekarabi *et al.*, 2015).

۶.۲. آنالیز آماری

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. داده‌ها در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و در همین نرم‌افزار، آنالیز داده‌ها در قالب تجزیه‌وتحلیل واریانس Multivariate Analysis انجام شد تا معنی‌دار بودن تفاوت بین میانگین تیمارها مشخص گردیده و سپس از آزمون دانکن برای مشخص‌کردن تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها در سطح α=۰/۰۵ استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. آزمون تست نفوذ

نتایج مربوط به تست نفوذ در تیمارهای مختلف، در جدول ۱نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس چندطرفه در داده‌های ثبت‌شده در این پژوهش، بیانگر این است که در جدول ۱ در داده‌های مربوط به آزمون تست نفوذ ژل‌های کامابوکو تهیه‌شده بعد از یک‌دفعه شستشو، بالاترین استحکام مربوط به تیمارهای ۴،۵،۶ می‌باشد که دارای اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ۱،۲،۳ است (P<۰/۰۵)، اما بین خود فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (P>۰/۰۵). درمورد پارامتر عمق‌نفوذ، تیمار-های ۴،۵،۶ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵). پارامتر نیرو در تیمار ۵ که نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۲٪ است، بیشترین مقدار را داشته و با تیمارهای ۴ و ۶ فاقد اختلاف معنی‌دار بوده (P<۰/۰۵) و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد(P>۰/۰۵).

بر اساس جدول شماره ۱ ، در داده‌های مربوط به آزمون تست نفوذ ژل‌های کامابوکو تهیه شده بعد از دودفعه شستشو ، بالاترین استحکام ژل مربوط به تیمار ۷ و ۱۰ است که به‌ترتیب مربوط به نسبت آب به گوشت ۱:۳ در سطح ۱٪ پراکسیدهیدروژن و نسبت آب به گوشت ۱:۲ در سطح ۱٪ پراکسید هیدروژن می‌باشد که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (P<۰/۰۵)؛ اما تیمار ۷ با تیمار ۱۱ که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و در سطح ۲٪ پراکسیدهیدروژن است دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد (P>۰/۰۵). در رابطه با عمق‌نفوذ، بالاترین میزان عمق‌نفوذ مربوط به تیمار ۱۲ با نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۳٪ است که تنها با تیمار ۹ که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و در سطح ۳٪ پراکسیدهیدروژن است دارای اختلاف معنی‌دار بوده (P<۰/۰۵) ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ندارد (P<۰/۰۵). بالاترین میزان نیرو نیز مربوط به تیمار ۷ بوده که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد(P<۰/۰۵).

براساس جدول ۱ در داده‌های مربوط به آزمون تست نفوذ ژل‌های کامابوکو تهیه‌شده بعد از سه دفعه شستشو، بالاترین استحکام ژل مربوط به تیمار ۱۳،۱۴،۱۶و۱۸ می‌باشد که دارای اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ۱۵ و ۱۷ است (P<۰/۰۵)؛ اما بین خود فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P>۰/۰۵). در رابطه با پارامتر عمق‌نفوذ، تیمار ۱۳ که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪ است، بالاترین عمق‌نفوذ را دارد و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵) و در مورد پارامتر نیرو تیمار ۱۶ با نسبت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪ بیشترین مقدار را دارد و با تیمار ۱۳ فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشد(P>۰/۰۵).

۲.۳. ظرفیت نگه‌داری آب (WHC)

مقادیر به‌دست آمده از آزمون ظرفیت نگه‌داری آب در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تیمار ۱ با نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪، بالاترین ظرفیت نگه‌داری آب را دارد و با تیمار ۲ با نسبت ۱:۳ و سطح

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر مربوط به پارامترهای آزمون تست نفوذ و ظرفیت نگه‌داری آب در تیمارهای مربوط به‌یک، دو و سه دفعه شستشو.

دفعات شستشو	تیمار	نسبت آب به گوشت	درصد پراکسید هیدروژن	نیرو (g)	عمق نفوذ (mm)	استحکام ژل (g.mm)	ظرفیت نگه‌داری آب (g/kg)
یک‌دفعه	۱	۱:۳	٪۱	۴۲۷±۳۴/۰۰^{b}	۹/۵۳±۰/۴۷^{ab}	۴۰۶۹±۱۲۵^{b}	۸۳۰±۱۸/۱۴^{ab}
	۲		٪۲	۳۶۹±۵۵/۵۰^{b}	۹/۳۸±۰/۴۰^{ab}	۳۴۶۱±۳۷۳^{b}	۸۱۰±۵/۰۰^{bc}
	۳		٪۳	۳۹۴±۲۰/۰۰^{b}	۸/۹۷±۰/۸۱^{b}	۳۵۳۴±۴۹۶^{b}	۷۷۹±۴۴/۵۰^{cd}
	۴	۱:۲	٪۱	۴۹۲±۵۰/۵۰^{ab}	۹/۹۹±۰/۰۰^{a}	۴۹۱۵±۵۰۶^{ab}	۷۶۶±۲۶/۴۰^{d}
	۵		٪۲	۶۴۳±۸۹/۵۰^{a}	۹/۲۲±۰/۴۶^{ab}	۵۹۲۸±۱۱۷^{a}	۷۹۳±۸/۶۲^{bcd}
	۶		٪۳	۵۹۶±۱۶۴^{a}	۹/۹۸±۰/۰۰^{a}	۵۹۴۸±۱۴۱^{a}	۷۵۳±۳۲/۲۷^{d}
دودفعه	۷	۱:۳	٪۱	۸۱۷±۶۴/۵۰^{a}	۹/۰۰±۰/۰۸^{ab}	۷۳۵۳±۶۴۱^{ab}	۷۹۰±۱۰/۸۵^{a}
	۸		٪۲	۶۹۵±۲۴/۵۰^{bc}	۹/۰۶±۰/۸۶^{ab}	۶۲۹۶±۳۷۳^{cd}	۷۴۸±۸/۱۸^{ab}
	۹		٪۳	۷۴۷±۱۳/۵۰^{b}	۸/۳۴±۰/۸۴^{b}	۶۲۲۹±۷۳۶^{cd}	۷۰۱±۵۲/۹۹^{b}
	۱۰	۱:۲	٪۱	۷۵۵±۳۲/۰۰^{b}	۹/۹۶±۰/۰۳^{a}	۷۵۱۹±۲۹۶^{a}	۷۷۷±۷/۵۷^{a}
	۱۱		٪۲	۶۷۴±۲۸/۵۰^{c}	۹/۷۲±۰/۰۳^{a}	۶۵۵۱±۲۶۰^{bc}	۷۶۹±۱۳/۵۲^{a}
	۱۲		٪۳	۶۰۷±۱۷/۵۰^{d}	۸/۹۸±۰/۹۸^{ab}	۵۴۵۰±۴۳۵^{d}	۷۵۸±۳۴/۷۷^{a}
سه‌دفعه	۱۳	۱:۳	٪۱	۸۳۷±۱۵/۵۰^{a}	۹/۷۱±۰/۰۴^{a}	۸۱۲۷±۵۱۹^{a}	۸۱۰±۱۴/۵۷^{a}
	۱۴		٪۲	۷۸۹±۸/۵۰^{b}	۸/۹۱±۰/۴۶^{b}	۷۰۲۹±۵۱۰^{a}	۸۰۳±۱۲/۰۵^{b}
	۱۵		٪۳	۷۳۹±۱۶/۰۰^{c}	۸/۶۶±۰/۱۰^{bc}	۶۳۹۹±۲۱۲^{b}	۷۶۶±۹/۱۱^{c}
	۱۶	۱:۲	٪۱	۸۵۲±۴۶/۰۰^{a}	۹/۱۶±۰/۲۰^{b}	۷۸۰۴±۵۹۱^{a}	۷۷۴±۲۰/۸۲^{c}
	۱۷		٪۲	۷۰۸±۱۴/۵۰^{c}	۸/۲۱±۰/۳۶^{c}	۵۸۱۲±۳۷۰^{b}	۷۵۱±۳/۱۰^{cd}
	۱۸		٪۳	۵۹۱±۳۱/۰۰^{d}	۸/۶۷±۰/۴۱^{bc}	۵۱۲۳±۳۰/۶۰^{a}	۷۳۹±۹/۳۷^{d}
شاهد				۸۵۵±۱۷/۰۰	۹/۹۹±۰/۰۰	۸۵۴۱±۰/۰۸	۸۴۳±۳۷/۳۱

میانگین‌های موجود در ستون‌های مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، مطابق آنالیز واریانس چندطرفه و آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) می‌باشند.

پراکسیدهیدروژن ۲٪ و ۵ با نسبت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۲٪ دارای اختلاف معنی‌دار نیست ($P>۰/۰۵$)، اما با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

با توجه به مقادیر مربوط به آزمون ظرفیت نگه‌داری آب در تیمارهای مربوط به دو دفعه شستشو، بالاترین میزان ظرفیت نگه‌داری آب مربوط به تیمار ۷ با نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪ است و با تیمارهای ۸،۱۰،۱۱،۱۲ فاقد اختلاف معنی‌دار است ($P>۰/۰۵$). تیمار ۹ که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۳٪ است، با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$)، ولی با تیمار ۸ که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۲٪ است اختلاف معنی‌دار ندارد ($P>۰/۰۵$).

مقادیر مربوط به آزمون ظرفیت نگه‌داری آب در تیمارهای مربوط به سه‌دفعه شستشو، بیانگر این است که بیشترین میزان ظرفیت نگه‌داری آب مربوط به تیمار ۱۳ است که نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪ می‌باشد که و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار است($P<۰/۰۵$).

۳.۳. عکس‌های SEM

با توجه به نتایج مربوط به تســـت نفوذ و در نظر گرفتن حداقل میزان آب مصرفی جهت شستشو تیمارهای زیر جهت برر سی ریز ساختار ژل کامابوکو برای عکس‌های میکروسکوپ الکترونی انتخاب شدند (شکل ۱).

۴. بحث و نتیجه گیری

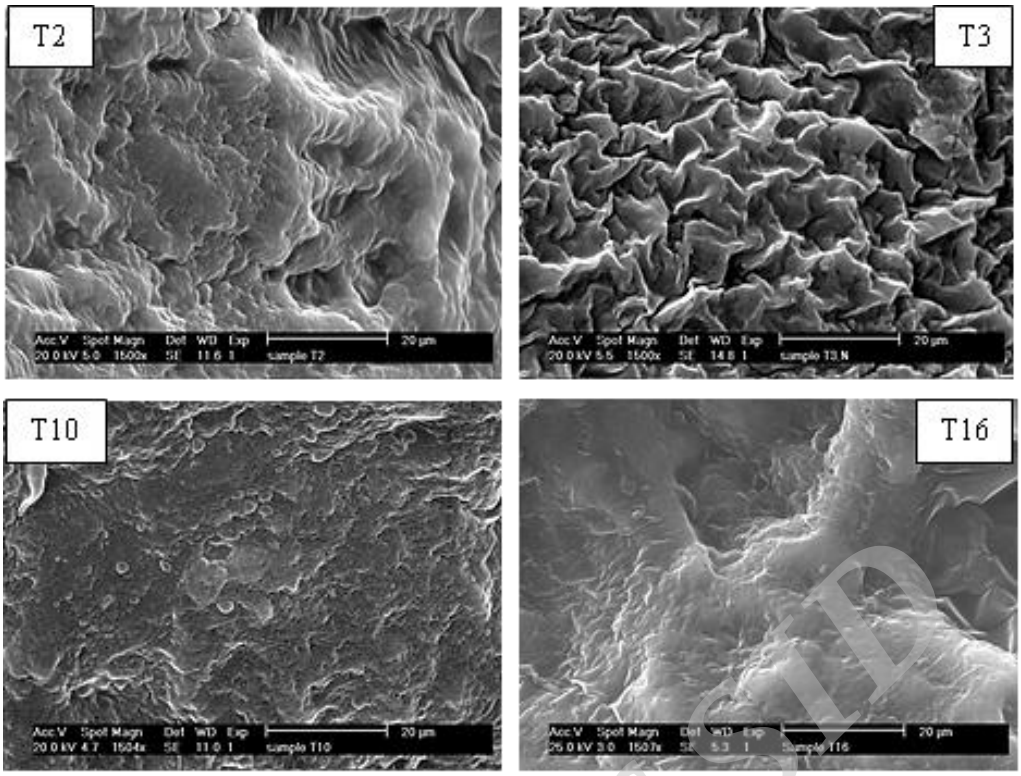
۱.۴. آزمون تست نفوذ

با افزودن ترکیبات گوناگون به سوریمی، می‌توان استحکام آن را افزایش داد (Martin-Sanchez *et al.*, 2009). ژل سوریمی از شبکه سه‌بعدی پروتئینی تشکیل می‌شود که عمدتاً متشکل از اکتومیوزین است (Jiang, 2000). تشکیل ژل از پروتئین‌های ماهی در خمیر سوریمی مهم‌ترین مرحله در ایجاد یک بافت قابل‌پذیرش در بسیاری از محصولات غذاهای دریایی می‌باشد (Harper *et al.*, 1978; Hamada and Inamasu, 1983; Camou *et al.*, 1989).

پارامتر استحکام ژل سوریمی حرارت دیده شده (کامابوکو) متأثر از دو پارامتر نیرو (g) و عمق‌نفوذ (mm) می‌باشد. براساس مرور منابع دو پارامتر نیرو و

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ – عکس‌های میکروسکوپ الکترونی از ریزساختار ژل‌های سوریمی ماهی کپور نقره‌ای تیمارشده با پراکسیدهیدروژن (T3 مربوط به تیمار یک دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۳٪؛ T2 مربوط به تیمار یک‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۲٪؛ T10 مربوط به تیمار دودفعه شستشو نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪؛ T16 مربوط به تیمار سه‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۱٪).

عمق‌نفوذ از اهمیت بالاتری برخوردارند، زیرا بیانگر میزان انسجام یا به‌هم‌پیوستگی بافت می‌باشد. بنابراین در مورد ژل‌های پروتئینی که دارای انسجام ژل یکسانی می‌باشند، عامل تعیین‌کننده در برآورد کیفیت ژل، پارامتر عمق‌نفوذ می‌باشد؛ اما در داده‌های ثبت‌شده در این پژوهش بالاترین استحکام ژل در طی یک‌دفعه شستشو مربوط به تیمارهای شماره ۴،۵،۶ می‌باشد که دارای اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ۱،۲،۳ بوده، اما بین خود فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. بنابراین با مراجعه به پارامتر عمق‌نفوذ می‌توان کیفیت ژل برتر را تعیین کرد، اما تیمارهای ۴،۵،۶ بر این پارامتر نیز فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگرند. بنابراین با در نظر گرفتن نسبت گوشت به آب و درصد پراکسیدهیدروژن می‌توان تیمار ۴ با سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۱٪ و نسبت آب به گوشت ۱:۲ را به‌عنوان تیمار برتر که علاوه بر استحکام ژل مطلوب دارای درصد پراکسیدهیدروژن کمتر و میزان آب کمتری برای شستشو می‌باشد، انتخاب نمود. براساس نتایج که مربوط به دودفعه شستشو است، با توجه به اینکه درصد بالای پراکسیدهیدروژن می‌تواند ملاحظات زیست‌محیطی به‌همراه داشته باشد (به‌دلیل اضافات باقی‌مانده احتمالی پراکسیدهیدروژن در پساب) و عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار ۷ با نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۱٪ و ۱۰ با نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۱٪، می‌توان با پایین آوردن نسبت آب به گوشت و تنها با استفاده از ۰٫۱٪ پراکسیدهیدروژن از استحکام ژل بالایی برخوردار بود. با توجه به داده‌های جدول ۱ که مربوط به سه دفعه شستشو است، بالاترین میزان استحکام ژل مربوط به تیمار ۱۳ می‌باشد که مربوط به سه‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۰٫۱٪ می‌باشد؛ درصورتی‌که دلیل این امر را می‌توان به این صورت بیان نمود که استفاده از نسبت بالاتر آب به گوشت و تعداد دفعات بیشتر شستشو منجر به حذف بهتر پروتئین‌های سارکوپلاسمی می‌گردد و از سویی حضور مقادیر پایین پراکسیدهیدروژن (در سطح ۰٫۱٪) نیز به‌دلیل خاصیت اکسیداتیو آن می‌تواند منجربه تغییر ماهیت پروتئین‌های سارکوپلاسمی گردد، لذا از دخالت فیزیکی آن‌ها طی فرآیند تشکیل ژل جلوگیری نماید. بنابراین حضور

Archive of SID

www.SID.ir

این دو عامل در تیمار ۱۳ باعث گردیده است تا ژل حاصله از استحکام بالاتری برخوردار باشد. بنابراین می‌توان به‌طور احتمالی دلیل این امر را به اثر سینرژیک این دو عامل نسبت داد. در مطالعه Shan و همکاران (۲۰۱۰)، قوی‌ترین کامابوکو مربوط به تیمار ۰/۲ درصد پراکسیدهیدروژن و میزان تماس ۱۰ دقیقه بود که بالاترین میزان نیرو ۴۱۱ gr و عمق‌نفوذ ۷/۲۸ mm ذکر شد و پایین‌ترین میزان استحکام ژل مربوط به تیمار ۲/۵ درصد پراکسیدهیدروژن به مدت ۱۰ دقیقه که میزان نیرو ۱۹۶/۴ گرم و عمق‌نفوذ ۵/۰۹ میلی‌متر ثبت شد. دلیل این امر این است که سوریمی را تهیه و بعد منجمد کردند و بعد از انجمادزدایی آزمایش انجام دادند و pH محلول پراکسیدهیدروژن را بر روی ۸/۲-۸/۴ تنظیم کردند و زمان تماس با پراکسیدهیدروژن را ۵،۱۰،۱۵ دقیقه و زمان ماندگاری را ۲۰ دقیقه تنظیم کردند. در مورد تفسیر چگونگی افزایش شاخص استحکام ژل، این نکته قابل ذکر است که با توجه به ماهیت ماده‌ی پراکسیدهیدروژن با قابلیت اکسیدکنندگی بالا احتمال اثرات تخریبی آن بر روی بافت ژل سوریمی قابل انتظار بود، اما بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده گردید پراکسیدهیدروژن، به‌دلیل مجاورت با آب طی فرآیندهای شستشو به‌سرعت تجزیه شده و بنابراین از اثرات تخریبی آن کاسته می‌گردد. علاوه بر این غلظت‌های مورد استفاده در این مطالعه به حدی بود که با توجه به مطالعات پیشین، قادر به تخریب بافت سوریمی نباشد. اما در خصوص این‌که چطور پراکسیدهیدروژن، باعث بهبود بافت سوریمی گردید، بیان این فرضیه محتمل است که استفاده از این ماده طی فرآیند شستشو منجر به تخریب و حذف موثرتر پروتئین‌های سارکوپلاسمی گردیده که براساس مرور منابع وجود این پروتئین‌ها می‌تواند به‌عنوان عامل منفی بر استحکام ژل سوریمی باشد.

۲.۴. ظرفیت نگه‌داری آب (WHC)

ترکیبات شیمیایی گوشت در رابطه باکیفیت سوریمی بسیار با اهمیت هستنند، مقدار رطوبت، نشان‌دهنده میزان کیفیت سوریمی است (Jin *et al.*, 2007). ظرفیت نگه‌داری آب در گوشت به‌معنای توانایی گوشت در نگه‌داری آب در مرحله بعد از جمود نعشی است که حتی اعمال فشار خارجی نیز قادر به خارج کردن آن از عضله نمی‌باشد و از آن به‌عنوان یک خاصیت مهم کیفیت و بازدهی فرآورده نام‌برده می‌شود (Jafarpour *et al.*, 2008). در مطالعه حاضر براساس داده‌های جدول ۴،۵،۶ ظرفیت نگه‌داری آب با افزایش میزان غلظت پراکسیدهیدروژن و در طی یک، دو و سه دفعه شستشو با نسبت‌های آب به گوشت ۱:۲ و ۱:۳ ،کاهش‌یافته است. در خصوص سطوح پایین پراکسیدهیدروژن (۱ و ۲ درصد) و در سطوح بالاتر آب به گوشت (۱:۳) تأثیر پراکسیدهیدروژن در بهبود پارامتر ظرفیت نگه‌داری آب، همانطور که در بحث استحکام ژل بیان گردی، حذف موثر پروتئین‌های سارکوپلاسمی توسط درصدهای استفاده شده از پراکسیدهیدروژن طی فرآیند شستشو منجر به افزایش غلظت پروتئین‌های میوفیبریل گردیده و در نتیجه شبکه سه‌بعدی مستحکم‌تری از پروتئین‌ها و بدون دخالت و حضور فیزیکی پروتئین‌های سارکوپلاسمی شکل می‌گیرد که این شبکه سه‌بعدی قادر به به‌دام انداختن مولکول‌های آب به میزان بیشتر و نگه‌داری آن‌ها به‌طور موثرتری می‌باشد. در مطالعه Jafarpour و همکاران (۲۰۰۸) که با افزودن ۳-۱ درصد پراکسیدهیدروژن به فیله ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، پارامتر WHC به‌طور دراماتیک و معنی‌داری کاهش یافت به‌دلیل اینکه تیمار پراکسیدهیدروژن داخل فیله تزریق شد که مطالعه حاضر با آن مطابقت دارد. از طرف دیگر شستشو تأثیر قابل‌توجهی بر WHC دارد (Chaijan *et al.*, 2006). در مطالعه‌ای دیگر، Shabanpour و همکاران (۲۰۰۷)، به این نتیجه دست یافتند که گوشت چرخ‌شده شسته مقدار WHC بالاتری نسبت به گوشت چرخ‌شده شسته نشده دارد. در بررسی ویژگی ژلی ساردین و ماکرل نیز شستشوی گوشت چرخ‌شده موجب افزایش میزان WHC گردید. بررسی خصوصیات سوریمی حاصل از ماهیانی مانند باراکودا (*Sphyranea* sp.)، تیلاپیا (*Oreochrmis mosambicus*) و سیم سه‌خاره (*Nemipterus japonicus*) نشان داد که شستشوی گوشت چرخ‌شده سبب افزایش این پارامتر گردیده است (Gopakumar *et al.*, 1992)، که در مطالعه حاضر

Archive of SID

www.SID.ir

با افزودن درصدهای مختلف پراکسیدهیدروژن به مخلوط آب و گوشت میزان WHC کاهش چشمگیری با تیمار شاهد نداشته ولی با افزایش غلظت از ۱ درصد به ۳ درصد روند نزولی داشته است.

۳.۴. عکس‌های SEM

براساس نتایج آزمون تست نفوذ، سه تیمار شماره ۲ یک‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح ۲ درصد پراکسیدهیدروژن ، تیمار۱۰ دودفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح ۱ درصد پراکسیدهیدروژن، تیمار ۱۶ سه‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۲ و سطح ۱ درصد پراکسیدهیدروژن، به‌عنوان نمونه‌های سوریمی با کیفیت انتخاب شدند. بر همین اساس تیمار شماره ۳ یک‌دفعه شستشو و نسبت آب به گوشت ۱:۳ و سطح پراکسیدهیدروژن ۳ درصد، به‌عنوان ژل سوریمی باکیفیت پایین انتخاب شد. ازاین‌رو نمونه عکس‌های میکروسکوپ الکترونی این نمونه‌ها تهیه شده و مورد بررسی قرار گرفت (شکل شماره ۱). با توجه به تصاویر SEM با مقیاس × ۱۵۰۰، نمونه‌های ۲، ۱۰، ۱۶ دارای بافتی منسجم و یکنواخت می‌باشند، به‌طوری‌که اتصالات پروتئینی مشاهده شده در عکس‌های SEM تیمار ۲ به‌صورت لایه‌های پروتئینی متراکم که تداعی‌کننده حرکت آرام امواج بر روی یکدیگر می‌باشند دیده می‌شود. به‌عبارت دیگر لایه‌های پروتئینی به‌صورت فشرده پشت‌به‌پشت یکدیگر قرار گرفته‌اند که این حالت می‌تواند بیانگر تشکیل یک شبکه ژل سه‌بعدی با ویژگی‌های عملکردی و به‌خصوص حالت کشسانی یا الاستیسیته بالایی گردد. در تیمار ۱۶ همین شرایط منتهی با وضوح کمتری دیده می‌شود؛ اما در کل عکس SEM تهیه‌شده بیانگر وجود توده‌های پروتئینی متراکم می‌باشد و این امر با مراجعه به عکس SEM تیمار شماره ۱۰ که مربوط به حضور ۱ درصد پراکسیدهیدروژن طی دو دفعه شستشو با نسبت آب به گوشت ۱:۲ می‌باشد همانند دو تیمار قبلی همچنان شبکه متراکم پروتئینی مشاهده می‌گردد، اما نحوه آرایش لایه‌های پروتئینی بیشتر به سمت توده‌های منفرد پروتئینی می‌باشد که به‌صورت بسیار فشرده کنار یکدیگر قرارگرفته‌اند و این آرایش مجدداً موجب شکل‌گیری لایه‌لایه‌ی ساختار پروتئینی به‌صورت امواج آرام بر روی یکدیگر شکل‌گرفته‌اند؛ اما با مراجعه به عکس SEM تیمار ۳ که مربوط به حضور ۳ درصد پراکسید هیدروژن طی یک‌دفعه شستشو به آب به گوشت ۱:۳ می‌باشد، ساختار لایه‌های پروتئینی از حالت متراکم لایه‌لایه خارج‌شده و به‌صورت برآمدگی‌هایی با لبه‌های تیز و فرورفتگی‌های کاملاً آشکار در تهیه ژل ظاهر گردیده است. این آرایش لایه‌های پروتئینی تداعی‌کننده حالت صخره‌های آتشفشانی یا شبیه کاغذ مچاله شده می‌باشد و از ظاهر عکس SEM کاملاً مشهود است که این شبکه حالت شکننده‌ای داشته و قادر به تحمل نیروی وارده طی آزمون تست نفوذ نبوده و با توجه به پارامتر عمق‌نفوذ پروب به داخل بافت نمونه‌های سوریمی به‌تبع از حالت کشسانی و الاستیسیته پایین‌تری نسبت به سایر تیمارها برخوردار می‌باشد. با توجه به تصاویر SEM های مطالعات مشابه بخصوص مطالعه Jafarpour و همکاران (۲۰۰۸)، شبکه ژل‌های پروتئینی مشاهده‌شده در عکس‌های SEM مطالعه آن‌ها، کاملاً بیانگر وجود ساختار پروتئینی سه‌بعدی با اتصالات مشهود پروتئینی می‌باشد که منجر به شکل‌گیری پلی-گونال‌هایی در شبکه ژل سوریمی گردیده است. ازاین‌رو این نویسندگان با محاسبه تعداد پلی‌گونال‌ها، مساحت و قطر آن‌ها به‌طورکلی به مقایسه تیمارهای مطالعه خود پرداخته‌اند. این در حالی است که عکس‌های SEM مطالعه حاضر و یک سری از مطالعات دیگر Hosseini-shekarabi و همکاران (۲۰۱۴) و Campo-Deano و همکاران (۲۰۰۹)، فاقد تصویری واضح از شبکه پلی‌گونال‌ها و اتصالات پروتئینی فوق‌الذکر است. با مراجعه به بخش مواد و روش‌های این مطالعات درمیابیم که مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در تهیه عکس‌های SEM روش آماده‌سازی نمونه‌ها است، به‌طوری‌که در مطالعه Jafarpour و همکاران (۲۰۰۸)، مراحل آماده‌سازی و تهیه عکس SEM از طریق انجماد نمونه در خلأ با نیتروژن مایع بوده درحالی‌که در سایر مطالعات از روش آبگیری با فرمالدهید و یک سری از مواد شیمیایی دیگر استفاده‌شده است. علاوه بر این نوع سیستم عکس‌برداری عامل تعیین‌کننده دیگری است. به-طوری‌که استفاده از سیستم ESEM به‌جای سیستم

Archive of SID

www.SID.ir

SEM که در این مطالعه استفاده شده خود عامل دیگری در مشاهده تفاوت در عکس‌های میکروسکوپ الکترونی تهیه‌شده است. علاوه بر این در نمونه‌های مطالعه‌ی Jafarpour و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از سیستم cryo، بعد از انجماد نمونه‌ها فرآیند Sublimation اعمال گردیده (کاهش دما از ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد به ۹۰- درجه سانتی‌گراد) و از سویی دیگر در مرحله بعد فرآیند Fracture بر روی نمونه انجام می‌شود و به عبارتی قسمت بالایی نمونه شکسته می‌شود تا بافت داخلی شبکه پروتئینی قابل‌مشاهده گردد. درحالی‌که در عکس‌های SEM مطالعه‌ی حاضر هیچ‌یک از این مراحل صورت نگرفته و تنها توپوگرافی سطحی نمونه‌ها قابل‌مشاهده است که این امر نتیجه‌گیری قطعی در خصوص تفاوت شبکه ژل‌های پروتئینی را محدود می‌سازد.

References

Abdoli, A., Naderi, M., 2007. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian Sea. Aquatic Science Tehran, 244 p.

Camou, J.P., Sebranek, J.G., Olson, D.G., 1989. Effect of heating rate and protein concentration on gel strength and water loss of muscle protein gels. *Journal of Food Science*, 54, 850-854.

Campo-Deano, L., Tovar, C.A., Pombo, M.J., Solas, M.T., Borderías, A.J., 2009. Rheological study of giant squid surimi (*Dosidicus gigas*) made by two methods with different cryoprotectants added. *Journal of Food Engineering*, 94, 26-33.

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C., 2006. Physicochemical properties, gel-forming ability and myoglobin content of sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi produced by conventional method and alkaline solubilisation process. *European Food Research and Technology*, 222, 58-63.

Gopakumar, K., Muraleedharan, V., Bhattacharyya, S.K., 1992. Preparation and properties of surimi from tropical fish. *Food Control*, 3(10), 9-112.

Hamada, M., Inamasu, Y., 1983. Influences of temperature and water content on the viscoelasticity of kamaboko [boiled fish paste]. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan).

Harper, J.P., Suter, D.A., Dill, C.W., Jones, E.R., 1978. Effects of heat treatment and protein concentration on the rheology of bovine plasma protein suspensions. *Journal of Food Science*, 43, 1204-1209.

Himonides, A.T., Taylor, K.D.A., Knowles, M.J., 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 845-850.

Hosseini-shekarabi, S., Hosseini, S., Soltani, M., Zojaji, M., 2014. Effect of various hydrocolloids on textural and microstructural properties of black mouth croaker (*Atrobucca nibe*) surimi gel. *Food Industry Research*, 24, 425-437.

Jafarpour, A., 2012. surimi and physical characteristics of its gel network. avaye masih, sari, 20 p.

Jafarpour, A., Gorczyca, E., Leonard, B., 2008. study of the effect of hydrogen peroxide and pH on the color quality and microstructure of female common carp (*Cyprinus carpio*) and surimi gel. *Iranian Food Industry Research*, 5, 97-107.

Jafarpour, A., Gorczyca, E.M., 2009. Characteristics of sarcoplasmic proteins and their interaction with surimi and kamaboko gel. *Journal of Food Science*, 74.

Jafarpour, A., Gorczyca, E.M., 2009. Rheological characteristics and microstructure of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko gel. *Food Biophysics*, 4, 172-179.

Jafarpour, A., Sherkat, F., Leonard, B., Gorczyca, E.M., 2008. Colour improvement of common carp (*Cyprinus carpio*) fillets by hydrogen peroxide for surimi production. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1602-1609.

Jiang, S.-T., 2000. Enzymes and their effects on seafood texture. Seafood enzyme: Utilization and influence on postharvest. *Seafood Quality*, 411-450.

Jin, S.-K., Kim, I.-S., Kim, S.-J., Jeong, K.-J., Choi, Y.-J., Hur, S.-J., 2007. Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. *Journal of Food Engineering*, 81, 618-623.

Lanier, T.C., 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. *Surimi Technology*, 12.

Martin-Sanchez, A.M., Navarro, C., Perez Alvarez, J.A., Kuri, V., 2009. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 359-374.

Shabanpour, B., Pourashouri, P., Khajeh, M., Zangoueifar, L., Shahrouzfar, S., 1387. The effect of pre and post mincing washing on common carp flesh quality. *Pajouhesh and Sazandegi*, 66-72.

Shan, H., Gorczyca, E., Kasapis, S., Lopata, A., 2010. Optimization of hydrogen-peroxide washing of common carp kamaboko using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 4(3), 765-770.

Sims, G.G., Cosham, C.E., Anderson, W.E., 1975. Hydrogen peroxide bleaching of marinated herring. *International Journal of Food Science and Technology*, 10, 497-505.

Archive of SID

www.SID.ir