

تأثیر پودر سفیده تخم مرغ در ویژگی‌های بافتی ژل سوریمی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus caprio*)

- ❖ حبیب‌الله حاجی‌دون : کارشناس ارشد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
- ❖ سیدعلی جعفرپور* : دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ❖ مسعود رضایی: گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تأثیر سطوح مختلف سفیده تخم مرغ در بافت، رنگ، ظرفیت نگهداری آب، ویسکوزیته و ارزیابی حسی سوریمی تهیه شده از ماهی کپور معمولی بررسی شد. سفیده تخم مرغ در مقادیر ۱ و ۲ و ۳ درصد به خمیر سوریمی افزوده و به طور کامل با آن مخلوط شد؛ سپس، این ترکیب در روکش سوسیس روکش‌گذاری شد و در حمام آب گرم در دمای $C \pm 90^{\circ}$ به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دید تا ژل سوریمی تشکیل شود. نتایج تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد افزودنی مورد استفاده خواص کارکردی سوریمی ماهی کپور معمولی را بهبود می‌بخشد؛ به طوری که، با تأثیر مثبت در پارامترهای نیروی شکست و فاصله شکست منجر به بهبود قدرت ژل سوریمی می‌شود و متعاقب آن سایر پارامترهای مرتبط با آنالیز پروفیل بافتی آن از قبیل سختی، به هم پیوستگی و الاستیسیته افزایش می‌یابند. با وجود این، اضافه کردن مقادیر بالای پودر سفیده تخم مرغ باعث کاهش سفیدی رنگ ژل سوریمی شد. بهترین امتیاز را ارزیاب‌ها به سوریمی با ۳ درصد سفیده تخم مرغ دادند.

واژگان کلیدی: ارزیابی حسی، پودر سفیده تخم مرغ، سوریمی، کپور معمولی، ویژگی‌های کارکردی.

۱. مقدمه

تولید کل کپور معمولی در ایران بیش از ۲۰ هزار تن در سال ۲۰۱۰ بوده است (Fisheries Statistical of Iran, 2010).

ویژگی‌های کارکردی نظیر رنگ، بافت و تشکیل ژل از عوامل مهم در پذیرش نهایی محصولات بر پایه سوریمی از سوی مصرف‌کنندگان است (Hsu and Chiang, 2002; Tablilo-Munizaga and Barbosa-Canovas, 2004; Wo and Mao, 2004; Nopinati et al., 2001). از آنجا که برای تهیه سوریمی در استفاده از منابع ماهیان حاوی درصد بالایی از گوشت تیره، نظیر کپور معمولی، در مقایسه با ماهیان سفیدگوشت مشکلاتی وجود دارد، از جمله محدودیت بازار آنها به علت طعم، بو، رنگ نامطلوب و تشکیل ژل ضعیف‌تر (Shimizu et al., 1992)، در نتیجه، برای پذیرش و بهبود بیشتر ویژگی‌های بافتی سوریمی، ترکیباتی به آن افزوده می‌شود تا ویژگی‌های بافتی و جابه‌جایی آب در سوریمی اصلاح شود (Tablilo-Munizaga and Barbosa-Canovas, 2004).

سفیده تخم مرغ باعث افزایش قدرت و ظاهر شفاف‌تر و سفیدتر ژل ماهی پولاک آلاسکا می‌شود (Tablilo-Munizaga and Barbosa-Canovas, 2004). و بافت ژل را بهبود می‌بخشد (Chang-Lee et al., 1990; Park, 1994) و به منزله بازدارنده‌ای آنزیمی پروتئازی مانع فرآیند نرم‌شدگی ژل (Modori) می‌شود که در تشکیل ژل اثر منفی دارد (Hunt et al., 2009b). فرآیند Modori اساساً به فعالیت‌های اتولیزی آنزیم‌های قلیایی مقاوم به حرارت وابسته است. (Reppond and Babbitt, 1993) نشان دادند که افزودن سفیده تخم مرغ بر قدرت ژل سوریمی ماهی کفشک می‌افزاید. (Benjakul et al., 2004) گزارش

فرآیند تهیه سوریمی یا خمیر ماهی شامل تهیه فیله از ماهی، استخوان‌گیری از گوشت، چرخ کردن گوشت ماهی، شست‌وشوی آن به منظور حذف چربی، خون، آنزیم‌ها و سایر پروتئین‌های سارکوپلاسمی و در نهایت فرآیند آب‌گیری، مخلوط کردن گوشت شسته شده با مواد محافظت‌کننده از پروتئین ماهی در برابر سرما یا مواد کرایوپروتکتانت از قبیل ساکارز، سوربیتول و سدیم تری پلی فسفات در درصدهای مشخص است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد سوریمی، قابلیت بالای تشکیل ژل پروتئینی و در نتیجه تولید محصولات مختلف تقلیدی (Imitated products) با قیمت‌های بالا نظیر بازوی خرچنگ، میگو، اسکالوپ و لابستر است که در تمامی موارد سوریمی به‌منزله ماده خام استفاده شده است (Martin-Sanchez et al., 2009).

امروزه، در تولید سوریمی به سبب وضع قوانین جدی‌تر در خصوص محدودیت صید گونه‌های آبی، از قبیل ماهی پولاک آلاسکا که از مهم‌ترین و عمده‌ترین منابع تولید سوریمی درجه یک است، توجه به سمت استفاده از سایر گونه‌های ماهی از قبیل ماهیان آب شیرین، به‌منزله منابع پروتئین غنی، جلب شده است. تولیدات آبی‌پروری ماهیان آب شیرین در سال‌های اخیر به سرعت افزایش یافته است (Luo et al., 2004) و از آنجا که ارزش تجاری این گونه‌ها نسبتاً پایین است و نیز به مقدار مورد نیاز در دسترس‌اند، بنابراین از آنها می‌توان برای تهیه سوریمی استفاده کرد (Martin-Sanchez et al., 2009). کپور معمولی یک ماهی شاخص پرورشی در سیستم‌های کشت توأم (polyculture) در ایران است.

اضافه و در یک دستگاه همزن گوشت (Mulinex, 1000W, Made in France) با هم مخلوط شدند. سپس، سوریمی در کیسه‌های نایلونی زیپ‌دار به ابعاد ۲۰×۱۵×۲ سانتی‌متر و به مقدار ۲۵۰ گرم بسته‌بندی شد و به مدت یک ماه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد و نگهداری شد.

۱.۲. آماده‌سازی ژل

بعد از یک ماه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، سری بعدی آزمایش یعنی تهیه ژل حرارت‌دیده سوریمی یا اصطلاحاً کامابوکو با افزودن پودر سفیده تخم مرغ انجام پذیرفت. برای آماده‌سازی ژل سوریمی، سوریمی منجمد به قطعات ۲×۲×۲ سانتی‌متر مکعب خرد شد و به مدت مدت ۱/۵ ساعت در دمای اتاق (تقریباً ۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت تا یخ‌گشایی شود؛ سپس، با ۲ درصد نمک در یک همزن گوشت حدود ۱ دقیقه مخلوط و همگن شد و آب یخ نیز برای تنظیم میزان رطوبت خمیر به میزان ۸۰ درصد محاسبه و اضافه شد (Jafarpour and Gorczyca, 2009a). در این مرحله افزودنی‌های هر تیمار به صورت جداگانه اضافه شدند و همگن‌سازی بیش از ۵ دقیقه در دمای ۴-۱۰ درجه ادامه یافت (Luo et al., 2008). پودر سفیده تخم مرغ از شرکت گل پودر گلستان (آق‌قلا، گلستان) تهیه و به سوریمی به میزان ۳ و ۲ و ۱ درصد افزوده شد. نمونه شاهد فاقد هر گونه افزودنی بود و تمامی تیمارها در ۳ تکرار انجام پذیرفت.

برای مرحله پخت، خمیر سوریمی در پوشش‌های سوسیس با طول ۲۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۲/۸ سانتی‌متر پر شدند و هر دو طرف انتهایی پوشش‌های سوسیس بسته شد. برای به‌دست‌آوردن

دادند که افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ ویژگی‌های ژلی سوریمی مارمولک‌ماهی (Lizard fish) را بدون توجه به شرایط حرارت‌دهی افزایش می‌دهد.

بنابراین، برای بررسی تأثیرات پودر سفیده تخم مرغ در خواص کارکردی و ارزیابی سوریمی ماهی کپور معمولی تأثیر سطوح ۳ و ۲ و ۱ درصد این افزودنی مطالعه شد.

۲. مواد و روش‌ها

ماهیان کپور معمولی که به صورت تازه از بازار ماهی در شهرستان نور تهیه شده بودند، طی نگهداری در یخ به آزمایشگاه فرآوری شیلات دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی تربیت مدرس در شهرستان نور انتقال یافتند. میانگین وزن ماهیان 575 ± 62 گرم و طول آنها 215 ± 38 میلی‌متر بود. فرآیند تهیه سوریمی مطابق روش Shimizu et al. (1992) در داخل آزمایشگاه و به صورت دستی انجام پذیرفت. ماهیان کپور معمولی، پس از سرزنی و تخلیه شکمی، به صورت دستی فیله و شسته سپس، استخوان‌گیری شدند. فرآیند چرخ‌کردن گوشت با دستگاه چرخ گوشت مجهز به صفحه به قطر ۳ میلی‌متر انجام گرفت. پس از آن گوشت چرخ‌شده با آب سرد زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد برای ۳ مرتبه با نسبت ۴ به ۱ آب به گوشت ماهی (۲ مرتبه با آب مقطر سپس، ۱ مرتبه با محلول آب نمک ۰/۳ درصد و هر مرتبه برای ۱۵ دقیقه) شست‌وشو داده شد. گوشت ماهی پس از هر بار شست‌وشو در یک پارچه نظیف ریخته می‌شد تا آب اضافی آن گرفته شود. پس از آن شکر به میزان ۴ درصد، سوربیتول به میزان ۴ درصد و سدیم تری پلی فسفات به میزان ۰/۳ درصد به سوریمی تهیه‌شده

و پارامتر استحکام ژل بر مبنای این دو پارامتر محاسبه شد. همه محاسبات بر اساس میانگین ۳ تکرار در هر تیمار بود.

فرمول (۱)

$$\text{Gel strength} = \text{breaking force (g)} \times \text{breaking distance (mm)}$$

۲.۲.۲. آزمایش آنالیز پروفیل بافت (Texture Profile Analysis, TPA)

آزمایش آنالیز پروفیل بافت بر اساس روش توصیف شده (Jafarpour and Gorczyca, 2009b) انجام پذیرفت. در این آزمایش نمونه‌هایی از ژل سوریمی پخته شده با ارتفاع و قطر ۲۵ میلی‌متر در دستگاه، با یک پراب آلومینیومی با قطر ۵۰ میلی‌متر و نیروی وارده به میزان ۰/۱ N یا ۱۰ گرم و سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه، به صورت رفت و برگشتی در دو مرحله فشرده شدند. سختی، الاستیسیته، چسبندگی و به هم پیوستگی ژل سوریمی پخته شده از فاکتورهای مورد سنجش این آزمایش بودند. همه محاسبات بر اساس میانگین ۳ تکرار در هر تیمار بود.

۲.۲.۳. تست ویسکوزیته

در ابتدا ۱۴۳ گرم سوریمی انجمادزدایی شده از هر تیمار که پودر سفیده تخم مرغ نیز به آن اضافه شده بود با ۸۵۷ میلی‌لیتر محلول نمکی ۳/۵ درصد کلرید سدیم به مدت ۸ دقیقه به صورت هموزن درآمدند سپس، به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. در نهایت ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد در دمای C ۱۰^۰ و دور ۴ rps محاسبه شد (Lanier, 1992).

شرایط قوام‌یابی (Setting)، پوشش‌ها در دمای پایین (۴-۶ درجه سانتی‌گراد) به مدت مدت یک شب (۱۸ ساعت) در یخچال قرار گرفتند. پوشش‌ها برای پختن سوریمی، به مدت ۳۰ دقیقه در معرض بخار با دمای 90 ± 2 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از آن فوراً نمونه‌ها را، برای توقف تأثیر بیشتر گرما روی بافت سوریمی پخته شده (کامابوکو)، به مدت ۱۵ دقیقه در آب خنک (حدود ۴ درجه سانتی‌گراد) قرار دادند تا دمای ژل سوریمی به حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد برسد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، ژل سوریمی خارج و به یخچال منتقل شد تا برای آنالیز خصوصیات بافتی (Jafarpour and Gorczyca, 2009b) و سنجش رنگی (Tabilo-Munizaga and Barbosa-) (Canovas, 2004) به ابعاد لازم برش داده شود و خصوصیات مورد نظر بررسی شود.

۲.۲. آنالیز خصوصیات بافتی

۱.۲.۲. تست نفوذ (Puncture test)

تست نفوذ بر اساس روش استفاده شده (2009a) Jafarpour and Gorczyca انجام شد. برای این منظور ۲۴ ساعت پس از نگهداری ژل‌ها در یخچال، آنها را از یخچال خارج کردند و به تکه‌هایی با طول ۲۵ میلی‌متر و قطر ۲۸ میلی‌متر برش داده و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار دادند تا با دستگاه آنالیز بافتی (Stable Micro-system, TAXT2, UK) ارزیابی شوند. دستگاه با پراب با سر کروی و قطر ۵ میلی‌متر از جنس فولاد ضد زنگ تجهیز شد و میزان نیروی وارده با پراب دستگاه ۰/۱ نیوتن (N) یا ۱۰ گرم و سرعت نفوذ آن نیز ۶۰ میلی‌متر در دقیقه تنظیم شد. میزان نیروی شکست بر حسب گرم و فاصله شکست بر حسب میلی‌متر در این آزمایش تعیین شد

۴.۲.۲. اندازه‌گیری سفیدی رنگ

برای این منظور نمونه‌ها به طول ۲۵ میلی‌متر و قطر ۲۸ میلی‌متر برش داده شدند و با دستگاه رنگ‌سنج هانتر RT450 ارزیابی شدند و فاکتورهای روشنایی L^* ، b^* و a^* اندازه‌گیری شدند که a^* فاکتور قرمزی رنگ نمونه است و از سبز (-) تا قرمز (+) متغیر است، b^* فاکتور زردی رنگ نمونه است و از آبی (-) تا زرد (+) متغیر است و L^* فاکتور روشنایی رنگ نمونه است و از صفر تا ۱۰۰ متغیر است. سفیدی رنگ (Whiteness) بر اساس فرمول زیر (Park, 1994) محاسبه شد.

$$\text{Whiteness} = L^* - 3b^* \quad (۲)$$

۵.۲.۲. ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب (WHC) با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ Beckman مدل GS-15R و بر اساس روش Himonidess et al. (1999) انجام پذیرفت. بدین جهت، نخست ۵ گرم نمونه با ترازیوی آزمایشگاهی دقیق توزین شد و ۲ عدد کاغذ صافی نیز توزین شدند. سپس، ۵ گرم نمونه در داخل ۲ عدد کاغذ صافی قرار گرفت و کاغذ صافی به دور نمونه پیچیده شد. کاغذ صافی و نمونه داخل لوله پلاستیکی و داخل سانتریفیوژ یخچال‌دار قرار گرفتند و دستگاه روی ۳۶۰۰ دور در دقیقه و مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در پایان، نمونه بیرون آورده شد و کاغذ از دور آن باز شد و با پنس نمونه از کاغذ جدا شد سپس، هم کاغذ و هم نمونه به طور جداگانه وزن و از طریق فرمول زیر WHC محاسبه شدند.

$$\text{WHC g/kg} = [(1 - Mw/Ms)1000] \quad (۳)$$

Ms = وزن ابتدایی نمونه به گرم؛

Mw = وزن آب خارج‌شده از نمونه به گرم بعد از سانتریفیوژکردن.

۶.۲.۲. ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی از روش هدونیک و بر اساس Runglerdkriangkrai et al. (2008) و با اندکی تغییر استفاده شد. برای تست پنل از ۱۵ نفر افراد آموزش‌ندیده استفاده شد که شامل ۹ مرد و ۶ زن با میانگین سنی 25 ± 3 سال بودند. افراد به ویژگی‌ها از صفر تا ۹ امتیاز می‌دادند؛ ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شامل رنگ، بو، طعم، بافت و محبوبیت کلی بودند. فاصله بین هر ارزیابی ۱۰ دقیقه بود و در مورد طعم پس از هر بار ارزیابی دهان با یک لیوان آب شسته می‌شد.

۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ صورت گرفت. برای این کار نخست از نرمال‌بودن یا نبودن داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف-اسمیرنوف اطمینان حاصل شد. در صورت نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک one way ANOVA و LSD برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. برای داده‌های ارزیابی حسی از آزمون غیرپارامتریک Mann-Whitney U test استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. آنالیز خصوصیات بافتی

۱.۱.۳. تست نفوذ (Puncture test)

مقادیر حاصل از تست نفوذ در اثر اضافه‌کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بیانگر این امر است که افزودن پودر سفیده

تأثیر پودر سفیده تخم مرغ در ویژگی بافتی ژل سوریمی ماهی کپور معمولی

تخم مرغ اثر معنی داری ($P < 0/05$) در استحکام ژل سوریمی تولید شده از ماهی کپور معمولی دارد و با افزایش غلظت افزودنی، هم نیروی شکست و هم فاصله شکست افزایش می یابد.

جدول ۱. نتایج تست نفوذ در اثر اضافه کردن درصد های مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	نیروی شکست (g)	فاصله شکست (mm)	قدرت ژل (g×mm)
CON	^c ۱۴/۴۲±۱۸۲/۷۳	^c ۰/۲۶±۶/۳۸	^c ۲۲/۱۷±۱۱۶۸/۸۱
٪۱EW	^b ۱۴/۰۷± ۲۵۸/۰۹	^b ۰/۸۸±۷/۴۶	^b ۱۹/۳۳±۱۹۴۰/۴۴
٪۲EW	^a ۲۰/۳۳± ۲۷۵/۶۲	^a ۰/۳۰±۸/۱۷	^b ۱۴/۵۶±۲۲۷۴/۰۸
٪۳EW	^a ۱۸/۱۰±۳۰۸/۲۲	^a ۰/۱۴±۹/۲۰	^a ۱۵/۴۳±۲۸۳۳/۶۲

میانگین ± انحراف معیار (n=۳) (Mean ± Standard Deviation; n=۳)

Con = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

($P < 0/05$). در خصوص مقدار عددی پارامتر چسبندگی، شایان ذکر است که چون محاسبه این پارامتر بر مبنای سطح زیر منحنی ایجاد شده در فضای پایین محور X است بنابراین، نمایه عددی آن منفی است، اما این بدین معنی نیست که اعداد بزرگ تر با نمایه منفی از چسبندگی کمتری نسبت به اعداد نزدیک تر به عدد صفر برخوردارند، بلکه کاملاً به عکس؛ بنابراین، چسبندگی سوریمی در غلظت ۳ درصد سفیده تخم مرغ دارای بیشترین مقدار (۱/۱۰-) نسبت به شاهد (۰/۵۸-) بود.

۲.۱.۳. آزمایش آنالیز پروفیل بافتی (Texture

(Profile Analysis, TPA

مقادیر حاصل از آزمایش آنالیز پروفیل بافتی در اثر اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بیانگر آن است که در تیمار سفیده تخم مرغ، هر سه سطح افزودنی دارای اثر معنی دار در پارامتر سختی و سایر پارامترهای پروفیل بافتی ژل سوریمی تولید شده بودند و با افزایش غلظت افزودنی، میزان آنها نیز افزایش می یافت

جدول ۲. نتایج آزمایش آنالیز پروفیل بافتی در اثر اضافه کردن درصد های مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	سختی (N)	به هم پیوستگی	چسبندگی (N/s)	الاستیسیته
CON	^c ۰/۴۴±۲۷/۰۹	^c ۰/۰۰±۰/۶۴	^c ۰/۰۶±۰/۵۸	^b ۰/۰۱±۰/۹۶
٪۱EW	^b ۰/۴۵±۳۷/۱۹	^b ۰/۰۱±۰/۷۱	^b ۰/۰۲±۰/۸۹	^a ۰/۰۱±۰/۹۸
٪۲EW	^b ۰/۳۸±۴۰/۵۲	^b ۰/۰۰±۰/۷۳	^b ۰/۱۰±۰/۹۸	^a ۰/۰۱±۰/۹۹
٪۳EW	^a ۰/۲۲±۴۴/۲۸	^a ۰/۰۰±۰/۷۵	^a ۰/۰۴±۰/۱۰	^a ۰/۰۱±۰/۹۹

میانگین ± انحراف معیار (n=۳) (Mean ± Standard Deviation; n=۳)

CON = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

۳.۱.۳. تست ویسکوزیته

ویسکوزیته تولیدشده از ماهی کپور معمولی دارای تأثیرات معنی دار بودند ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ، با افزایش غلظت افزودنی، ویسکوزیته افزایش یافت.

مقادیر حاصل از تست ویسکوزیته در اثر اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بیانگر آن است که این افزودنی در

جدول ۳. نتایج تست ویسکوزیته در اثر اضافه کردن درصدهای مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	ویسکوزیته (Pa.s)
CON	$17/12 \pm 2580/19^c$
EW %1	$13/64 \pm 3468/08^b$
EW %2	$17/39 \pm 3621/26^b$
EW %3	$14/27 \pm 3945/19^a$

میانگین \pm انحراف معیار (Mean \pm Standard Deviation; n= 3)

Con = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

میزان افزودنی سبب افزایش جزئی دو پارامتر روشنایی (L^*) و زردی (b^*) رنگ سوریمی شدند، اما از آنجا که پارامتر سفیدی رنگ حاصل تفریق مقدار روشنایی در مقدار عددی ($3b^*$) است بنابراین، اختلاف معنی داری با تیمار شاهد مشاهده شد و در این بین تیمار دارای ۱ درصد سفیده تخم مرغ بیشترین میزان سفیدی را ایجاد کرد.

۳.۱.۴. اندازه گیری رنگ (Colorimetry test)

مقادیر حاصل از تست رنگ سنجی در اثر اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بیانگر آن است که افزودنی‌ها در ویژگی‌های رنگ سوریمی تولیدشده از ماهی کپور معمولی دارای تأثیرات معنی دار بودند ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ سه

جدول ۴. نتایج آزمایش اندازه گیری رنگ در اثر اضافه کردن درصدهای مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	L^*	b^*	L^*-3b^* (whiteness)
Con	$63 \pm 72/08^b$	$25 \pm 5/58^a$	$38 \pm 55/21^b$
%1Ew	$61 \pm 73/63^a$	$22 \pm 4/17^b$	$38 \pm 61/82^a$
%2Ew	$72 \pm 73/15^a$	$28 \pm 4/36^b$	$44 \pm 60/07^a$
%3Ew	$61 \pm 73/06^a$	$91 \pm 4/62^b$	$82 \pm 59/29^a$

میانگین \pm انحراف معیار (Mean \pm Standard Deviation; n= 3)

Con = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

L^* فاکتور روشنایی رنگ، b^* فاکتور رنگ آبی و L^*-3b^* فاکتور سفیدی رنگ سوریمی

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

۱.۳. ظرفیت نگهداری آب (WHC)

مقادیر حاصل از آزمایش ظرفیت نگهداری آب در اثر اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بیانگر آن است که افزودنی‌ها در ظرفیت نگهداری آب سوریمی تولیدشده از ماهی کپور معمولی دارای تأثیرات معنی دار بودند

($P < 0/05$). نتایج نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار بودند و با افزایش غلظت افزودنی، ظرفیت نگهداری آب افزایش می‌یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ دارای بیشترین ظرفیت نگهداری آب بود.

جدول ۵. نتایج آزمایش ظرفیت نگهداری آب در اثر اضافه کردن درصدهای مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	ظرفیت نگهداری آب (%)
Con	$75/80 \pm 6/2^c$
1EW	$84/36 \pm 3/0^b$
2EW	$88/27 \pm 6/4^a$
3EW	$92/71 \pm 1/4^a$

میانگین \pm انحراف معیار (Mean \pm Standard Deviation; n=3)
Con = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

درصد و ۱ درصد سفیده تخم مرغ نمره‌ای برابر از نظر ارزیابی‌ها دریافت کردند، اما افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ بیشترین اثر را در بوی سوریمی داشت؛ همچنین، نتایج نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی اثر معنی داری در طعم سوریمی کپور معمولی داشتند و با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز طعم سنجیده شده ارزیابی‌ها افزایش می‌یافت. در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در بافت سوریمی کپور معمولی بودند و با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز بافت سنجیده شده ارزیابی‌ها افزایش می‌یافت. با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز محبوبیت کلی نمره داده شده ارزیابی‌ها افزایش می‌یافت؛ به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ، بیشترین محبوبیت کلی را در بین این افزودنی‌ها داشت.

۱.۳.۶. ارزیابی حسی بر اساس روش هدونیک

مقادیر حاصل از ارزیابی حسی (رنگ، بو، طعم، بافت و محبوبیت کلی) در اثر اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی در جدول ۶ نشان داده شده است. مقایسه تیمارها بیانگر آن است که افزودنی‌ها در ویژگی‌های حسی سوریمی تولیدشده از ماهی کپور معمولی دارای تأثیرات معنی دار بودند ($P < 0/05$).

در آزمایش سفیدی رنگ نتایج نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار بودند و با افزایش غلظت افزودنی، ارزیابی‌ها کاهش شدت سفیدی رنگ را گزارش می‌دادند. هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در بوی سوریمی کپور معمولی بودند. سوریمی‌های دارای ۲

جدول ۶. نتایج آزمایش ارزیابی حسی در اثر اضافه کردن درصدهای مختلف پودر سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی

تیمار	سفیدی رنگ	بو	طعم	بافت	محبوبیت کلی
CON	^c ۰/۸±۷/۴	^c ۰/۷±۶/۵	^c ۰/۹±۶/۷	^d ۰/۸±۶/۸	^d ۱/۰±۶/۸
٪۱EW	^b ۱/۰±۷/۸	^b ۰/۸±۶/۹	^a ۱/۰±۶/۸	^c ۰/۹±۷/۲	^c ۱/۱±۷/۳
٪۲EW	^a ۰/۹±۹/۶	^b ۱/۱±۶/۹	^b ۱/۰±۷/۲	^b ۱/۰±۷/۴	^b ۱/۰±۷/۵
٪۳EW	^a ۱/۱±۷/۶	^a ۰/۹±۷/۱	^a ۰/۹±۷/۶	^a ۰/۸±۷/۸	^a ۱/۱±۷/۹

میانگین ± انحراف معیار (n=۳) (Mean ± Standard Deviation; n=۳)

Con = شاهد (Control)، EW = سفیده تخم مرغ (Egg White)

حروف بالانویس متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد است.

سوریمی نیز افزایش یابد و این احتمالاً می‌تواند به نقش بازدارندگی پروتئازی سفیده تخم مرغ (ibid) مرتبط باشد؛ به عبارتی، با افزودن سفیده تخم مرغ، آنزیم‌های تخریب‌کننده بخش فعال پروتئین میوزین به نام زنجیره سنگین میوزین (MHC) را دستخوش تغییرات کمتری می‌کنند و در مرحله حرارت‌دهی قادر به اتصال مجدد به یکدیگر و پروتئین اکتین و تشکیل مقادیر بالاتری اکتومیوزین‌اند و با افزایش مقدار این افزودنی از ۱ درصد به ۳ درصد اثر آن در استحکام ژل نیز افزایش می‌یابد. نتایج با نتیجه Rippond and Babbitt (1993) که نشان دادند افزودن سفیده تخم مرغ باعث افزایش استحکام ژل در سوریمی ماهی فلاندر می‌شود و نیز نتایج Benjakul *et al.* (2004) که گزارش دادند افزودن سفیده تخم مرغ به میزان ۳ درصد بدون توجه به شرایط حرارتی سبب افزایش استحکام ژل در سوریمی تهیه‌شده از مارمولک‌ماهی (*Lizard fish*) می‌شود، مطابقت دارد.

مقایسه بین تیمارها نشان داد که بهترین اثر در افزایش قدرت ژل با افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی و حرارت‌دهی آن در دمای ۹۰°C به مدت ۳۰ دقیقه ایجاد می‌شود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱.۴. آنالیز خصوصیات بافتی

۱.۱.۴. تست نفوذ (Puncture test)

ژل سوریمی از شبکه سه‌بعدی پروتئین ایجاد می‌شود که اساساً از اکتومیوزین تشکیل شده است (Jiang, 2000). تشکیل ژل از سوی پروتئین‌های ماهی در خمیر سوریمی مهم‌ترین گام در ایجاد یک بافت مورد پسند در بسیاری از محصولات غذاهای دریایی است (Harper *et al.*, 1978; Hamada and Inamasu, 1989; Camou *et al.*, 1983) و استحکام ژل سوریمی می‌تواند با افزودن ترکیبات مختلف افزایش یابد (Martin-Sanchez *et al.*, 2009).

در تحقیق حاضر، اضافه کردن پودر سفیده تخم مرغ در درصدهای مختلف به سوریمی دارای تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در خصوص میزان اثرگذاری در خصوصیات بافتی ژل سوریمی بود. هر سه میزان افزودنی (۳ و ۲ و ۱ درصد) در تیمار سفیده تخم مرغ دارای اثر معنی‌دار در خصوصیات کیفی بافت فرآورده بودند و با افزایش غلظت افزودنی، هم نیروی شکست و هم فاصله شکست افزایش می‌یافت که سبب می‌شد استحکام بافت ایجادشده ژل

Morrissey *et al.* (1993) و *et al.* (1990) Seymour *et al.* (1997) بر نقش بازدارندگی از تخریب پروتئینی با پودر سیب زمینی و سفیده تخم مرغ و نیز افزایش استحکام ژل سوریمی صحنه گذاشتند.

۳.۱.۴. تست ویسکوزیته

ویسکوزیته سوریمی ماهی به عوامل مختلفی نظیر رطوبت، نمک، نشاسته و افزودنی‌های پروتئینی بستگی دارد. میزان ویسکوزیته پروتئین ماهی ارتباط نزدیکی با ماهیت پروتئین دارد و خواص تولید ژل ماهی را متأثر می‌کند. تحقیق حاضر بیانگر آن است که افزودن پودر سفیده تخم مرغ در میزان ویسکوزیته تولیدشده از ماهی کپور معمولی دارای تأثیرات معنی دار بود ($P < 0.05$). در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در ویسکوزیته بودند و با افزایش غلظت افزودنی، ویسکوزیته افزایش می‌یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ دارای بیشترین اثر ویسکوزیته بود.

مقایسه بین تیمارها نشان داد که بهترین اثر در ویسکوزیته با افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی ایجاد می‌شد. در مجموع، می‌توان گفت که نتایج تست ویسکوزیته از هم‌بستگی بسیار بالایی ($R^2 = 0.99$) با نتایج تست‌های فیزیکی برآورد ویژگی‌های بافتی ژل سوریمی حاوی افزودنی‌ها برخوردار است.

۳.۱.۴. اندازه‌گیری رنگ (Colorimetry test)

سفیدی رنگ سوریمی از عوامل مؤثر در بازارپسندی و پذیرش و انتخاب محصول از سوی مصرف‌کنندگان است. سفیدی به نحوه شست‌وشو، مدت زمان

۳.۱.۴. آزمایش آنالیز پروفیل بافتی (Texture Profile Analysis, TPA)

آزمایش TPA شامل فشردن تکراری نمونه بین دو صفحه موازی است و در این فرآیند مقادیر نیرو در برابر تغییر شکل ثبت می‌شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی اثر معنی دار در ویژگی سختی سوریمی داشتند و با افزایش غلظت این افزودنی، میزان سختی نیز افزایش می‌یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ بیشترین اثر را داشت. مقادیر به هم پیوستگی، چسبندگی و الاستیسیته یا کشسانی نیز به طور معنی داری با تیمار شاهد و با یکدیگر دارای اختلاف بودند و با افزایش میزان افزودنی، افزایش می‌یافتند و مجدداً در غلظت ۳ درصد سفیده تخم مرغ دارای بیشترین مقدار بودند. این امر بدین معناست که وجود سفیده تخم مرغ در ترکیب خمیر سوریمی باعث تقویت شبکه پروتئینی، از طریق جلوگیری از تخریب MHC و افزایش تراکم پیوندهای متقاطع اکتومیوزین، شده است.

Hunt *et al.* (2009b) بیان داشتند که با توجه به زمان افزودن سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی سفید اقیانوس آرام (۱۲ ماه پس از انجماد)، افزودن ۳ درصد تا ۲ درصد سفیده تخم مرغ طی آماده‌سازی ژل در مقایسه با افزودن آن پیش از انجماد به طور معنی داری مقادیر نیروی شکست و تغییر شکل (فاصله شکست) ژل‌های پخته‌شده را بهبود می‌بخشید.

Tabilo- and Barbosa-Canovas (2004)

Munizaga نشان دادند که سفیده تخم مرغ (۱ درصد) سختی، چسبندگی و به هم پیوستگی بیشتری را نسبت به نشاسته سیب زمینی (۴ درصد)، در ژل سوریمی آلاسکا پولاک از خود بروز داد. Hamann

۱.۴.۵. ظرفیت نگهداری آب (WHC)

ظرفیت نگهداری آب به حداکثر میزان آبی گفته می‌شود که مواد می‌توانند در فرمولاسیون غذایی جذب و نگهداری کنند (Quinn and Paton, 1979). در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی‌دار بودند و با افزایش غلظت افزودنی، ظرفیت نگهداری آب افزایش می‌یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ دارای بیشترین ظرفیت نگهداری آب بود. (Lee et al. 1992) ابراز داشتند که افزودن ترکیباتی نظیر سفیده تخم مرغ و پروتئین ایزوله سویا سبب بهبود جابه‌جایی آب می‌شوند که نتایج مشابه در مطالعه حاضر به دست آمد.

در نهایت اینکه، مقایسه بین تیمارها نشان داد بهترین اثر در ظرفیت نگهداری آب با افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی ایجاد می‌شود.

۱.۴.۶. ارزیابی حسی بر اساس روش هدونیک (Hedonic method)

در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی‌دار در سفیدی رنگ بودند و با افزایش غلظت افزودنی، شدت سفیدی رنگ با ارزیاب‌ها کاهش یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۱ درصد از سفیده تخم مرغ دارای بیشترین اثر سفیدی بود. هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی‌دار در بوی سوریمی کپور معمولی بودند. سوریمی‌های دارای ۲ درصد و ۱ درصد سفیده تخم مرغ دارای نمره‌ای برابر از نظر ارزیاب‌ها بودند، اما افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ دارای بیشترین اثر در بوی سوریمی بود و از نظر ارزیاب‌ها بهترین بو را داشت. مقایسه

شست‌وشو و ترکیبات اضافه‌شده به سوریمی بستگی دارد. در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی سبب افزایش معنی‌دار در سفیدی رنگ سوریمی شدند. با افزایش مقدار افزودنی تمایل رنگ سوریمی به سمت رنگ زرد (b^*) کاهش نشان می‌داد و در اثر اضافه‌کردن هر سه سطح افزودنی به طور مجزا، پارامتر b^* value، مقادیری کمتر از تیمار شاهد بروز داد که نتیجه آن افزایش مقدار پارامتر سفیدی رنگ سوریمی حاصله بود. میزان سفیدی ایجادشده در هر سه افزودنی به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود. با آنکه سفیدی تیمار حاوی ۱ درصد پودر سفیده تخم مرغ بالاتر از سایر تیمارها بود، اما هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای حاوی درصد‌های مختلف پودر سفیده تخم مرغ در خصوص رنگ ژل سوریمی تهیه‌شده مشاهده نشد. (Benjakul et al. 2004) اثر سفیده تخم مرغ بر سفیدی رنگ سوریمی مارمولک‌ماهی را در غلظت‌های ۳ و ۲ و ۱ درصد بررسی کردند و گزارش دادند که سوریمی دارای ۱ درصد سفیده تخم مرغ سبب سفیدتر شدن محصول می‌شود. (2009) Hunt et al. اثر سه نوع سفیده تخم مرغ (خشک‌شده، خشک‌شده ویژه و مایع) را در ویژگی سفیدی رنگ سوریمی ماهی آلاسکا پولاک بررسی کردند و نشان دادند که سوریمی با ۰/۵ درصد سفیده تخم مرغ ویژه دارای سفیدترین رنگ بود.

مقایسه بین تیمارها نشان داد که برای دستیابی به بهترین اثر در بهبود روشنایی رنگ سوریمی، فقط افزودن ۱ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی کافی است. همچنین، این افزودنی بهترین اثر در کاهش رنگ زرد را نیز نشان داد و در مجموع سفیدترین رنگ سوریمی با آن ایجاد شد.

افزودنی استفاده شده (سفیده تخم مرغ) در سطوح مختلف، هر یک به نحوی سبب بهبود خواص کارکردی سوریمی تولید شده از ماهی کپور معمولی شدند. در بحث بافت سوریمی که مرتبط با تست نفوذ و تست آنالیز پروفیل بافتی بود همچنین، ویسکوزیته و ظرفیت نگهداری آب، هر سه غلظت افزودنی تأثیرگذار بودند و این اثر با افزایش میزان سفیده تخم مرغ استفاده شده بیشتر می شد؛ سفیده تخم مرغ در سطح ۳ درصد نتایج مناسب تری نشان داد و سبب بهبود ویژگی های مذکور سوریمی تولید شده از ماهی کپور معمولی شد. در بحث ارزیابی حسی، ارزیاب ها بهترین امتیاز را به سوریمی با سفیده تخم مرغ ۳ درصد دادند.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، استفاده از سفیده تخم مرغ برای تهیه سوریمی کپور معمولی، با ویژگی های بافتی مناسب و بازارپسندی مطلوب، توصیه می شود؛ همچنین، بررسی اثر استفاده از افزودنی سفیده تخم مرغ در دیگر ماهیان تیره گوشت و نیز به کاربردن افزودنی های مورد استفاده پیش از انجماد سوریمی برای نگهداری طولانی مدت و استفاده از دیگر ترکیبات افزودنی مناسب برای بهبود خواص کارکردی سوریمی توصیه می شود.

بین تیمارها نشان داد که بهترین اثر در ایجاد بوی سوریمی طی ارزیابی حسی ارزیاب ها با افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی ایجاد می شد. در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در طعم سوریمی کپور معمولی بودند و با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز طعم سنجیده شده ارزیاب ها افزایش می یافت به طوری که، افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ، دارای بیشترین اثر در طعم سوریمی بود. هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در بافت سوریمی کپور معمولی بودند و با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز بافت سنجیده شده ارزیاب ها افزایش می یافت به طوری که، افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ، دارای بیشترین اثر در بافت سوریمی بود. در تیمار سفیده تخم مرغ هر سه میزان افزودنی دارای اثر معنی دار در محبوبیت کلی سوریمی کپور معمولی بودند و با افزایش غلظت افزودنی، امتیاز محبوبیت کلی نمره داده شده ارزیاب ها افزایش می یافت به طوری که، سوریمی در میزان ۳ درصد از سفیده تخم مرغ، بیشترین محبوبیت کلی را در بین افزودنی ها داشت.

Hsu and Chiang (2002) بیان کردند که میزان تقاضا برای ژل های سوریمی با میزان روشنایی (L^*) بیشتر، زردی (b^*) کمتر و سفیدی بیشتر، زیادتر است که نتایج ارزیابی حسی نیز بیانگر این امر است.

مقایسه بین تیمارها نشان داد که بهترین اثر در محبوبیت کلی طی ارزیابی حسی ارزیاب ها با افزودن ۳ درصد سفیده تخم مرغ به سوریمی ماهی کپور معمولی ایجاد می شود.

۵. نتیجه گیری

نتایج تجزیه و تحلیل های تحقیق حاضر نشان داد که

References

- [1]. AOAC, 2005: Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemistry, Washington DC.
- [2]. Benjakul, S., Visessanguan, W., Tueksuban, J., Tanaka, M., 2004. Effect of some protein additives on proteolysis and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*). Food Hydrocolloids 18, 395-401.
- [3]. Camou JP, Sebranek JG, Olson DG., 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.
- [4]. Chang-Lee, M.V., Lampila, L.E., Crawford, D.L., 1990. Yield and composition of surimi from Pacific whiting (*Merluccius moductas*) and the effects of various protein additives on gel strength. J Journal of Food Science; 55, 83-66.
- [5]. Fisheries Statistical of Iran., 2010. Iran fishery statistical year book. Fisheries Research Institute of Iran Republic.
- [6]. Hamada M, Inamasu Y., 1983. Influences of temperature and water content on the viscoelasticity of kamaboko. Nippon Suisan Gakkaishi. 49, 1897-1902.
- [7]. Hamann, D.D., Amoto, P.M., Wu, M.C. Foegeding, E.A., 1990. Inhibition of modori (gel weakening) in surimi by plasma hydrolysate and egg white. Journal of Food Science 55, 665-669.
- [8]. Harper JP, Suter DA, Dill CW, Jones ER., 1978. Effects of heat treatment and protein concentration on the rheology of bovine plasma protein suspensions. Journal of Food Science 43,1204-1205.
- [9]. Himonides, A. T., Taylor, K. 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.
- [10]. Hsu, C.K., Chiang, B.H., 2002. Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the color and texture of threadfin and hair tail surimi gels. International Journal of Food Science and Technology 37, 387-393.
- [11]. Hunt, A., Getty, K.J.K., Park, J.W., 2009a. Roles of starch in surimi seafood: A review. Food Reviews International 25, 299-312.
- [12]. Hunt, A., Park, J.W., Handa, A., 2009b. Effect of various types of egg white on characteristics and gelation of fish myofibrillar proteins. Journal of Food Science 74, 683-692.
- [13]. Jafarpour, A., Gorczyca, E., 2009a. Rheological Characteristics and Microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi and Kamaboko Gel. Food Biophysics 4, 172-179.
- [14]. Jafarpour, A., Gorczyca, E., 2009b. Characteristics of sarcoplasmic proteins and their interaction with surimi and Kamaboko gel. Journal of Food Science 74, 16-22.
- [15]. Jiang, S. T., 2000. Enzymes and their effects on seafood texture. In N. F. Haard, & B. K. Simpson (Eds.), Seafood enzyme: Utilization and influence on postharvest seafood quality (pp. 411-450). New York, USA: Marcel Dekker.
- [16]. Lanier, T.C., 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. pp.: 123-163. In: Surimi Technology. Eds., Lanier, T.C. and Lee, C.M., Marcel Dekker, Inc., New York.
- [17]. Lee, C. M., Wu, M.-C., Okada, M., 1992. Ingredient and formulation technology for surimi based products. In Surimi technology (pp. 273-302). New York: Marcel Dekker.
- [18]. Luo, Y., Shen, H., Pan, D., Bu, G., 2008. Gel properties of surimi from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by heat treatment and soy protein isolate. Food Hydrocolloids 22, 1513-1519.
- [19]. Luo, Y., Kuwahara, R., Kaneniwa, M., Murata, Y., Masahito, Y., 2004. Effect of soy protein isolate on gel properties of Alaska pollock and common carp surimi at different setting conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 84, 663-671.
- [20]. Luo, Y.K., Pan, D.D., Ji, B.P., 2004. Gel properties of surimi from bighead carp (*Aristichthys nobilis*):

- Influence of setting and soy protein isolate. *Journal of Food Science* 69, 374-378.
- [21]. 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.
- [22]. Morrissey, M.T., Wu, J.W., Lin, D., An, H., 1993. Protease inhibitor effects on torsion measurements and autolysis of Pacific whiting surimi. *Journal of Food Science* 5(58), 1050-1054.
- [23]. Nopianti, R., Huda, N., Ismail, N., 2011. A Review on the loss of the functional properties of proteins during frozen storage and the improvement of gel-forming properties of surimi. *American Journal of food technology*, 6(1), 19-23.
- [24]. Park, J.W., 1994. Functional Protein Additives in Surimi Gels. *Journal of Food Science* 59, 525-527.
- [25]. Quinn, J.R. Paton, D., 1979. A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. *Cereal Chemistry*, 61, 53±59.
- [26]. Reppond, K.D., Babbitt JK., 1993. Protease inhibitors affect physical properties of arrowtooth flounder and walleye pollock surimi. *Journal of Food Science* 58, 96-98.
- [27]. Runglerdkriangkrai, J., Banlue, K., Raksakulthai, N., 2008. Quality of fish ball from surimi as affected by starch and sterilizing conditions. *Kasetstar university fisheries research bulletin*, No 32(1), 39-47.
- [28]. Seymour, T.A., Peters, Y.M. Morrissey, M.T. An, H., 1997. Surimi gel enhancement by bovine plasma proteins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45, 2019-2923.
- [29]. Shimizu, Y. Toyohara, H. Lanier, T.C., 1992. Surimi production from fatty and dark-flesh fish species., pp.181-207. In: *Surimi Technology*. Eds., Lanier, T.C. and Lee, C.M., Marcel Dekker, Inc., New York.
- [30]. Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Cánovas, G.V., 2004. Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. *Food Research International* 37, 767-775.
- [31]. Wu, T., Mao, L., 2009. Application of chitosan to maintain the quality of kamaboko gels made from grass carp (*CTENOPHARYNGODON IDELLUS*) during storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 33, 218-230.