

The effects of Konjac gum on physicochemical, textural and sensory properties of surimi obtained from *Chacunda gizzard shad* (*Anodontostoma chacunda*)

Dornoush Jafarpour^{1*} | Parisa Ataei²

¹ Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fars, Iran, Email: d.jafarpour84@yahoo.com

² Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fars, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 24.08.2020
Revised: 11.06.2020
Accepted: 17.11.2020

Keywords:
Surimi
Chacunda gizzard shad
Konjac gum
Sensory evaluation
Textural properties

ABSTRACT

Background and objectives: Every year during marine fishing, some species that are caught are not suitable for human consumption, and are known as surplus fishing or low consumption, which is an important factor in the loss of these rich resources. Therefore, production of surimi is considered as a means to use such species for human consumption. In this regard, the application of additives like gums can be used to modify the properties of surimi. Therefore, in this study, the possibility of producing surimi from *Chacunda gizzard shad* was investigated, and the effect of Konjac gum on the physicochemical and textural properties of the product produced from this type of fish was evaluated.

Materials and methods: In this study, *Chacunda gizzard shad* was purchased freshly from the dock in the local market in Bushehr (IRAN) and immediately transferred to the laboratory after being placed in an ice chamber. After preparing surimi, different concentrations of Konjac gum (0.25, 0.50, and 0.75%, w/w) were added directly to the surimi. Then, the samples were first placed in a water bath at 25°C for 3 hours and heated at 90°C for 20 minutes. After cooling the samples with ice water, the required tests were performed. The produced surimi was evaluated in terms of chemical composition, water holding capacity, color indices, tissue properties and sensory evaluation and compared with the control (gum-free samples).

Results: Based on the results, the percentage of ash, protein, and fat in the treatments did not change significantly compared to the control sample ($P > 0.05$). As the concentration of Konjac gum increased, the amount of moisture and water holding capacity of the surimi samples increased, significantly. The lightness (L^*) of the surimi and surimi gel increased significantly with the addition of Konjac gum. The control sample and the sample containing 0.25% of Konjac gum in the surimi of *Chacunda gizzard shad* showed more yellowness and redness than other treatments. However, the amounts of redness and yellowness in the resulting gel were not significant. By increasing the concentration of Konjac gum in surimi gel, textural parameters (firmness, cohesiveness, adhesiveness, springiness, chewiness), breaking force and deformation increased significantly compared to the control sample. Sensory evaluations also showed that the panelists assigned the highest score to the 0.75 % Konjac gum treatment

for surimi gel from the *Chacunda gizzard shad*.

Conclusion: Based on the findings of the present study, *Chacunda gizzard shad* has the potential to produce surimi, and by adding Konjac gum, its properties may be improved.

Cite this article: Jafarpour, D., Ataei, P. 2022. The effects of Konjac gum on physicochemical, textural and sensory properties of surimi obtained from *Chacunda gizzard shad* (*Anodontostoma chacunda*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 13 (3), 17-36.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/EJFPP.2022.18304.1634

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی اثر صمغ کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سوریمی حاصل از ماهی گواف کوچک (*Anodontostoma chacunda*)

درونش جعفرپور^{۱*} | پریسا عطایی^۲

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران. رایانامه: d.jafarpour84@yahoo.com

۲. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

| اطلاعات مقاله | چکیده |
|---|---|
| نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی | سابقه و هدف: همه ساله در جریان صید ماهیان دریایی برخی از گونه‌هایی که صید می‌شوند برای مصرف انسان مناسب نیستند و به‌عنوان مازاد صید یا کم‌مصرف شناخته می‌شوند که این خود عامل مهمی در اتلاف این منابع غنی محسوب می‌شود. از این رو تولید سوریمی به‌عنوان تمهیدی برای بهره‌مندی این گونه‌ها برای مصارف انسانی در نظر گرفته می‌شود و در این راستا با هدف اصلاح و بهبود ویژگی‌های سوریمی از افزودنی‌هایی مانند صمغ‌ها استفاده می‌شود. از این رو، در پژوهش حاضر امکان تولید سوریمی از ماهی گواف کوچک (<i>Anodontostoma chacunda</i>) و تأثیر صمغ کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی محصول تولید شده از این نوع ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت. |
| واژه‌های کلیدی: سوریمی ماهی گواف صمغ کنجاک ارزیابی حسی ویژگی‌های بافتی | مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ماهی گواف به صورت تازه از اسکله صیادی در شهر بوشهر تهیه گردید و پس از قرارگیری در محفظه یخ بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از آماده‌سازی سوریمی، صمغ کنجاک در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد (وزنی/وزنی) مستقیماً به سوریمی اضافه شد. سپس جهت آماده‌سازی ژل سوریمی، نمونه‌ها ابتدا به مدت ۳ ساعت در حمام آبی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شدند. بعد از سرد کردن نمونه‌ها با آب یخ، آزمایشات لازم بر روی آن‌ها صورت گرفت. سوریمی تولیدی از نظر ترکیبات شیمیایی، ظرفیت نگهداری آب و فاکتورهای رنگی مورد ارزیابی قرار گرفت و بررسی ویژگی‌های بافتی و ارزیابی حسی در مورد ژل‌های تولیدی انجام و با نمونه شاهد (بدون صمغ) مقایسه شد. |
| | یافته‌ها: بر اساس نتایج بدست آمده درصد خاکستر، پروتئین و چربی تیمارها نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). با افزایش سطح صمغ کنجاک، مقدار رطوبت و ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های سوریمی افزایش معنی‌داری داشت. میزان روشنایی (L^*) سوریمی و ژل سوریمی با افزودن صمغ کنجاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$). نمونه شاهد و نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ کنجاک در سوریمی ماهی گواف نسبت به بقیه تیمارها قرمزی و زردی بیشتری را نشان دادند. اما در ژل حاصل، میزان قرمزی و زردی بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). با افزایش غلظت صمغ کنجاک در ژل سوریمی، پارامترهای مربوط به بافت (سفتی، انسجام، چسبندگی، فنری و قابلیت جویدن)، نیروی شکست و عمق نفوذ به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. |

ارزیابی‌های حسی نیز نشان داد که افراد ارزیاب در مورد ژل سوریمی حاصل از ماهی گواف بیشترین امتیاز را به تیمار ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مشخص شد که ماهی گواف پتانسیل تولید سوریمی را داشته و با افزودن صمغ کنجاک می‌توان خصوصیات آن را بهبود بخشید.

استناد: جعفرپور، د.، عطایی، پ. (۱۴۰۰). بررسی اثر صمغ کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی سوریمی حاصل از ماهی گواف کوچک (*Anodontostoma chacunda*). فرآوری و نگهداری مواد غذایی، ۱۳ (۳)، ۱۷-۳۶.

DOI: 10.22069/EJFPP.2022.18304.1634



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

افزایش روز افزون آگاهی نسبت به ارزش تغذیه‌ای، سلامت و بهداشت مواد غذایی و همچنین تغییر روش زندگی در کشورهای صنعتی سبب گردیده تا تقاضا برای مواد خوراکی سالم و آماده مصرف بیشتر گردد. در این رابطه آبریان خوراکی به‌عنوان منابع غنی از پروتئین با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیکی بالا که قادرند ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب مفید را تأمین نمایند، از جایگاه خاصی برخوردارند (۲۱). همه ساله در جریان صید ماهیان دریایی برخی از گونه‌هایی که صید می‌شوند، برای مصرف انسان مناسب نیستند. حدود ۳۰ درصد از مجموعه صیدی که به عرشه منتقل می‌شود، به دلایل مختلف از جمله رنگ نامطلوب، طعم، اندازه کوچک و چربی زیاد به‌عنوان مازاد صید یا کم‌مصرف شناخته می‌شود که این خود عامل مهمی در اتلاف این منابع غنی محسوب می‌شود (۱۰). از این رو لازم است تمهیداتی به‌کار برده شود تا بتوان از این گونه‌ها برای مصارف انسانی بهره گرفت. چرخ کردن گوشت و بهره‌گیری از آن جهت تولید محصولات متنوع دیگر از شناخته‌ترین روش‌های استفاده از ماهیان کم‌مصرف و دیگر منابع آبرزی می‌باشد (۲۱). سوریمی^۱ واژه‌ای ژاپنی است که به گوشت ماهی استخوان‌گیری شده، چرخ شده و شسته شده با آب اطلاق می‌شود که به‌منظور تولید فرآورده‌های تقلیدی مانند پای خرچنگ و صدف خوراکی دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). سوریمی کنسانتره پروتئین‌های میوفیبریل بدست آمده از گوشت چرخ شده و شسته شده است که واجد ویژگی‌هایی شامل رنگ روشن، تعدیل محسوس در طعم و بوی طبیعی ماهی و چربی کم است (۳۵).

ایالات متحده آمریکا و ژاپن از تولیدکنندگان اصلی سوریمی و محصولات بر پایه آن به‌شمار می‌روند. سوریمی با وجود مقادیر بالایی از پروتئین‌های میوفیبریل دارای خصوصیات ژل‌شوندگی منحصر به فردی است که آن را به ماده‌ی غذایی پایه با عملکرد بسیار عالی برای تولید فرآورده‌های غذایی مانند برگر، سوسیس و غیره تبدیل کرده است. از ترکیبات مورد استفاده برای اصلاح و بهبود ویژگی‌های سوریمی می‌توان به نشاسته، افزودنی‌های پروتئینی و هیدروکلوئیدها اشاره کرد (۳۵).

کنجاک گلوکومانان نوعی هیدروکلوئید استحصال‌ی از غده‌های گیاه *Amorphophallus konjac* می‌باشد. این پلی‌ساکارید خنثی به‌دلیل توانایی جذب آب بالا، به‌عنوان تشکیل‌دهنده ژل و عامل سفت‌کننده در غذاهای سنتی آسیایی استفاده می‌شود (۵۱). هم‌چنین از آن به‌عنوان یکی از ویسکوزترین فیبرهای رژیمی یاد می‌کنند. استفاده آن در کشورهای غربی به‌صورت یک جزء در غذاهای فراسودمند رو به گسترش است. محصولات کنجاک توسط سازمان بهداشت جهانی^۲ (WHO) در لیست ۱۰ غذای سالم برتر قرار گرفته است (۱، ۴۴). هم‌چنین استفاده از آن به‌شکل یک افزودنی غذایی در اروپا مجاز شناخته شده است و به‌عنوان ماده خوراکی ایمن و مجاز^۳ (GRAS) توسط سازمان غذا و دارو^۴ (FDA) طبقه‌بندی می‌گردد. علاوه بر این استفاده از کنجاک به‌دلیل نقش مهم در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال‌های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفته نادر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۵۱). حسینی شکرابی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با بررسی اثرات هیدروکلوئیدهای مختلف بر ویژگی‌های

2. World Health Organization
3. Generally Recognized As Safe
4. Food and Drug Administration

1. Surimi

ماهی گوف کوچک (*Anodontostoma chacunda*) نیز از دیگر ماهیان استخوانی بوده که به خانواده Clupeidae تعلق دارد. بیشینه درازای بدن گوف ۱۷ سانتی متر و میانگین آن ۱۴ سانتی متر می باشد. گوف بدنی خیلی مرتفع و فشرده دارد و رنگ بدن در پشت سبز- آبی و پهلوها نقره‌ای روشن می باشد. این ماهی بیشتر در سواحل آب‌های شور مناطق گرمسیری یافت می شود (۱۴). از آنجا که اندازه‌ی کوچک این ماهی در ایران کمتر مورد استقبال مصرف کنندگان قرار می گیرد، از این رو هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تولید سوریمی از ماهی گوف و نیز ارزیابی تأثیر هیدروکلونید کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی محصول تولید شده از آن می باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: ماهی مورد استفاده در این پژوهش با نام محلی گوف با وزن تقریبی $205/9 \pm 33/6$ گرم و اندازه متوسط $13/1 \pm 2/4$ سانتی متر به صورت تازه از اسکله صیادی در شهر بوشهر تهیه گردید و پس از قرارگیری در محفظه یخ بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. کنجاک مورد استفاده در این پژوهش از شرکت بهین آزما (شیراز، ایران) تهیه شد. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

آماده‌سازی سوریمی: آماده‌سازی سوریمی بر اساس دستورالعمل گورچیگا و جعفرپور (۲۰۰۹) انجام شد (۲۲). بدین منظور ابتدا ماهی‌ها با آب سرد کاملاً شست و شو شدند. پس از سر زنی، تخلیه شکمی و شست و شو، پوست ماهی و استخوان‌های آن به صورت دستی زدوده شد و به صورت فیله درآمد. سپس گوشت با استفاده از چرخ گوشت خانگی (بوش مدل MFW68640، آلمان) با قطر منفذ دو میلی متر چرخ گردید. گوشت چرخ شده با آب سرد با دمای ۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد به نسبت ۱ به ۴

بافتی و ریزساختاری ژل سوریمی گزارش کردند کتیرای ایرانی بهترین نتیجه را در بهبود خواص بافتی و ریزساختار ژل سوریمی در مقایسه با صمغ زانتان، کیتوزان و کنسانتره پروتئین آب پنیر دارد و کمترین تأثیر مطلوب با افزودن زانتان حاصل می شود (۱۷). هدایتی و کوچکی (۱۳۹۲) بیان کردند که از هیدروکلونیدها می توان به منظور اصلاح بافت فرآورده‌های بر پایه سوریمی استفاده کرد زیرا تشکیل کمپلکس پروتئین-آب- پلی ساکارید باعث تغییر در ویژگی‌های ساختاری و عملکردی پروتئین ماهی و ایجاد ژل‌های ویسکوالاستیک می گردد (۱۵). های هوا و چانگ هو (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن هیدروکلونیدهای مختلف تأثیرات متفاوتی بر ویژگی‌های بافتی ژل سوریمی دارد. کاراگینان و آگار نیروی شکست ژل سوریمی را افزایش داده؛ در حالی که زانتان منجر به کاهش نیروی شکست ژل سوریمی می شود و آلژینات نیز تأثیر منفی ناچیزی دارد. همچنین افزودن هر یک از این هیدروکلونیدها تغییر شکل ژل سوریمی را کاهش می دهد (۱۲). زیونگ و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر صمغ کنجاک گلوکومانان بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی ژل سوریمی حاصل از ماهی *Ctenopharyngodon idella* بیان کردند با افزایش غلظت صمغ کنجاک نیروی لازم جهت شکست و تغییر شکل ژل سوریمی افزایش می یابد و ظرفیت نگهداری آب بهبود می یابد (۴۶).

صنعت سوریمی عمدتاً از ماهی آلاسکا پولاک به عنوان اصلی ترین منبع برای تولید سوریمی استفاده می کند. اما با توجه به افزایش جمعیت جهان و تهی شدن ذخایر ماهیان و به دنبال آن کاهش تولید سوریمی تولید شده از ماهی آلاسکا پولاک (به دلیل وضع قوانین محدودکننده صید) ضرورت استفاده از گونه‌های جدید امری مبرم شمرده می شود (۳۵).

انجام پذیرفت (۳). رطوبت سوریمی پس از تولید با استفاده از آون‌گذاری (Binder، آمریکا) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و رسیدن به وزن ثابت، پروتئین خام به روش کلدال با استفاده از دستگاه هضم و تقطیر کلدال (Gerhardt مدل VAP.40، آلمان)، چربی خام با استفاده از پترولیوم اتر و دستگاه سوکسله (Gerhardt مدل SE-416، آلمان) و خاکستر با استفاده از کوره‌گذاری (Nabertherm، آلمان) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند (۳).

ظرفیت نگهداری آب^۱ سوریمی: ظرفیت نگهداری آب با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ و طبق روش حاجیدون و جعفرپور (۲۰۱۳) اندازه‌گیری گردید (۱۳). بدین جهت ابتدا ۵ گرم نمونه توسط ترازو توزین و در کاغذ واتمن به شماره ۴۱ پیچیده شد و سپس در دستگاه سانتریفیوژ (مدل ۵۸۱۰، آلمان) به مدت ۳۰ دقیقه با دور $1700 \times g$ قرار داده شد. در نهایت ظرفیت نگهداری آب سوریمی و ژل سوریمی از اختلاف وزن کاغذ فیلتر قبل و بعد از سانتریفیوژ مطابق رابطه ۱ محاسبه شد که در آن M_w جرم ثانویه و M_s جرم اولیه نمونه می‌باشند. رابطه ۱.

$$WHC (g/kg) = [(1 - M_w/M_s)] 1000$$

ارزیابی رنگ سوریمی: نمونه‌ها به ضخامت ۲۰ میلی‌متر برش زده و برای عکس‌برداری در جعبه‌ای با دیواره‌های سفید با ابعاد (۶۰×۵۰×۵۰) قرار گرفتند. برای نورپردازی فضا، از لامپ فلورسنت کم‌مصرف با توان ۶۰ وات با نور سفید استفاده شد. توزیع نور درون جعبه کاملاً یکنواخت بوده و عکس‌برداری بوسیله یک دوربین دیجیتالی (Canon Power Shot، مدل A540، ژاپن) با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از نمونه و عمود بر آن درون جعبه انجام پذیرفت. تصاویر بدست آمده به نرم افزار فتوشاپ ۸ منتقل شد و مولفه‌های

(گوشت: آب) به مدت ۱۰ دقیقه شسته و عملیات آبگیری با استفاده از پارچه تنظیف با چشمه یک میلی‌متر به صورت دستی انجام شد. پس از ۲ بار شست و شو با آب خالص و آبگیری، مرحله نهایی شست و شو با آب نمک ۰/۳ درصد انجام پذیرفت. پس از آبگیری نهایی، با استفاده از یک وزنه سنگین عملیات فشرده‌سازی به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بر روی گوشت چرخ شده ماهی صورت گرفت تا آب آن به طور کامل خارج شود. بعد از آن صمغ کنجاک با درصدهای ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد (وزنی/وزنی) به سوریمی بدست آمده افزوده و سپس با استفاده از مولینکس (Moulinex مدل DPA1، فرانسه) به مدت ۳ دقیقه هم‌وزن شد (۲۲). دمای سوریمی در تمامی مراحل زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. سپس نمونه‌ها در روکشی از جنس پلی‌امید با قطر ۳۰ میلی‌متر قرار داده شد. جهت انجام این مرحله سوریمی به صورت یکنواخت و بدون هوا وارد روکش گردید و دو طرف روکش محکم بسته شد (۲۱).

تولید ژل سوریمی: جهت آماده‌سازی ژل سوریمی، ابتدا نمونه‌ها جهت قوام‌یابی در حمام آبی (Memmert) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفته و سپس جهت پخت با استفاده از حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شدند. پس از پخت جهت توقف فرآیندهای بعدی و جلوگیری از تأثیر دما بر بافت ژله‌ای سوریمی، نمونه‌ها سریعاً با آب یخ (۲±۰ درجه سانتی‌گراد) سرد شدند. سپس نمونه‌های به‌دست آمده تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۴۹).

آنالیز ترکیب شیمیایی سوریمی: آنالیز تقریبی شیمیایی نمونه‌ها بر اساس روش AOAC (۲۰۰۵)

رنگ (L^* , a^* , b^*) آن‌ها بدست آمد. مولفه رنگ L^* بیانگر روشنایی، مولفه رنگ a^* نشان‌دهنده میزان سبزی و قرمزی و مولفه رنگ b^* میزان آبی و زرد را نشان می‌دهد. سپس مؤلفه‌های رنگ برای آنالیز آماری استفاده شد (۴۷).

آنالیز پروفایل بافت ژل سوریمی: ابتدا نمونه‌های ژل با اندازه 25×20 میلی‌متر مربع توسط کولیس و تیغه تیز برش داده و قبل از انجام آزمایشات با دمای محیط ($26-28$ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه هم‌دمای شدند. بافت نمونه‌های مورد نظر توسط دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد مدل LFRA 4500، مجهز به سل بارگذاری ۲۵ کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای شکل با قطر ۵۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی بافت، نمونه‌های ژل سوریمی به صورت محوری تا نصف ارتفاع اولیه با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و نیروی ۰/۱ نیوتن، در دو مرحله متوالی فشرده شدند. فاصله‌ی بین دو مرحله‌ی فشرده‌سازی ۵ ثانیه بود. در این آزمون فاکتورهای سفتی^۱ (حداکثر نیروی لازم برای تغییر شکل مورد نظر در سیکل اول فشردن)، فاکتور انسجام^۲ (نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات)، فاکتور چسبندگی^۳ (حداکثر نیروی منفی مورد نیاز برای خارج نمودن پروب از ماده غذایی)، فاکتور فنریت^۴ (مقدار برگشت ماده به حالت اولیه پس از برداشتن نیرو) و قابلیت جویدن^۵ (انرژی لازم برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آماده بلع شود) اندازه‌گیری شدند (۴۲).

آزمون نفوذ ژل سوریمی: جهت ارزیابی بافت ژل سوریمی از آزمون نفوذ نیز استفاده شد. بدین جهت ارزیابی با استفاده از دستگاه بروکفیلد مجهز به سل

بارگذاری ۲۵ کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای شکل با قطر ۵ میلی‌متر انجام شد. پروب با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و نیروی ماشه‌ای ۵ گرمی در وسط نمونه‌های ژل سوریمی نفوذ کرده و فاکتورهای تغییر شکل (قابلیت ارتجاعی / قابلیت تغییر شکل) بر حسب میلی‌متر و حداکثر نیروی شکست (قدرت ژل) بر حسب گرم اندازه‌گیری شدند (۴۲).

قابلیت تا شدن ژل سوریمی: ژل‌های تولیدی از یخچال خارج و با ضخامت ۲/۵ میلی‌متر (۵ قطعه) برش زده شدند و قبل از ارزیابی برای رسیدن به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. آزمایش قابلیت تا شدن ژل به روش استاندارد ژاپنی انجام گرفت (۲۷). هر قطعه آماده شده بین انگشت شست و اشاره قرار داده شد و برای ارزیابی میزان شکستگی یا پارگی در اثر خم شدن، تا شده و مطابق زیر امتیازدهی شدند: نمونه‌های سوریمی در صورت دو بار تا شدن بدون هیچ‌گونه ترک یا شکستگی کیفیت AA با امتیاز ۵، یک بار تا شدن و بدون هیچ‌گونه ترک یا شکستگی کیفیت A با امتیاز ۴، شکسته شدن تدریجی ژل پس از تا شدن کیفیت B با امتیاز ۳، شکسته شدن ژل به دو قسمت موقع تا کردن کیفیت C با امتیاز ۲ و خرد شدن ژل با فشار انگشتان بدون تا کردن کیفیت D با امتیاز ۱.

ارزیابی حسی ژل سوریمی: ارزیابی حسی نمونه‌ها پس از تولید، مطابق روش هدونیک ۵ نقطه‌ای، از بسیار مطلوب (۵) تا بسیار نامطلوب (۱) انجام پذیرفت. در طی این آزمون، صفات رنگ و ظاهر نمونه، بو و پذیرش کلی نمونه‌ها توسط ۱۲ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده (محدوده سنی بین ۲۰ تا ۴۵ سال) مورد ارزیابی قرار گرفتند (۴۵).

1. Firmness
2. Cohesiveness
3. Adhesiveness
4. Springiness
5. Chewiness

آنالیز آماری: آزمایشات در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس یکطرفه قرار گرفته و سپس برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی اختلاف معنی داری بین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری ۹۵ درصد استفاده گردید. هم‌چنین جهت مقایسه سوریمی و ژل سوریمی در از آزمون مستقل T در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی: نتایج حاصل از آنالیز ترکیب شیمیایی نمونه‌های سوریمی حاصل از ماهی گوف در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده تفاوت معنی داری در مقادیر چربی، خاکستر و پروتئین تیمارها نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). مقادیر ترکیب شیمیایی در بدن ماهیان به گونه، نوع تغذیه، محیط زندگی، سن و جنس آن‌ها بستگی دارد (۳۹). هسو و چیانگ (۲۰۰۲) بیان کردند که اضافه کردن صمغ‌ها تأثیر معنی داری بر ترکیب تقریبی محصول سوریمی آن‌ها ندارد (۱۹). حسینی شکرابی و همکاران (۲۰۱۴) مقادیر پروتئین، لیپید،

خاکستر و رطوبت سوریمی حاصل از ماهی شوریده دهان سیاه را به ترتیب ۱۴/۷۷، ۰/۹۴، ۰/۵۸ و ۴۴ درصد گزارش کردند (۱۸). پیتروئسکی و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر رطوبت، پروتئین، ۰/۳۲ درصد چربی و ۲/۵۷ درصد خاکستر را برای سوریمی حاصل از ماهی آلاسکا پولاک بدست آوردند. از آنجا که صمغ کنجاک یک پلی ساکارید است، بنابراین افزودن آن به فرمولاسیون سوریمی تأثیری بر میزان پروتئین، چربی و خاکستر نمونه‌ها نداشته است. از نظر مقدار رطوبت نمونه شاهد با تیمار ۰/۲۵ درصد صمغ کنجاک تفاوت معنی داری نداشته اما با افزایش سطح صمغ کنجاک، مقدار رطوبت نمونه‌های سوریمی افزایش معنی داری داشت ($P < 0.05$). به نظر می‌رسد صمغ کنجاک موجب افزایش رطوبت در سوریمی شده است (۳۷). لی و نی (۲۰۱۵) اظهار داشتند که مولکول‌های هیدروکلوئیدها با اتصال به آب خصوصیات مواد غذایی را اصلاح می‌کنند (۲۸). هیدروکلوئیدها با خاصیت آب دوستی خود، آب را جذب کرده و باعث افزایش رطوبت ماده غذایی می‌شوند (۳۰). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، پتچارات و بنجاکول (۲۰۱۷) نشان دادند افزودن صمغ ژلان به نمونه‌های سوریمی تهیه شده از *Priacanthus macracanthus* با جذب آب منجر به افزایش رطوبت نمونه‌ها می‌شود (۳۶).

جدول ۱- آنالیز تقریبی نمونه‌های سوریمی حاصل از ماهی گوف

Table 1. Chemical composition of surimi samples of *Chacunda gizzard shad*

| چربی Fat | پروتئین Protein | خاکستر Ash | رطوبت Moisture | تیمار Treatments |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 0.63±0.02 ^a | 15.19±0.04 ^a | 0.51±0.01 ^a | 81.39±0.02 ^c | شاهد Control |
| 0.65±0.04 ^a | 15.57±0.02 ^a | 0.52±0.02 ^a | 81.55±0.03 ^c | ۰/۲۵ صمغ کنجاک 0.25 % Konjac gum |
| 0.64±0.03 ^a | 15.86±0.07 ^a | 0.50±0.01 ^a | 83.01±0.03 ^b | ۰/۵ صمغ کنجاک 0.5 % Konjac gum |
| 0.64±0.01 ^a | 15.11±0.01 ^a | 0.51±0.04 ^a | 84.20±0.04 ^a | ۰/۷۵ صمغ کنجاک 0.75 % Konjac gum |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین تیمارها است.

Results are shown as mean ± standard deviation. Different lowercase letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between treatments.

ظرفیت نگهداری آب سوریمی را افزایش می‌دهند. توانایی صمغ‌ها در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با پروتئین‌ها و در نتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب گردد. هیدراته شدن یا جذب آب، از خواص مهم صمغ‌ها می‌باشد (۳۸). چن و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزودن هیدروکلئیدهای کوردلان و کاراگینان به سوریمی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهند. در اثر افزودن هیدروکلئیدها ساختار شبکه قوی‌تری بین پروتئین سوریمی و هیدروکلئیدها ایجاد شده که می‌تواند آب را بهتر در خود نگه دارند (۶). این محققان در مقابل نشان دادند صمغ زانتان دلیل وزن مولکولی بالا و ممانعت از تشکیل ساختار شبکه ژل بر ظرفیت نگهداری آب سوریمی تأثیر منفی دارد (۶). تأثیر کنجاک گلوکومانان در بهبود خصوصیات تشکیل ژل و افزایش ظرفیت نگهداری آب در سوریمی با کیفیت پایین ثابت شده است (۲۹).

تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب: ظرفیت نگهداری آب از جمله مهمترین پارامترهای کیفیت سوریمی و محصولات برپایه سوریمی است که بیانگر قابلیت پروتئین سوریمی در نگهداری آب می‌باشد (۶). مطابق جدول ۲، بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه ژل سوریمی حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک با مقدار $86/75 \pm 0/07$ بود و کمترین میزان در نمونه شاهد سوریمی با مقدار $45/29 \pm 0/09$ مشاهده شد. با افزایش سطح صمغ کنجاک، میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). ظرفیت نگهداری آب سوریمی مربوط به پروتئین‌های میوفیبریل است. اثر متقابل پروتئین و آب بر ماهیت بافت، آبداری، تردی، رنگ و طعم سوریمی تأثیرگذار می‌باشد (۲۰). در سوریمی پروتئین‌های میوفیبریل از طریق پیوند با آب، آب را جذب می‌کنند. زمانی که سوریمی تحت فرایند حرارتی قرار می‌گیرد، پروتئین‌ها دناتوره شده و تشکیل شبکه‌ای می‌دهند که می‌تواند آب را در خود نگه دارند. مشخص شده است که افزودن هیدروکلئیدها به‌طور معنی‌داری

جدول ۲- تأثیر افزودن صمغ کنجاک بر میزان ظرفیت نگهداری آب سوریمی و ژل سوریمی ماهی گوف

Table 2- Effect of Konjac gum addition on water holding capacity (%) of surimi and surimi gel samples of *Chacunda gizzard shad*

| ژل سوریمی Surimi gel | سوریمی Surimi | تیمار Treatments |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 71.82±0.10 ^{dA} | 45.29±0.09 ^{sB} | شاهد Control |
| 77.00±0.09 ^{cA} | 50.04±0.11 ^{cB} | ۰/۲۵٪ صمغ کنجاک 0.25 % Konjac gum |
| 84.11±0.11 ^{bA} | 59.92±0.10 ^{bB} | ۰/۵٪ صمغ کنجاک 0.5 % Konjac gum |
| 86.75±0.07 ^{aA} | 68.71±0.08 ^{aB} | ۰/۷۵٪ صمغ کنجاک 0.75 % Konjac gum |

مقادیر بر اساس میانگین \pm انحراف معیار بیان شده است. حروف متفاوت کوچک در هر ستون و حروف متفاوت بزرگ در هر سطر به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها و محصولات است ($P < 0/05$).

Results are shown as mean \pm standard deviation. Different lowercase letters in each column indicate a significant difference between treatments and different uppercase letters in each row indicate a significant difference between products ($P < 0.05$).

کنجاک و در نتیجه کاهش قرمزی می‌گردد (۱۶). این نتایج با مطالعه روحانی و همکاران (۱۹۹۵) و جونگ و یو (۲۰۰۵) مطابقت داشت (۴۰، ۲۴). رنگدانه میوگلوبین مهم‌ترین ترکیب در ماهیان با رنگ گوشت تیره می‌باشد. مشخص شده است که در شست و شوی اول مقدار زیادی از این رنگدانه خارج می‌شود اما در شست و شوی بعدی تنها مقدار اندکی از آن خارج می‌گردد. چایجان و همکاران (۲۰۰۴) با تهیه سوریمی از ماهی ساردین که از جمله ماهیان با گوشت تیره می‌باشد نشان دادند عوامل مختلفی بر رنگ سوریمی تولید شده از ماهیان با گوشت تیره تاثیر گذارند (۵). این محققان تعداد دفعات شست و شو، زمان شست و شو، نسبت آب مورد استفاده جهت شست و شو و میزان نمک مورد استفاده به‌هنگام شست‌وشو را از عمده عوامل موثر بر میزان خارج شدن میوگلوبین و رنگ نهایی سوریمی بیان کردند. بنابراین جهت رسیدن به سوریمی با رنگ بهتر از ماهی گوف، افزایش تعداد دفعات شست‌وشو، زمان شست و شو و افزایش غلظت نمک مورد استفاده پیشنهاد می‌شود.

نمونه شاهد و تیمار ۲۵ درصد سوریمی ماهی گوف نسبت به سایر تیمارها به دلیل وجود رنگدانه‌های رنگی و خارج نشده فاکتور b^* (شاخص زردی) بالاتری نشان دادند (جدول ۳). با افزودن بیشتر صمغ کنجاک این مقدار کاهش می‌یابد. از آنجا که صمغ کنجاک رنگ سفیدی دارد، لذا افزودن آن تأثیری بر فاکتور زردی نمونه‌ها نداشت. اما در ژل تولیدی حاصل با تشکیل ساختار ژلی توسط کنجاک و پیوند با پروتئین میزان زردی کاهش یافت (جدول ۳). چن و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردند که با افزایش ژلاتین میزان روشنایی ژل‌های سوریمی نسبت به نمونه شاهد کاهش می‌یابد اما افزودن صمغ زانتان تأثیری بر روشنایی و سفیدی نمونه‌ها نداشته است

به‌طور مشابه، پتچارات و بنجاکول (۲۰۱۷) نشان دادند کاربرد صمغ ژلان در تولید سوریمی از طریق ایجاد شبکه قوی‌تر و نگهداشتن آب بیشتر در شبکه ژل، منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود (۳۶). هم‌چنین تاثیر افزودن صمغ کنجاک و کربوکسی متیل سلولز در افزایش ظرفیت نگهداری آب فرآورده‌های ماهی بازسازی شده ثابت شده است (۲). قابلیت جذب آب خوب صمغ کنجاک در دمای معمولی (۴۸) در تحقیق حاضر مشهود بود.

تغییرات رنگ سوریمی و ژل سوریمی: نتایج
ارزیابی شاخص‌های رنگی سوریمی و ژل سوریمی تیمارشده با درصدهای مختلف صمغ کنجاک در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزودن صمغ کنجاک میزان روشنایی سوریمی و ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). سوادکوهی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی نشان دادند که با افزایش محتوای آب در نمونه‌ها میزان روشنایی کاهش می‌یابد (۴۳). بنابراین با افزایش غلظت صمغ کنجاک در سطح ۷۵ درصد میزان آب نمونه‌ها افزایش و میزان روشنایی کاهش یافت. هم‌چنین میزان روشنایی ژل سوریمی نسبت به سوریمی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است که به دلیل دناتوره شدن پروتئین‌ها در اثر فرایند حرارتی می‌باشد (۱۱). نمونه شاهد و غلظت صمغ کنجاک در سوریمی ماهی گوف نسبت به بقیه تیمارها قرمزی بیشتری نشان داد اما در ژل حاصل، قرمزی بین تیمارها معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد افزایش کنجاک منجر به پوشش قرمزی نمونه‌ها شده است. در کل قرمزی ژل سوریمی به‌طور معنی‌داری کمتر از سوریمی بود ($P < 0/05$). رنگدانه‌های درونی بطور طبیعی در گونه‌هایی با ماهیچه تیره بیشترین تأثیر را دارند. افزودن صمغ کنجاک در ماهیان با گوشت تیره، سبب احاطه شدن رنگدانه‌های تیره توسط صمغ

کاراگینان، ژل سوریمی مات تر شده و کاهش روشنایی را سبب می شود (۹). مطابق با نتایج بدست آمده در این پژوهش، های هوا و چانگ هو (۲۰۰۹) کاهش روشنایی سوریمی را با افزایش صمغ کنجاک مشاهده کردند (۱۲).

(۶). تفاوت در رنگ، با نوع ماهیچه ماهی و نوع صمغ افزوده شده مرتبط است (۳۲). ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ژلاتینه شدن، تورم نشاسته و تشکیل ژل منجر به کاهش زردی نمونه های سوریمی حاوی نشاسته می شود (۵۰). همچنین ایوم و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند در اثر تورم گرانول های صمغ

جدول ۳- تأثیر افزودن صمغ کنجاک بر شاخص های رنگی نمونه های سوریمی و ژل سوریمی ماهی گوف

Table 3- Effect of Konjac gum addition on colorimetric changes of surimi and surimi gel samples of *Chacunda gizzard shad*

| فاکتور آبی-زردی (b*) | | فاکتور سبزی-قرمزی (a*) | | فاکتور روشنایی (L*) | | تیمار |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| yellowness/blueness (b*) | | redness/greenness (a*) | | Lightness (L*) | | Treatments |
| ژل سوریمی | سوریمی | ژل سوریمی | سوریمی | ژل سوریمی | سوریمی | |
| Surimi gel | Surimi | Surimi gel | Surimi | Surimi gel | Surimi | |
| 9.15±1.04 ^{AB} | 10.33±1.52 ^{BA} | 2.33±0.52 ^{AB} | 4.00±0.60 ^{BA} | 89.28±1.34 ^{AA} | 81.67±1.14 ^{AB} | شاهد Control |
| 8.09±1.11 ^{BB} | 9.27±1.31 ^{BA} | 1.45±0.02 ^{BB} | 3.67±0.57 ^{BA} | 84.27±1.51 ^{BA} | 77.67±1.52 ^{BB} | ۰.۲۵٪ صمغ کنجاک 0.25 % Konjac gum |
| 7.41±1.20 ^{CB} | 8.17±0.97 ^{CA} | 1.37±0.15 ^{BB} | 2.33±0.57 ^{BA} | 80.11±1.04 ^{CA} | 72.33±2.08 ^{CB} | ۰.۵٪ صمغ کنجاک 0.5 % Konjac gum |
| 7.20±1.06 ^{CB} | 8.21±1.00 ^{CA} | 1.33±0.15 ^{BB} | 2.53±2.08 ^{BA} | 76.17±1.23 ^{DA} | 68.33±1.51 ^{DB} | ۰.۷۵٪ صمغ کنجاک 0.75 % Konjac gum |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین تیمارهای مختلف است. حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) بین سوریمی و ژل سوریمی در همان تیمار است.

Results are shown as mean ± standard deviation. Different lowercase letters in each column indicate a significant difference ($p < 0.05$) between different treatments. Different uppercase letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between surimi and surimi gel in the same treatment.

پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های پروتئین شکل می گیرد. اما به هنگام پخت در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد دناتور شده زنجیره سنگین میوزین و اکتومیوزین رخ می دهد. پروتئین های واسرشت شده از طریق گروه های واکنشی تمایل به تجمع داشته و در نهایت از طریق برهمکنش های آبگریز و پیوندهای دی سولفیدی، شبکه ژل مستحکم و برگشت ناپذیر ایجاد می شود (۴). افزودن صمغ کنجاک به عنوان یک پرکننده در ماتریس ژل سوریمی در پیوندهای پروتئین سوریمی نقش ایفا کرده و سبب انسجام بیشتر شبکه پروتئینی ژل سوریمی می شود. مونثرو و پرزمتئوس (۲۰۰۲) دریافتند که ژل های ماهی حاوی هیدروکلونید آلژینات سفتی بیشتری نسبت به نمونه بدون هیدروکلونید دارند (۳۱). نتایج حاضر با یافته های

تغییرات بافت ژل سوریمی: اثرات افزودن غلظت های مختلف صمغ کنجاک بر پارامترهای ساختار بافت نمونه های ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف در جدول ۴ آورده شده است. نتایج میانگین داده های این آزمون نشان داد که مقادیر مربوط به بافت (سفتی، چسبندگی، پیوستگی، فنری و قابلیت جویدن) در نمونه های ژل سوریمی با افزایش مقادیر صمغ کنجاک افزایش معنی داری داشته است ($P < 0.05$). افزایش سفتی تمام نمونه ها به تناسب افزایش غلظت صمغ کنجاک نشان می دهد افزودن این هیدروکلونید موجب افزایش سفتی بافت شده است ($P < 0.05$). به هنگام فرآیند قوام یابی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد شبکه پروتئینی تشکیل می شود که این شبکه از طریق ایجاد پیوندهای ضعیف مانند

شکل محصول شده‌اند. خسرو نژاد (۱۳۹۳) در بررسی اثر افزودن هیدروکلئیدها بر ویژگی‌های کیفی برگر گیاهی طی ماندگاری نشان داد بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه حاوی ۰/۱۵ درصد کاپاکاراگینان و کمترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه شاهد بود، البته نمونه‌های حاوی آلزینات سدیم نیز به‌طور معنی‌داری پیوستگی نمونه‌های سویا برگر را نسبت به نمونه شاهد افزایش دادند (۲۵). جیمز کلمنرو و همکاران (۲۰۱۰) نیز عنوان کردند که افزودن صمغ کنجاک به نمونه‌های سوسیس فرانکفورتر کم‌چرب منجر به بهبود پیوستگی نسبت به نمونه شاهد می‌شود (۲۳). میزان فنریت نیز با مقدار صمغ کنجاک رابطه مستقیم نشان داد (جدول ۴).

سانتانو و همکاران نیز مطابقت دارد (۴۲). با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار ژلی و شبکه پروتئینی نمونه‌ها از سفتی بیشتری برخوردار باشد، نیروی چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از آزمایش سفتی بافت نیز آن را تأیید می‌کند (۲۳). به میزان توانایی نمونه در برابر نیروی قبل از پاره شدن و تغییر شکل، پیوستگی می‌گویند که فاکتور بدون واحد است (۲۶). با توجه به نتایج به دست آمده مطابق جدول ۴، با افزایش درصد صمغ کنجاک پیوستگی نمونه‌های ژل سوریمی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد صمغ به کار رفته با پروتئین‌های موجود در محصول اتصالات قوی ایجاد کرده که مانع از پارگی و تغییر

جدول ۴- تأثیر افزودن صمغ کنجاک بر تغییرات بافت (سفتی، چسبندگی، پیوستگی، فنریت و قابلیت جویدن) نمونه‌های ژل سوریمی

ماهی گوف

Table 5- Effect of Konjac gum addition on texture changes (firmness, adhesiveness, cohesiveness, springiness and Chewiness) of surimi gel samples of *Chacunda gizzard shad*

| قابلیت جویدن (گرم × میلی‌متر) Chewiness (g×mm) | فنریت (میلی‌متر) Springiness (mm) | پیوستگی Cohesiveness | چسبندگی (میلی ژول) Adhesiveness (mJ) | سفتی (کیلوگرم) Firmness (Kg) | تیمارها Treatments |
|--|--------------------------------------|-------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| 1.87±0.03 ^d | 0.90±0.02 ^d | 0.55±0.03 ^d | 1.55±0.05 ^d | 6.24±0.04 ^d | شاهد Control |
| 1.99±0.01 ^c | 1.03±0.02 ^c | 0.60±0.02 ^c | 1.71±0.02 ^c | 7.66±0.04 ^c | ۰/۲۵٪ کنجاک 0.25 % Konjac |
| 2.09±0.03 ^b | 1.18±0.02 ^b | 0.64±0.02 ^b | 1.89±0.01 ^b | 8.10±0.05 ^b | ۰/۵٪ کنجاک 0.5 % Konjac |
| 2.31±0.02 ^a | 1.29±0.01 ^a | 0.72±0.02 ^a | 2.11±0.03 ^a | 8.32±0.02 ^a | ۰/۷۵٪ کنجاک 0.75 % Konjac |

مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف است.

Results are shown as mean ± standard deviation. Different lowercase letters in each column indicate a significant difference (P < 0.05) between different treatments.

داده‌های مربوط به فاکتور جویدن که در جدول ۴ آمده است، نمونه‌های حاوی صمغ کنجاک نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار داشته (P<۰/۰۵) و با افزایش میزان صمغ کنجاک نیز این قابلیت افزایش می‌یابد. پارامتر قابلیت جویدن از حاصلضرب چسبندگی و ارتجاعیت بدست می‌آید. میزان قابلیت

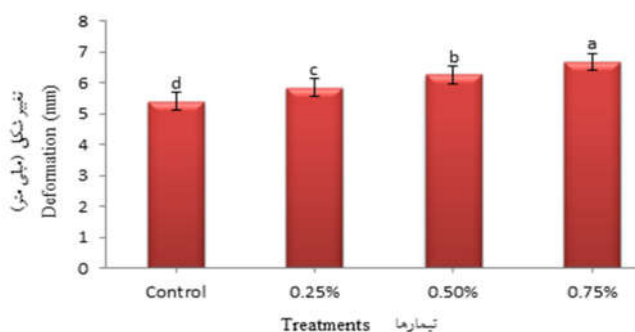
بر اساس تحقیقات پیشین صمغ کنجاک با قابلیت جذب آب و تولید ژل مقاوم به حرارت، یک ماتریکس ژلی ویسکوالاستیک تولید کرده که پارامترهای آزمون آنالیز پروفیل بافت^۱ (TPA) از جمله فنریت را بهبود می‌بخشد (۷). با توجه به آنالیز

1. Texture Profile Analysis

جویدن با افزایش میزان چسبندگی نمونه‌ها ارتباط دارد. صمغ‌ها به دلیل ایجاد اتصالات با پروتئین‌های موجود در محصول و تشکیل ماتریکسی با تراکم بیشتر سبب افزایش نیروی برشی در فرآورده‌ها می‌شود (۳۳). حسینی شکرابی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف منجر به افزایش قابلیت جویدن ژل سوریمی حاصل از ماهی شوریده دهان سیاه نسبت به نمونه شاهد می‌شود (۱۷).

آزمون نفوذ: آزمون نفوذ به منظور بررسی فاکتورهای حداکثر نیروی شکست (قدرت ژل) بر حسب گرم و تغییر شکل (قابلیت ارتجاعی / قابلیت تغییر شکل) بر حسب میلی‌متر تعیین شد. میزان عمقی که پروب دستگاه به نمونه‌ها نفوذ می‌کند تا جایی که نمونه شروع به تغییر شکل دهد، عمق نفوذ می‌باشد. شکل ۱، تأثیر افزودن کنجاک بر میزان عمق نفوذ نمونه‌های ژل سوریمی را نشان می‌دهد. مطابق شکل، بیشترین میزان نفوذ مربوط به نمونه ژل سوریمی حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک با مقدار $6/68 \pm 0/12$ میلی‌متر و کمترین میزان نفوذ در نمونه شاهد با مقدار $5/41 \pm 0/18$ میلی‌متر مشاهده شد. با افزایش صمغ کنجاک، مقدار نفوذ در نمونه‌های ژل، افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). هم‌چنین در این آزمون مقدار نیروی لازم برای تغییر شکل نمونه پس از ورود پروب اندازه‌گیری شد. مطابق شکل ۲، بیشترین نیروی نفوذ مربوط به نمونه ژل سوریمی حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک با مقدار $393/10 \pm 2/34$ گرم و کمترین نیروی در نمونه شاهد با مقدار $253/62 \pm 1/87$ گرم

مشاهده شد. با افزایش سطح صمغ کنجاک، نیروی شکست افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). در این آزمون قدرت ژل حاصله مورد بررسی قرار گرفت. تشکیل ژل هم به مقدار پروتئین و هم به ویژگی‌های عملکردی پروتئین در تشکیل ژل مربوط می‌باشد. در این آزمون مشخص شد با اضافه کردن صمغ کنجاک، ژل مستحکم‌تری بدست آمده که منجر به افزایش نیروی شکست و میزان تغییر شکل نسبت به نمونه شاهد شد. استحکام ژل به میزان هیدروکلوئید، فرایند شست و شو و تهیه خمیر سوریمی، میزان پروتئین‌های نامحلول در سوریمی و نوع ماهی بستگی دارد (۸). های هوا و چانگ هو (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر هیدروکلوئیدهای مختلف بر ویژگی‌های ژل سوریمی عنوان کردند که نوع هیدروکلوئید و مقدار افزودن آن بر ژل سوریمی تأثیرگذار است (۱۲). کاراگینان و آگار به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش نیروی شکست شده و با افزایش غلظت آن‌ها نیز این فاکتور افزایش پیدا می‌کند. چن و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که در ایجاد شبکه ژلی برهمکنش‌های هیدروفوب مهم‌ترین عامل می‌باشند و افزودن صمغ‌هایی مانند کوردلان، ژلاتین و کاپاکاراگینان منجر به افزایش برهمکنش‌های هیدروفوب پروتئین-هیدروکلوئید شده و در نتیجه قدرت ژل و استحکام آن افزایش می‌یابد (۶). حرارت دادن باعث دناتوره شدن پروتئین‌های میوفیبریلی و ظاهر شدن گروه‌های هیدروفوب میوزین شده که برای تجمع و پیوندهای عرضی بین پروتئین‌ها مفید است (۵۲).



شکل ۱- تغییر شکل (میلی‌متر) ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.

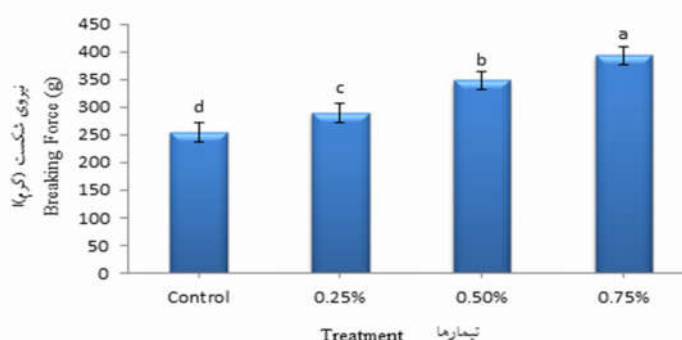
Figure 1- Deformation (mm) of surimi gel obtained from *Chacunda gizzard shad* treated with different concentrations of Konjac gum.

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) بین تیمارها است.

Different lowercase letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between treatments.

سوریمی با کیفیت پایین است. اگر چه مقدار پروتئین تنها عاملی نیست که توانایی تشکیل ژل سوریمی را تعیین می‌کند اما کمیت و کیفیت عملکرد پروتئین‌ها بر خصوصیات بافت ژل‌های سوریمی تأثیر می‌گذارد (۴۰). سانتانا و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند در نمونه‌های سوسیس ماهی فرموله شده با پودر سوریمی که هیدروکلوئیدهایی مانند کنجاک و آلژینات به آن‌ها اضافه شده بود، امتیاز آزمون تا شدن نمونه‌های تولیدی ۵ تعیین شد (۴۲). در مطالعه سانچز آلونسو و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن فیبر گندم به سوریمی ماهی مرکب نمونه‌ها بیشترین امتیاز قابلیت تا شدن را کسب کردند (۴۱).

تغییرات میزان خم شدن ژل سوریمی: توانایی سوریمی جهت تشکیل ژل مستحکم و الاستیک با آزمون قابلیت تا شدن مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). نمونه شاهد کمترین امتیاز را کسب کرد. اما با افزایش درصد صمغ کنجاک این قابلیت بهتر شده و نمونه‌ها امتیاز بالاتری بدست آوردند. در غلظت ۰/۵ و ۰/۲۵ درصد صمغ کنجاک، نمونه ژل حاصل از ماهی گوف امتیاز A (۴) را کسب کرد اما با افزایش غلظت صمغ کنجاک به ۰/۷۵ درصد ژل حاصل امتیاز AA (۵) را بدست آورد که نشان می‌دهد افزودن صمغ کنجاک منجر به بهبود خصوصیات ژل ماهی گوف شده است. آزمون قابلیت تا شدن، روشی مناسب جهت جدا کردن سوریمی با کیفیت بالا از

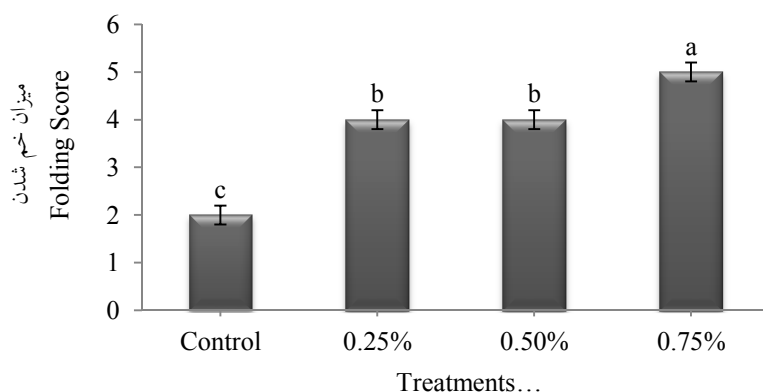


شکل ۲- نیروی شکست (گرم) ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.

Figure 2- Breaking force (g) of surimi gel obtained from *Chacunda gizzard shad* treated with different concentrations of Konjac gum.

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) بین تیمارهای مختلف است.

Different lowercase letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between different treatments.



شکل ۳- میزان خم شدن ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف تیمار شده با غلظت‌های مختلف صمغ کنجاک.

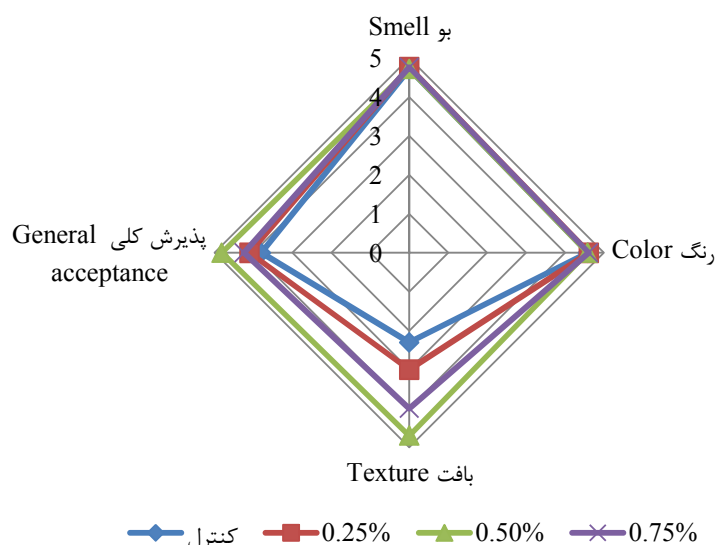
Figure 3- Folding score of surimi gel obtained from *Chacunda gizzard shad* treated with different concentrations of Konjac gum.

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) بین تیمارهای مختلف است.

Different lowercase letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between different treatments.

که مربوط به ویژگی‌های بافتی آن می‌باشد. فرایند شست و شوی سوریمی موجب حذف مواد دارای بو می‌شود. هم‌چنین در طی شست و شو میزان چربی بسیار کم می‌شود. وجود چربی در گوشت چرخ شده ماهی موجب اکسایش و تولید بوی نامطبوع می‌گردد (۳۸). از بورن و کیتون (۲۰۰۴) نشان دادند که استفاده از صمغ کنجاک در فرمولاسیون سوسیس کم‌چرب از نظر خصوصیات حسی تفاوت قابل درکی بین سطوح مختلف کنجاک ایجاد نکرد (۳۴). سانتانا و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در بین هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در تهیه سوسیس فرموله شده با پودر سوریمی، صمغ کنجاک به دلیل ایجاد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و خصوصیات حسی مطلوب بهترین صمغ برای تولید این محصول می‌باشد (۴۲).

ارزیابی حسی ژل سوریمی: نتایج ارزیابی حسی ژل-های سوریمی دارای درصدهای مختلف صمغ کنجاک در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش سطوح صمغ کنجاک اختلاف معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های بو و رنگ نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). ارزیابی‌های حسی نشان داد که نمونه‌ها از لحاظ بافتی با هم متفاوت بوده و افراد ارزیاب در مورد ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف بیشترین امتیاز را به نمونه ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک اختصاص دادند ($P < 0.05$). به نظر می‌رسد با افزایش غلظت صمغ کنجاک ویژگی‌های بافتی ژل سوریمی بهبود یافته و غلظت ۰/۷۵ درصد مورد رضایت ارزیابان قرار گرفته است. در نهایت ارزیابان حسی نمونه ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک را به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب کردند



شکل ۴- ارزیابی حسی ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف.

Figure 4- Sensory evaluation of surimi gel obtained from *Chacunda gizzard shad*.

افزودن صمغ کنجاک ویژگی‌های بافتی و پارامترهای نیروی شکست و تغییر شکل نمونه‌ها را بهبود بخشیده و افزایش می‌دهد. همچنین بر اساس نتایج ارزیابی حسی و قابلیت تا شدن ژل‌های سوریمی، ارزیابان حسی ژل سوریمی ماهی گوف با غلظت ۰/۷۵ درصد صمغ کنجاک را به عنوان بهترین نمونه ارزیابی کردند. بنابراین با استفاده از صمغ کنجاک می‌توان ویژگی‌های سوریمی را بهبود بخشیده و به یک محصول با خصوصیات مطلوب رسید.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر صمغ کنجاک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی سوریمی و ژل سوریمی حاصل از ماهی گوف صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش درصد صمغ کنجاک به نمونه‌های سوریمی و ژل سوریمی، رطوبت و ظرفیت نگهداری آب افزایش یافته اما مقادیر روشنایی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با ارزیابی ژل سوریمی مشخص شد

References

1. Al-Ghazzawi, F., Khanna, H.S., Tester, R.F., and Piggott, J. 2007. The potential use of hydrolysed konjac glucomannan as a prebiotic. *J. Sci. Food Agric.* 87. 9:1758-1766.
2. Andrés-Bello, A., Iborra-Bernad, C., García-Segovia, P., and Martínez-Monzó, J. 2012. Effect of konjac glucomannan (KGM) and carboxymethylcellulose (CMC) on some physico-chemical and mechanical properties of restructured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) products. *Food Bioprocess Technology.* 6: 133-145.
3. AOAC. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 18th ed. (William, S., ed.) Washington D.C.: AOAC.
4. Buamard, N., and Benjakul, S. 2015. Improvement of gel properties of sardine (*Sardinella albella*) surimi using coconut husk extracts. *Food Hydrocolloids.* 51: 146-155.
5. Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Faustman, C. 2004. Characteristics and gel properties of muscles from sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagaruta*) caught in Thailand. *Food Research International.* 37: 10.1021-1030.

6. Chen, J., Deng, T., Wang, C., Mi, H., Yi, S., Li, X., and Li, J. 2020. The effect of hydrocolloids on gel properties and protein secondary structure of silver carp surimi. *J. of the Science of Food and Agriculture*. 100: 5. 2252- 2260.
7. Chin, K.B., Keeton, J.T., Longnecker, M.T., and Lamkey, J.W. 1998. Functional, textural and microstructural properties of low-fat bologna (model system) with a konjac blend. *J. of Food Science*. 63: 5. 801-807.
8. Ding, Y., Liu, Y., Yang, H., Liu, R., Rong, J., and Zhao, S. 2011. Effects of CaCl₂ on chemical interactions and gel properties of surimi gels from two species of carps. *European Food Research and Technology*. 233: 4.569-576.
9. Eom, S.-H., Kim, J.-A., Son, B.-Y., You, D. H., Han, J.M., Oh, J.-H., Kim, B.-Y., and Kong, C.-S. 2013. Effects of carrageenan on the gelatinization of salt-based surimi gels. *J. of Fisheries and Aquatic Science*. 16: 3.143-147.
10. FAO. 2012. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p.
11. Fogaca, F.H.S., Trinca, L.A., Bombo, A.J., and Sant'Ana, L.S. 2013. Optimization of the surimi production from mechanically recovered fish meat (MRFM) using response surface methodology. *J. of Food Quality*. 36: 3. 209-216.
12. Hai-hua, C., and Chang-hu, X. 2009. Effects of Various Hydrocolloids on Gel Properties of *Trachinocephalus myops* Surimi. *Food Science*. 30: 5.40-45.
13. Hajidoun, H. A., and Jafarpour, A. 2013. The Influence of Chitosan on Textural Properties of Common Carp (*Cyprinus Carpio*) Surimi. *International. J. of Food Processing Technology*. 4: 1-5.
14. Hanif, M.A., Chaklader, M.R., Siddik, M.A.B., Nahar, A., Foysal, M.J., and Kleindienst, R. 2019. Phenotypic variation of gizzard shad, *Anodontostoma chacunda* (Hamilton, 1822) based on truss network model. *Regional Studies in Marine Science*. 25: 100442.
15. Hedayati, S., and Koochaki, A. 2013. Evaluation the effect of hydrocolloids on the texture and stability of surimi. 21st National Congress of Food Science and Technology, Shiraz, Iran. (In Persian)
16. Heydari, S., Shabanpour, B., and Pourashouri, P. 2017. Investigate the properties of surimi paste and gel fortified with dietary fiber. *International J. of Food Science and Technology*. 14: 68. 193-202. (In Persian)
17. Hosseini Shekarabi, S.P., Hosseini, S.E., Soltani, M., and Zojaji, M. 2014. Effects of various hydrocolloids on textural and microstructural properties of black mouth croaker (*Atroubucca nibe*) surimi gel. *J. of Food Research (University of Tabriz)*. 24: 3. 425- 437. (In Persian)
18. Hosseini-Shekarabi, S. P., Hosseini, S. E., Soltani, M., Kamali, A., and Valinassa, A. 2014. A Comparative Study on Physicochemical and Sensory Characteristics of Minced Fish and Surimi from Black Mouth Croaker (*Atroubucca nibe*). *J. of Agricultural Science and Technology*. 16: 1289-1300.
19. Hsu, C.-K., and Chiang, B.-H. 2002. Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the colour and texture of threadfin and hairtail surimi gels. *International. J. of Food Science and Technology*. 37: 4. 387-393.
20. Ingadottir, B. and Kristinson, H.G. 2010. Gelation of protein isolates extracted from tilapia light muscle by pH shift processing. *Food Chemistry*. 118: 780-798.
21. Jafarpour, A. 2012. Surimi and Physical Characteristics of Its Gel Network. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 272 p. (In Persian)
22. Jafarpour, A., and Gorczyca, E.M. 2009. Rheological Characteristics and Microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi and Kamaboko Gel. *Food Biophysic*. 4: 172-179.
23. Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., and Solas, M.T. 2010. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of Konjac and seaweed. *Meat Science*. 84: 3. 356-363.
24. Jung, Y. H., and Yoo, B. 2005. Thermal gelation characteristics of composite

- surimi sol as affected by rice starch. *Food Science and Biotechnology*. 14: 871-874.
25. Khosronejad, N., and Baghaie, H. 2014. Investigating the effect of adding hydrochloroids on the qualitative characteristics of vegetable burgers during shelf life. MS Thesis. Damghan Islamic Azad University. (In Persian)
26. Kumar, P., and Mishra, H.N. 2004. Effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food Chemistry*. 87: 501-207.
27. Lanier, T.C., Carvajal, P., and Yongsawatdigul, J. 2005. Surimi Gelation Chemistry. In: Park, J.W. (Eds.), *Surimi and Surimi Seafood*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, pp. 435-489.
28. Li, J.M., and Nie, S.P. 2015. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloid*. 53: 1-16.
29. Liu, J., Wang, X., and Ding, Y. 2013. Optimization of Adding Konjac Glucomannan to Improve Gel Properties of Low-quality Surimi. *Carbohydrate Polymer*. 92: 1484-489.
30. Milani, J., and Maleki, G. 2012. Hydrocolloids in Food Industry. In Valdez, B. (Ed). *Food Industrial Process Methods and Equipment*, p. 2-38. China: Intech. Retrieved from <http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry> on 12/11/2015
31. Montero, P., and Pérez-Mateos, M. 2002. Effects of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ on gels formed from fish mince containing a carrageenan or alginate. *Food Hydrocolloid*. 16: 375-385.
32. Montero, P., Hurtado, J.L., and Pérez-Mateos, M. 2000. Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocolloid*. 14(5): 455-461.
33. Muthia, D., Nurul, H., and Noryati, I. 2010. The effects of tapioca, wheat, sago and potato on the physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research. J.* 17: 877-884.
34. Osburn, W.N., and Keeton, J.T. 2004. Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel. *Meat Science*. 68: 2. 221-233.
35. Park, J. W. 2014. *Surimi and surimi seafood*. Taylor & Francis Group, New York, NY. 629 p.
36. Petcharat, T., and Benjakul, S. 2017. Effect of gellan incorporation on gel properties of bigeye snapper surimi. *Food Hydrocolloid*. 77: 746-753.
37. Pietrowski, B.N., Tahergerabi, R., Matak, K.E., Tou, J.C., and Jaczynski, J. 2011. Chemical properties of surimi seafood nutrified with ω -3 rich oils. *Food Chemistry*. 129: 912-919.
38. Ramirez, J.A., Uresti, R.M., Velazquez, G., and Vázquez, M. 2011. Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloid*. 25: 1842-1852.
39. Razavi – Shirazi, H. 2007. *Seafood technology Principles of storage and processing*. Naghsh Mehr, Tehran, Fourth Edition, 292 p. (In Persian)
40. Rohani, A.C., Indon, A., and Yunus, J.M. 1995. Processing of surimi from freshwater fish – Tilapia. *Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)*. 23: 2. 183-190.
41. Sa'nchez-Alonso, I., Haji-Maleki, R., and Borderias, A.J. 2007. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry*. 100: 1037-1043.
42. Santana, P., Huda, N., and Yang, T.A. 2013. The Addition of Hydrocolloids (Carboxymethylcellulose, Alginate and Konjac) to Improve the Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Fish Sausage Formulated with Surimi Powder. *Turkish J. of Fisheries and Aquatic Science*. 13: 561-569.
43. Savadkoobi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K., and Farahnaky, A. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Science*. 97: 410-418.
44. Takigami, S., Takiguchi, T., and Phillips, G.O. 1997. Microscopical studies of the

- tissue structure of Konjac tubers. *Food Hydrocolloid*. 11: 479-484.
45. Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., and Elias, L. G. 1989. *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*. The Centre University of Minnesota. 1 -160.
46. Xiong, G., Cheng, W., Ye, L., Du, X., Zhou, M., Lin, R., Geng, S., Chen, M., Corke, H., and Cai, Y.Z. 2009. Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*. 116: 413–418.
47. Yam, K.L., and Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. of Food Engineering*. 61: 137-142.
48. Yang, D., Yuan, Y., Wang, L., Wang, X., Mu, R., Pang, J., Xiao, J., and Zheng, Y. 2017. A review on konjac glucomannan gels: microstructure and application. *International J. of Molecular Sciences*. 18: 11. 2250.
49. Yongsawatdigul, J., and Piyadhamviboon, P. 2005. Effect of microbial transglutaminase on autolysis and gelation of lizardfish surimi. *J. of the Science of Food and Agriculture*. 85: 1453-1460.
50. Zhang, F., Fang, L., Wang, C., Shi, L., Chang, T., Yang, H., and Cui, M. 2013. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase. *Meat Science*. 93: 533-537.
51. Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z., and Xue, C. 2015. Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120 C) treatment. *Food Hydrocolloid*. 43: 125-131.
52. Zhou, X., Jiang, S., Zhao, D., Zhang, J., Gu, S., and Pan, Z. 2017. Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. *LWT – Food Science and Technology*. 84: 562-571.