Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(1):17-23

Functional Properties of Protein Extracted from Crucian Carp, Using Acidic and Basic Isoelectric Solubilization/Precipitation Method

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Saffar Shargh A.[1] *MSc*,
Zakipour Rahimabadi E.* *PhD*,
Alizadeh Doughikollaee E.[1] *PhD*,
Gheybi F.[2] *PhD*

How to cite this article
Saffar Shargh A, Zakipour Rahimabadi E, Alizadeh oughikollaee E, Gheybi F. Functional Properties of Protein Extracted from Crucian Carp, Using Acidic and Basic Isoelectric Solubilization/Precipitation Method. Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(1):17-23.

*Fishery Department, Natural Resources Faculty, University of Gilan, Sowme'eh Sara, Iran
[1]Fishery Department, Natural Resources Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Institute, Mashhad, Iran

Correspondence
Address: Fishery Department, Natural Resources Faculty, University of Gilan, Sowme'eh Sara, Iran
Phone: +98 (21) 44787282
Fax: -
zakipour@yahoo.com

Article History
Received: May 26, 2015
Accepted: August 4, 2017
ePublished: March 30, 2018

ABSTRACT

Aims The functional properties of proteins extracted by Isoelectric Solubilization/Precipitation (ISP) method are influenced by various factors such as the use of acid or base while protein extraction. The aim of this study was to investigate the functional properties of protein extracted from Crucian carp (*Carassius carassius*), using acidic and basic ISP method.

Materials & Methods This experimental study was carried out on 56 Crucian carps in Bandar Torkaman City, Iran. The minced meat of fish was randomly divided to 2 homogeneous groups for implementing acidic and basic ISP method. The protein was isolated from meat and its functional properties were evaluated. The data were analyzed by SPSS 21 software, using two-sample t-test.

Findings The protein extracted from Crucian carp meat had a significant difference in acidic and basic treatments ($p<0.05$). There was no difference in water holding between two treatments ($p>0.05$). The emulsion capacity of the extracted protein was significantly higher in basic treatment than the acidic treatment ($p<0.05$). The emulsion stability index was also significantly higher in basic treatment than acidic treatment. All samples had a flow behavior index (n) less than 1, indicating that these samples had a pseudoplastic behavior.

Conclusion The protein extracted from Crucian carp meat is higher in the acidic treatment, but the basic treatment has better functional properties. The basic treatment has a higher emulsion capacity than the acidic treatment, and the stability index is high in the basic treatment. Protein solutions as well as acidic and basic emulsions have a pseudoplastic property. The amount of food viscosity is higher in acidic treatments compared to the basic treatment.

Keywords Crucian Carp; Fish Extract Protein; Protein Functional Properties; Isoelectric Solubilization/Precipitation Method

CITATION LINKS

[1] Feed and fishmeal use in the ... [2] Trends in cyprinid ... [3] Carp polyculture in central and ... [4] Caras; Disaster of ... [5] Chapter 50- Isoelectric processing ... [6] Functional food products made ... [7] Functional and nutritional characteristics ... [8] The effect of organic acids on gelation ... [9] Production and functional evaluation ... [10] SAmino acid, fatty acid, and mineral ... [11] Analytical Chemists ... [12] Effects of the extent of enzymatic ... [13] Surface hydrophobicity and functional ... [14] Functional properties of fish protein hydrolysates ... [15] Simple conversion of Brook field R.V.T. ... [16] Influence of Alyssum homolocarpum ... [17] Rheological behavior of Aeromonas ... [18] Non-invasive measurement of fillet ... [19] Effect of pre-treatments before and ... [20] Antioxidant effect of orange peel ... [21] Gelation of protein recovered from ... [22] Protein recovery from rainbow trout (Oncorhynchusmykiss) processing by-products via isoelectric solubilization/precipitation ... [23] Recovery and characterization of ... [24] Effect of pH-shift processing ... [25] Recovery of functional proteins from ... [26] A method for characterizing cook loss and water holding capacity in heat ... [27] Changes in protein in frozen ... [28] Functional properties of freeze-dried ... [29] Chemical changes in silver ... [30] Structure and composition of fish ... [31] Rheological characterization of tuna ... [32] Emulsification, foaming and protein ... [33] Chemical and functional properties of food ... [34] On the functional properties of globulin ... [35] Process characteristics and functionality ... [36] Functionalities and antioxidant ... [37] Rheological and sensory properties ... [38] Rheological methods in food process ... [39] Rheological, texture and sensory ... [40] Xanthan and locust bean gum influence ... [41] Rheological characterization ... [42] Effect of two different species of Iranian tragacanth gum on the rheological properties of mayonnaise ... [43] Effect of two varieties of Tragacanth gum on stability and some rheological properties of oil in...

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

Archive of SID

www.SID.ir

خصوصیات عملکردی پروتئین استخراج‌شده از ماهی کاراس معمولی با روش حلالیت/ترسیب ایزوالکتریک اسیدی و بازی

آذین صفار شرق MSc
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
اسحق زکی‌پور* PhD
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
ابراهیم علیزاده دوغیکلائی PhD
گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
فرزاد غیبی PhD
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

چکیده
اهداف: خصوصیات عملکردی پروتئین استخراجی به روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک، تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی از جمله استفاده از اسید یا باز هنگام استخراج پروتئین قرار دارد. هدف پژوهش حاضر، بررسی خصوصیات عملکردی پروتئین استخراج‌شده از ماهی کاراس معمولی (Carassius carassius) با روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک اسیدی و بازی بود.
مواد و روش‌ها: پژوهش تجربی حاضر روی ۵۶ قطعه ماهی کاراس معمولی شهر بندر ترکمن انجام شد. گوشت چرخ‌شده ماهی‌ها به‌طور تصادفی به دو گروه همگن برای اعمال روش ISP اسیدی و بازی تقسیم شد. پروتئین از گوشت چرخ‌شده بازیافت و خصوصیات عملکردی آن بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 21، از طریق آزمون Tدومتغیره صورت گرفت.
یافته‌ها: پروتئین استخراج‌شده از گوشت ماهی کاراس معمولی در تیمارهای اسیدی و بازی اختلاف معنی‌داری داشتند (p<۰/۰۵). در نگهداری آب بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p<۰/۰۵). ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین استخراج‌شده در تیمار بازی به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار اسیدی بود (p<۰/۰۵). شاخص پایداری امولسیون در تیمار بازی، مقادیر بالاتری در مقایسه با تیمار اسیدی داشت. تمامی نمونه‌ها شاخص رفتار جریان (n) کمتر از یک داشتند که نشان داد این نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک دارند.
نتیجه‌گیری: پروتئین استخراج‌شده از گوشت ماهی کاراس معمولی در تیمار اسیدی بیشتر است، ولی تیمار بازی خصوصیات عملکردی بهتری دارد. تیمار بازی، ظرفیت امولسیونی بالاتری نسبت به تیمار اسیدی تشکیل می‌دهد و شاخص پایداری تیمار بازی بالاست. محلول‌های پروتئینی و امولسیون‌های تهیه‌شده اسیدی و بازی، خصوصیت سودوپلاستیک دارند. میزان ویسکوزیته مواد غذایی در تیمار اسیدی نسبت به تیمار بازی بیشتر است.
کلیدواژه‌ها: کاراس معمولی، پروتئین استخراج‌شده از ماهی، خصوصیات عملکردی پروتئین، روش حلالیت/ترسیب ایزوالکتریک

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۳
*نویسنده مسئول: zakipour@yahoo.com

مقدمه

ماهی کاراس معمولی (*Carassius carassius*) یکی از شش گونه اصلی پرورشی در سیستم پرورش توام ماهیان گرمابی در کشور چین است[1]. در برخی از کشورها، از این ماهی برای افزایش میزان تولید در واحد سطح در سیستم پرورش توام استفاده می‌شود[2]. این ماهی به‌واسطه توان تکثیر و تولید جمعیت زیاد در طول دوره پرورش با مصرف غذاهای طبیعی و دستی، رقیب سرسخت غذایی برای ماهی *کپور معمولی* به حساب می‌آید[3]. این ماهی در سیستم پرورش توام ماهیان گرمابی در ایران، به‌عنوان ماهی هرز و ناخواسته شناخته می‌شود، زیرا مشکلات زیادی در مدیریت تغذیه و پرورش ماهیان به وجود می‌آورد[4]. ارزش اقتصادی این ماهی نیز به‌واسطه اندازه کوچکتر، وجود تعداد زیاد استخوان‌های ریز و بازارپسندی کمتر در مقایسه با سایر کپورماهیان پرورشی در ایران، کمتر است.

روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک (ISP)، روش جدیدی در بازیافت پروتئین و چربی از منابع مختلف جانوری از جمله آبزیان است[5]. روشISP، امکان استخراج موثر پروتئین را که می‌تواند به‌عنوان غذای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد، فراهم می‌آورد[6]. در این روش، از خاصیت رفتار ایزوالکتریک پروتئین‌ها و سیستم تغییر pH محیط برای حلال‌سازی و متعاقب آن ترسیب پروتئین‌ها استفاده می‌شود. همزمان با استخراج پروتئین، چربی موجود در ماده اولیه نیز استخراج می‌شود[7]. روش ISP دارای فواید بیشتری نسبت به عمل‌آوری مکانیکی محصولات شیلاتی است و می‌تواند به‌عنوان یک تکنولوژی مفید در بازیافت پروتئین (به‌عنوان ماده غذایی یا دارای عملکرد) از ماهی کامل، ضایعات عمل‌آوری آبزیان یا ماهیان کم‌ارزش اقتصادی برای توسعه محصولات غذایی، مورد استفاده قرار گیرد[6].

برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که پروتئین استخراج‌شده با روش ISP، ارزش غذایی و خصوصیات عملکردی خود را حفظ کرده و توانایی تشکیل ژل آن، مشابه ژل سوریمی است[8-10]. از آنجایی که خصوصیات عملکردی پروتئین استخراجی به روشISP تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی از جمله استفاده از اسید یا باز هنگام استخراج پروتئین قرار داشته و از طرفی خصوصیات عملکردی پروتئین استخراجی از ماهی کاراس به این روش ناشناخته است، لذا مطالعه تاثیر روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک با استفاده از اسید و باز بر خصوصیات عملکردی پروتئین ماهی کاراس بسیار حایز اهمیت است. بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی خصوصیات عملکردی پروتئین استخراج‌شده از ماهی کاراس معمولی با روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک اسیدی و بازی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش تجربی حاضر روی ۵۶ قطعه ماهی کاراس معمولی شهر بندر ترکمن در مشهد اجرا شد. ماهی‌ها از یک مزرعه پرورش ماهی واقع در شهر بندر ترکمن (استان گلستان؛ ایران) تهیه شد. ماهی‌ها داخل جعبه ایزوله‌شده حاوی یخ قرار داده شدند و طی مدت ۱۰ ساعت به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (مشهد؛ ایران) منتقل شدند. به محض رسیدن به آزمایشگاه، نمونه‌ها با آب لوله‌کشی شهری شسته شدند. بلافاصله تخلیه شکمی صورت گرفت و مجدداً شسته شدند. مراحل سرزنی، پوست‌کنی، فیله‌کردن و جداسازی گوشت از استخوان‌های ریز و درشت در حضور مقادیر کافی یخ و به‌صورت مکانیکی انجام گرفت. فیله‌ها به‌وسیله دستگاه چرخ گوشت آشپزخانه‌ای Biro 812 (شرکت DCE؛ ایالات متحده) چرخ شدند. گوشت چرخ‌شده به‌طور تصادفی به دو گروه همگن برای اعمال روش ISP اسیدی و بازی تقسیم شد و در کیسه‌های پلی‌اتیلن زیپ‌دار بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایشات در فریزر دمای ۲۰°C- نگهداری شدند.

استخراج پروتئین از گوشت چرخ‌شده ماهی کاراس معمولی با شیوه ISP: ابتدا گوشت چرخ‌شده منجمد در یخچال، انجمادزدایی شد. سپس ۱۴۰گرم گوشت چرخ‌شده با ۶ برابر آب تقطیرشده و دیونیزه‌شده (وزنی- حجمی) با دمای ۳°C-۱ مخلوط و با همزن آزمایشگاهی دیجیتال (آیکا؛ آلمان) با سرعت بالا به‌مدت ۱۰دقیقه همگن شد. در تمام مراحل استخراج پروتئین، دما روی ۴°C کنترل شد. pH محلول آب و گوشت به‌وسیله pHمتر دیجیتال ۷۸۰ (متروم؛ سوئیس) اندازه‌گیری شد. عمل همگن‌کردن مخلوط در زمان تغییر pH با اسید و باز ادامه یافت. pH نمونه‌ها برای تیمار

Archive of SID
www.SID.ir

اسیدی با استفاده از اسیدکلریدریک ۶ نرمال و برای تیمار بازی با استفاده از سدیم‌هیدروکسید ۱۰ نرمال به ترتیب به ۲/۵۰±۰/۰۵ و ۱۱/۵۰±۰/۰۵ تغییر یافت. پس از رسیدن pH به حد مورد دلخواه، طی مدت ۱۰دقیقه به‌منظور حل‌شدن پروتئین برای جداسازی پروتئین از سایر بخش‌ها، از سانتریفوژ یخچال‌دارZ23HK (هرمل؛ آلمان) با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰دقیقه و دمای ۴°C استفاده شد. از سه فاز ایجادشده، فاز میانی حاوی پروتئین جداسازی شد و مجدداً pH آن با استفاده از اسید و باز فوق‌الذکر به نقطه pH ایزوالکتریک (۵/۵۰±۰/۰۵) رسانده شد. تغییرات pH در این مرحله هم طی مدت ۱۰دقیقه و با استفاده از دستگاه pHمتر دیجیتال اندازه‌گیری شد. به‌منظور جداسازی پروتئین رسوب‌کرده، مجدداً عملیات سانتریفوژ با شرایط مشابه صورت پذیرفت. پروتئین استخراج‌شده با استفاده از دستگاه خشک‌کن انجمادی (اپرون؛ کره جنوبی) خشک شد و با دستگاه آسیاب A11 (آیکا؛ آلمان) آسیاب شد و از الک با چشمه شماره ۳۵ عبور داده شد. نمونه‌ها بسته‌بندی شدند و در دسیکاتور قرار داده شدند.

آزمایش‌های شیمیایی: بررسی ترکیب شیمیایی شامل اندازه‌گیری محتوای پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر و همچنین اندازه‌گیری pH با استفاده از روش انجمن رسمی شیمی‌دانان کشاورزی (AOAC) صورت گرفت[11].

اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب (WHC): برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب از روش سانتریفوژکردن استفاده شد[12]. برای این منظور، مقدار ۱گرم نمونه پروتئین در داخل لوله سانتریفوژ قرار داده و وزن نمونه و لوله آزمایش به‌دقت اندازه‌گیری شد. مقدار ۲۰میلی‌لیتر آب به داخل لوله سانتریفوژ اضافه شد و پس از همگن‌کردن نمونه به‌مدت ۳۰ثانیه، لوله آزمایش به‌مدت ۶ ساعت در دمای اتاق بدون حرکت باقی ماند و سپس در دستگاه سانتریفوژ یخچال‌دار به‌مدت ۳۰دقیقه، در دمای ۴°C و با ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. آب موجود در قسمت فوقانی با استفاده از یک فیلتر کاغذی خارج شد و وزن نمونه و لوله آزمایش مجدداً اندازه‌گیری شد. اختلاف وزن بر حسب واحد میلی‌گرم آب جذب‌شده به ازای هر گرم پروتئین به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$K = \frac{\text{وزن نمونه و فالکون قبل از سانتریفوژ}}{\text{وزن نمونه و فالکون بعد از سانتریفوژ}}$$

شاخص امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون: آماده‌سازی امولسیون به روش *میگنینو* و همکاران با اندکی تغییرات انجام شد[13]. سپس برای اندازه‌گیری شاخص امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون از روش *پاچیکو آگویلار* و همکاران استفاده شد[14]. از فاز آبی انتهای بشر حاوی امولسیون ۵۰میکرولیتر توسط سمپلر برداشته شد و داخل ارلن با ۱۰میلی‌لیتر محلول سدیم‌دودسیل‌سولفات (SDS) ۰/۱% به حجم رسانده و رقیق‌سازی شد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (شیمادزو؛ ژاپن) در طول موج ۵۰۰نانومتر میزان جذب قرایت شد و شاخص امولسیون‌کنندگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$EAI(m^2/g) = \frac{2/303 \times 2 \times Dil \times A}{C \times \emptyset \times 10000}$$

EAI: شاخص امولسیون‌کنندگی
A: میزان جذب در ۵۰۰ نانومتر
Dil: فاکتور رقیق‌سازی ۲۰۰
C: غلظت پروتئین (گرم بر میلی‌لیتر)
$\emptyset$:کسر حجمی فاز دیسپرسیون

شاخص پایداری امولسیون در زمان‌های ۴ و ۲۴ ساعت پس از ساخت امولسیون طبق فرمول زیر محاسبه شد. در این بازه زمانی بشر حاوی امولسیون در یخچال در دمای ۴°C نگهداری شد. بعد از ۴ و ۲۴ ساعت از فاز آبی امولسیون به‌وسیله سمپلر، ۵۰میکرولیتر نمونه برداشته و با ۱۰میلی‌لیتر محلول سدیم‌دودسیل‌سولفات ۰/۱% رقیق‌سازی شد و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۰نانومتر قرایت شد[14].

$$\%ESI = 100 - \left[\frac{EAI_{0} - EAI_{time}}{EAI_{0}}\right] \times 100$$

اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی امولسیون: اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری امولسیون‌ها بلافاصله پس از تهیه آنها با استفاده از ویسکومتر چرخشی DV III Ultra (بروکفیلد؛ ایالات متحده) مجهز به یک پمپ گردش آب حرارتی EH 19 (جولابو؛ آلمان) انجام گرفت. برای تمامی نمونه‌ها از هندسه نوع استوانه‌های هم‌مرکز و اسپیندل SC_{4-18} استفاده شد (با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب برای اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰% را نشان دهد). به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژیکی، ابتدا مقدار مناسبی از امولسیون در استوانه خارجی ریخته شد. سپس در محل مورد نظر و در تماس با استوانه داخلی قرار گرفت و اسپیندل تا خط نشانه وارد نمونه شد. پس از رسیدن به دمای ۲۰°C توسط پمپ گردش آب، استوانه داخلی تحت یک دامنه مشخص و برنامه‌ریزی‌شده از سرعت برشی در مقیاس لگاریتمی که از ۱۴/۲ تا ۱۲۱۰ افزایش می‌یافت، قرار گرفت. سپس ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در سرعت‌های چرخش اسپیندل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ...، ۱۱۵، ۱۲۰ دور در دقیقه اندازه‌گیری شد. سایر پارامترهای رئولوژیکی نظیر سرعت برشی و تنش برشی از معادلات ریاضی میچکا و با استفاده از سرعت چرخش اسپیندل و گشتاور اندازه‌گیری شد. با توجه به رفتار رقیق‌شوندگی با برش نمونه‌ها که بیانگر رفتار سیالات غیرنیوتنی است، از دو مدل سیالات غیرنیوتنی شامل مدل قانون توان (Power law) به‌صورت $\tau = K\dot{\gamma}^n$ و مدل هرشل- بالکلی (Herschel-Bulkley) به‌صورت $\tau = K\dot{\gamma}^n + \tau_0$ برای مدل‌سازی ویژگی‌های رفتاری جریان نمونه‌ها استفاده شد. در این روابط τ نشان‌دهنده تنش برشی (Pa)، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی (S^{-1})، n شاخص رفتار جریان (بدون واحد)، K ضریب قوام ($mpa.s^n$) و τ_0 تنش تسلیم (Pa) است[15]. مدل قانون توان در سطح وسیعی برای توصیف روابط بین تنش برشی و سرعت برشی در بسیاری از فرآورده‌ها و امولسیون‌های غذایی روغن در آب به کار می‌رود[16]. شاخص رفتار جریان (n)، بیانگر رفتار جریان امولسیون است، به‌طوری که در سیالات نیوتنی، n برابر با یک است، در سیالات سودوپلاستیک، بین صفر و یک و در سیالات دایلاتانت، بزرگتر از یک است[17]. در مدل قانون توان، مقدار عددی n هرچقدر به سمت یک حرکت کند، رفتار محلول به نیوتنی نزدیک می‌شود و بالعکس هر چقدر از یک دورتر و کوچکتر شود و به صفر نزدیک‌تر شود رفتار محلول ویسکوپلاستیک و به سمت سودوپلاستیک میل خواهد کرد[17].

اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی محلول حاوی پروتئین: به‌منظور بررسی و اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری، محلول حاوی پروتئین بلافاصله پس از تهیه و اندازه‌گیری با استفاده از ویسکومتر چرخشی DV III Ultra مجهز به پمپ گردش آب حرارتی و مانند روش ذکرشده برای امولسیون صورت پذیرفت.

Archive of SID
www.SID.ir

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21، از طریق آزمون کولموگروف- اسمیرنوف برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها و آزمون T دومتغیره برای مقایسه میانگین داده‌ها صورت گرفت.

یافته‌ها

قطعه ماهی‌ها وزن متوسط ۳۰۰/۹±۵۰/۵گرم و طول متوسط ۲۰/۴±۲/۲سانتی‌متری داشتند. پروتئین استخراج‌شده از گوشت ماهی کاراس معمولی در تیمارهای اسیدی و بازی به ترتیب ۹۶/۹۲% و ۸۵/۷۷% بود و اختلاف معنی‌داری داشتند، بدین صورت که تیمار اسیدی دارای پروتئین بیشتری بود (p<۰/۰۵؛ جدول ۱).

جدول ۱) میانگین آماری و نتایج آزمون T دومتغیره ترکیب شیمیایی گوشت (براساس وزن تَر) و پروتئین استخراج‌شده به روش ISP (براساس وزن خشک) ماهی کاراس معمولی در نمونه گوشت، تیمار اسیدی و بازی

متغیرها	نمونه گوشت ماهی	تیمار اسیدی	تیمار بازی
درصد پروتئین	۱۹/۰۱±۰/۰۱	۹۶/۹۲±۰/۰۱[a]	۸۵/۷۷±۰/۰۱[b]
درصد چربی	۱/۱۱±۰/۰۰۰۱	۰/۷۰±۰/۰۰۰۱[b]	۰/۹۵±۰/۰۱[a]
درصد رطوبت	۷۸/۷۸±۰/۵۰	۸/۵۳±۰/۵۵[b]	۱۰/۳۸±۰/۰۴[a]
درصد خاکستر	–	۰/۶۶±۰/۰۱[b]	۱/۹۸±۰/۰۰۰۱[a]
pH*	۶/۹۳±۰/۰۵	۲/۵۰±۰/۰۰۰۱	۱۱/۵۰±۰/۰۰۰۱

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داربین نمونه‌های دو تیمار اسیدی و بازی است (p<۰/۰۵).

*pH بیان‌شده برای تیمارهای اسیدی و بازی، مربوط به مرحله حلالیت پروتئین است.

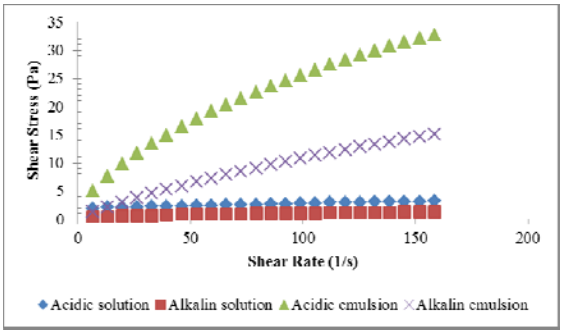
اختلاف معنی‌داری در نگهداری آب بین تیمار اسیدی و بازی مشاهده نشد (p<۰/۰۵؛ جدول ۲). ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین استخراج‌شده در تیمار بازی به‌طور معنی‌داری بالاتر از ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین در تیمار اسیدی بود، بدین صورت که تیمار اسیدی، امولسیونی با ظرفیت امولسیونی پایین‌تر و پایداری کمتر تشکیل داد (p<۰/۰۵؛ جدول ۲). شاخص پایداری امولسیون در تیمار بازی، مقادیر بالاتری را در مقایسه با تیمار اسیدی نشان داد. (p<۰/۰۵؛ جدول ۲).

جدول ۲) میانگین آماری و نتایج آزمون T دومتغیره ظرفیت نگهداری آب و خصوصیات امولسیون‌کنندگی پروتئین استخراج‌شده به روش ISP ماهی کاراس معمولی در نمونه گوشت، تیمار اسیدی و بازی

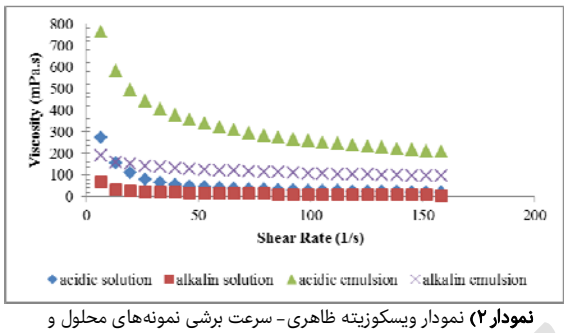
متغیرها	نمونه گوشت ماهی	تیمار اسیدی	تیمار بازی
ظرفیت نگهداری آب (میلی‌گرم بر گرم)	۱۲/۶۰±۰/۴۵[b]	۳۲/۴۷±۳/۰۳[a]	۲۹/۱۳±۱/۵۲[a]
شاخص امولسیون‌کنندگی (مترمربع بر گرم)	–	۵۷/۰۷±۴/۴۲[b]	۱۲۹/۵۶±۰/۹۶[a]
پایداری امولسیون در ۲۴ ساعت (درصد)	–	۳۸/۷۱±۲/۶۰[b]	۸۵/۷۸±۱/۰۹[a]

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌داربین نمونه‌های دو تیمار اسیدی و بازی است (p<۰/۰۵).

ویسکوزیته ظاهری تحت تاثیر آهنگ برش برای نمونه‌های محلول حاوی پروتئین و امولسیون‌های تهیه‌شده از محلول پروتئینی بررسی شد (جدول‌های ۳ و ۴). منحنی‌ها تاییدکننده نتایج به‌دست‌آمده از برازش‌های انجام‌شده بودند. نمونه‌ها رفتار غیرنیوتنی داشتند و با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش و ویسکوزیته کاهش یافت (نمودارهای ۱ و ۲). تمامی نمونه‌ها شاخص رفتار جریان (n) کمتر از یک داشتند که نشان داد این نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک دارند. شاخص رفتار جریان در نمونه اسیدی نسبت به مقدار گزارش‌شده در نمونه بازی مقادیر کمتری را دارا بود به جز یک مورد که آن هم در محلول اسیدی دیده شد و مقدار آن نسبت به همتای بازی خود بیشتر بود (جدول‌های ۳ و ۴).



نمودار ۱) نمودار تنش برشی- سرعت برشی نمونه‌های محلول و امولسیون اسیدی و بازی



نمودار ۲) نمودار ویسکوزیته ظاهری- سرعت برشی نمونه‌های محلول و امولسیون اسیدی و بازی

جدول ۳) بررسی ویسکوزیته محلول پروتئینی و امولسیون اسیدی و بازی در دو تیمار اسیدی و بازی براساس مدل قانون توان

تیمار	ضریب قوام (Pa.s^n)	شاخص جریان (n)	ضریب تعیین (r^2)
محلول اسیدی	۱/۱۲±۰/۰۶	۰/۲۰±۰/۰۱	۰/۹۳۱۷
محلول بازی	۰/۱۷±۰/۰۱	۰/۳۹±۰/۰۱	۰/۹۸۳۵
امولسیون اسیدی	۱/۸۲±۰/۰۳۴	۰/۵۷±۰/۰۰۴	۰/۹۹۹۳
امولسیون بازی	۰/۳۲±۰/۰۰۷	۰/۷۶±۰/۰۰۵	۰/۹۹۹۵

جدول ۴) بررسی ویسکوزیته محلول پروتئینی و امولسیون اسیدی و بازی براساس مدل هرشل- بالکلی

تیمار	تنش تسلیم (Pa)	ضریب قوام (Pa.s^n)	شاخص جریان (n)	ضریب تعیین (r^2)
محلول اسیدی	۱/۷۳±۰/۰۷	۰/۰۳۴±۰/۱۳	۰/۷۴±۰/۰۷	۰/۹۸۷
محلول بازی	۰/۱۷۹±۰/۰۸	۰/۰۸۵±۰/۰۳۵	۰/۵۰±۰/۰۷	۰/۹۸۵۴
امولسیون اسیدی	۰	۲/۴۹±۰/۱۲۵	۰/۵۲±۰/۰۰	۰/۹۹۹۷
امولسیون بازی	۰	۰/۴۰±۰/۲۰	۰/۷۲±۰/۰۰۹	۰/۹۹۹۵

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی خصوصیات عملکردی پروتئین استخراج‌شده از ماهی کاراس معمولی با روش حلالیت و ترسیب ایزوالکتریک اسیدی و بازی اجرا شد. مقادیر به‌دست‌آمده برای

Archive of SID
www.SID.ir

ترکیب شیمیایی گوشت ماهی کاراس معمولی در محدوده به‌دست‌آمده توسط محققان برای سایر کپورماهیان چینی بود، هر چند که محتوای پروتئین کاراس معمولی اندکی بیشتر و در عوض محتوای چربی این ماهی اندکی کمتر بود. *رامموری* و همکاران درصد ترکیبات بدن ماهی *کپور نقره‌ای* را به ترتیب برای رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر، ۷۵/۶، ۱۷/۶، ۵/۵۰ و ۱/۳۰% گزارش کرده‌اند[18]. *صداقت* و همکاران نیز این مقادیر را به ترتیب ۷۶/۶۷، ۱۷/۶۰، ۴/۶۶ و ۱/۱۱% برای ماهی *کپور نقره‌ای* گزارش کرده‌اند[19]. مقادیر این ترکیبات شیمیایی برای ماهی *کپور معمولی* به ترتیب ۷۹/۰۳، ۱۶/۶۶، ۲/۵۱ و ۱/۶۳% گزارش شده است[20].

تیمار اسیدی، امولسیونی با ظرفیت امولسیونی پایین‌تر با پایداری کمتر تشکیل داد. نتایج به‌دست‌آمده مشابه مطالعه *پاچیکو آگویلار* و همکاران بود[14]. انحلال اسیدی باعث استخراج بیشتر پروتئین در فرآیند ISP شد. نتایج به‌دست‌آمده توسط *چن* و *جازینسکی*[21, 22]، *اوکادا* و *موریسی*[23] و همچنین *کریستینسون* و *لیانگ* نیز موید استخراج بیشتر پروتئین در تیمار اسیدی بوده است[24]. هنگامی که پروتئین عضله ماهی به‌وسیله تیمار اسیدی و بازی، حل و سانتریفوژ می‌شود و به دنبال آن در pH ایزوالکتریک رسوب می‌کند، بالاترین مقدار پروتئین‌های سارکوپلاسمیک به همراه پروتئین‌های میوفیبریلار استخراج می‌شوند. به همین علت *کریستینسون* و *لیانگ*[24] و همچنین *اوندلند* و همکاران[25]، روش ISP را به‌سبب استخراج حداکثری نسبت به روش‌های مرسوم استخراج پروتئین، از جمله روش تهیه سوریمی ارجح دانسته‌اند.

ظرفیت نگهداری آب از خصوصیات مهم در کیفیت گوشت و فرآورده‌های گوشتی است و از این فاکتور برای بررسی کیفیت گوشت و دناتوره‌شدن پروتئین استفاده می‌نمایند[26]. ظرفیت نگهداری آب در غذای گوشتی تحت تاثیر فاکتورهای مختلف از جمله تغییرات ساختاری ناشی از حرارت، طول سارکومرها، pH، استحکام یونی و فشار اسمزی است[26]. همچنین بیان شده است که ظرفیت نگهداری آب با خواص فیزیکوشیمیایی پروتئین نظیر خواص آب‌گریزی، حلالیت و ظرفیت پخش‌شوندگی ارتباط دارد[27]. در پژوهش حاضر، ظرفیت نگهداری آب در نمونه گوشت چرخ‌شده ماهی کاراس ۱۲/۶۰% بود. *باقری مفیدی* و همکاران ظرفیت نگهداری آب را در گوشت چرخ‌شده ماهی *کپور معمولی* با محلول نمک طعام ۰/۵مولار و پودر پروتئین سوریمی با محلول نمک طعام ۰/۵مولار به ترتیب ۲۸/۴ و ۲۷/۸میلی‌گرم آب در یک گرم نمونه گزارش کرده‌اند[28]. *اصغرزاده* و همکاران بیان کرده‌اند که ظرفیت نگهداری آب در گوشت چرخ‌شده و شسته‌شده بالاتر از گوشت چرخ‌شده و شسته‌نشده است. این امر به علت متراکم‌شدن و افزایش غلظت پروتئین‌های میوفیبریل موجود و عدم تغییر ماهیت آنها در گوشت چرخ‌شده و شسته‌شده است[29]. پروتئین استخراج‌شده ماهی کاراس با روش ISP دارای ظرفیت نگهداری آب بالاتری بود. پروتئین‌های میوفیبریل مهم‌ترین و اصلی‌ترین پروتئین مسئول نگهداری آب هستند[31]. اصولاً زنجیره‌های سنگین پروتئین میوزین، مسئول خصوصیات عملکردی پروتئین عضله نظیر ظرفیت نگهداری آب، توانایی تشکیل ژل و امولسیون‌کنندگی هستند. بنابراین تغییراتی که در خلال فرآیند ISP در ساختار پروتئین خصوصاً ساختار سه‌بُعدی زنجیره‌های سنگین میوزین در اثر تغییر pH ایجاد می‌شود، بر خصوصیات عملکردی پروتئین استخراج‌شده تاثیر دارد[7]. *لیو* و همکاران به این نتیجه رسیده‌اند که pH روی خصوصیت ظرفیت نگهداری آب در گوشت ماهی تون تاثیر خطی مستقیم دارد[31].

خواص امولسیون‌کنندگی محصولات دارای پروتئین، ناشی از حضور پروتئین‌های محلول و نامحلول و همچنین سایر ترکیبات نظیر پلی‌ساکاریدهاست[32]. پروتئین‌ها به‌دلیل داشتن قسمت‌های آب‌دوست و آب‌گریز در مولکول خود می‌توانند به منزله یک عامل پیونددهنده یا امولسیون‌کننده میان دو جزء غذایی عمل کنند. پروتئین‌ها می‌توانند از طریق کاهش کشش سطحی قطره‌های روغن و ایجاد دافعه الکترواستاتیکی بر سطح قطره‌های روغن، امولسیون تشکیل داده و تحکیم بخشند[33]. عوامل متعددی نظیر بار الکتریکی، pH، نیروی بین سطحی، ترکیب پروتئین و انحلال با نمک بر خواص امولسیون‌کنندگی تاثیر دارند[34]. pH محیط به‌دلیل تاثیر بر موجودیت گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر خصوصیات امولسیون‌کنندگی داشته باشد.

در تحقیق حاضر، شاخص امولسیون‌کنندگی در تیمار بازی بیشتر از تیمار اسیدی بود. نتایج مشابه توسط *وارلزیس* و همکاران در بررسی خصوصیات عملکردی پروتئین هیدرولیزشده ماهی *ساردین* ارایه شده است[35]. تغییر ساختاری پلی‌پپتیدها نظیر باز شدن ساختمان فضایی زنجیره پروتئینی در pH بالا (برای مثال ۱۰) می‌تواند سبب دفع نیروها و احتمالاً جهت‌گیری بهتر پلی‌پپتیدها در سطح پروتئین و امولسیون‌کنندگی بهتر آن باشد[14]. همچنین خصوصیات امولسیون‌کنندگی پروتئین هیدرولیزشده، تحت تاثیر خصوصیات مولکولی، خصوصاً اندازه پپتیدها و غلظت به کار گرفته شده است[36].

طبق یافته‌ها رابطه تنش برشی- سرعت برشی در نمونه‌ها غیرخطی بوده و بیانگر این بود که امولسیون‌ها و محلول حاوی پروتئین به‌صورت سیال غیرنیوتنی رفتار می‌کنند و به عبارتی رفتار روان‌شونده با برش دارند. با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش و ویسکوزیته کاهش یافت که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات سودوپلاستیک است[37, 38]. خصوصیات سودوپلاستیکی امولسیون‌ها احتمالاً به‌دلیل انبوهش و تفکیک قطرات روغن است که به این ترتیب افزایش سرعت برشی تفکیک، شدت می‌گیرد و ویسکوزیته امولسیون‌ها کاهش می‌یابد. انبوهش و تفکیک در سیستم‌های چندبخشی همچون مایونز می‌تواند منجر به تشکیل تجمع‌هایی با اندازه متفاوت شود. نمونه‌ها شاخص رفتار جریان کمتر از یک داشتند. مقادیر کوچکتر از یک در تمام موارد بیانگر آن بود که این نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک داشتند. هر چه n کمتر باشد، سیال بیشتر رفتار رقیق‌شوندگی با برش را از خود نشان می‌دهد و نمونه سودوپلاستیک‌تر خواهد بود. این خاصیت رقیق‌شونده با برش، باعث بهبود پراکندگی ذرات در فاز مایع شده و از به‌هم‌چسبیدن ذرات روغن و دوفازشدن طی زمان جلوگیری می‌نماید[16].

شاخص رفتار جریان در نمونه اسیدی نسبت به مقدار گزارش‌شده در نمونه بازی مقادیر کمتری را دارا بود. این کاهش شاخص جریان، در تولید امولسیونی پایدار با توزیع اندازه ذرات مناسب بسیار موثر است[39]. شاخص رفتار جریان امولسیون‌ها را می‌توان با اندازه قطرات روغن، توزیع اندازه ذرات و خاصیت کلوئیدی فاز پیوسته مرتبط دانست. نیروهای هیدرودینامیکی کوچک در آهنگ برشی پایین قادر به شکستن لخته‌ها نیستند. با افزایش آهنگ برشی، نیروهای هیدرودینامیک غالب می‌شوند و لخته‌ها را می‌شکنند و باعث کاهش ویسکوزیته می‌شوند[40].

در این تحقیق تیمار اسیدی ویسکوزیته بالاتری داشت که دلیل آن را می‌توان شاخص رفتار جریانی پایین تیمار اسیدی نسبت به تیمار بازی عنوان کرد. ضریب قوام (k) بیانگر میزان ویسکوزیته

Archive of SID

www.SID.ir

مواد غذایی است و روند تغییرات آن نشان‌دهنده نوع رفتار ویسکوزیته در برابر سرعت برشی است. در این پژوهش ضریب قوام در تیمار اسیدی به مقدار قابل توجهی از همتای بازی خود بیشتر بود. همچنین R^2 محاسبه‌شده برای تمام نمونه‌های امولسیونی ۰/۹۹ بود که نشان‌دهنده مناسب‌بودن مدل قانون توان برای توصیف ویژگی‌های رئولوژیک پایای نمونه‌های مورد نظر بود. تحقیقی مشابه با تحقیق حاضر یافت نشد تا بتوان نتیجه‌ها را مقایسه کرد، اما در تحقیقاتی دیگر که توسط *باتیگلییری* و همکاران روی سس کچاپ انجام شده بود، نتایج با نتایج تحقیق حاضر همسو بود[41]. به‌سبب ویسکوزیته نسبتاً بالا، پروتئین‌های استخراجی می‌توانند به‌عنوان قوام‌دهنده در سایر محصولات مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از پروتئین استخراجی از ماهی کاراس معمولی به روش ISP در مصارف غذایی، نیازمند تحقیقات بیشتر است.

لازم به ذکر است که در تحقیق حاضر، در آزمون رفتار جریانی، داده‌های ویسکوزیته دو تیمار اسیدی و بازی در هر یک از نمونه‌ها در ۲۴ نرخ برشی ($1/s$)، مقایسه شد. زیرا داده‌های ویسکوزیته در نرخ برشی پایین، ابزار مناسبی برای مطالعه پایداری سیستم‌های کلوئیدی در حالت ساکن است. بالابودن ویسکوزیته ظاهری فاز پیوسته، دوفازشدن را به تاخیر می‌اندازد. مقادیر ویسکوزیته ظاهری در نرخ‌های برشی میانی برای مطالعه ارزیابی حسی و احساس دهانی استفاده می‌شود. داده‌های ویسکوزیته در نرخ‌های برشی بالا برای طراحی فرآیندهایی که در آنها نرخ برش بالا ایجاد می‌شود، نظیر محاسبه توان همزن، پمپ، نازل‌ها و فرآیندهایی که شرایط آنها تابع جریان سیال در لوله است (مانند استریلیزاسیون و پاستوریزاسیون) استفاده می‌شود[42].

تعیین ویژگی‌های رئولوژیک امولسیون‌ها نه‌تنها در محاسبات مربوط به پایداری دارای اهمیت است، بلکه در مواردی نظیر طراحی دستگاه‌ها و تجهیزات از جمله پمپ‌ها و لوله‌ها، تعیین و شناخت تقلبات و کنترل کیفیت و فرمولاسیون تولید محصولات جدید عملگرا نقش ویژه‌ای ایفا می‌کنند[43].

نتیجه‌گیری

پروتئین استخراج‌شده از گوشت ماهی کاراس معمولی در تیمار اسیدی بیشتر است، ولی تیمار بازی خصوصیات عملکردی بهتری دارد. تیمار بازی، ظرفیت امولسیونی بالاتری نسبت به تیمار اسیدی تشکیل می‌دهد و شاخص پایداری تیمار بازی بالاست. محلول‌های پروتئینی و امولسیون‌های تهیه‌شده اسیدی و بازی، خصوصیت سودوپلاستیک دارند. میزان ویسکوزیته مواد غذایی در تیمار اسیدی نسبت به تیمار بازی بیشتر است.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
سهم نویسندگان: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.
منابع مالی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Chiu A, Li L, Guo Sh, Bai J, Fedor Ch, Naylor RL. Feed and fishmeal use in the production of carp and tilapia in China. Aquac. 2013;414-415:127-34.
2- Billard R, Berni P. Trends in cyprinid polyculture. Cybium. 2004;28(3):255-61.
3- Woynarovich A, Moth-Poulsen T, Péteri A. Carp Poly-culture in central and Eastern Europe, the caucasus and Central Asia, a manual. Rome: FAO, Fisheries and Aquaculture; 2010.
4- Ghenaat Parast A. Caras; Disaster of fish farms. Abziparvar. 1995;11. [Persian]
5- Jaczynski J, Tahergorabi R. Chapter 50- Isoelectric processing of seafood products: Amino acid and fatty acid profiles. In: Preedy VR. Processing and impact on active components in food. Amsterdam: Elsevier/Academic Press; 2015. p. 417-25.
6- Tahergorabi R, Beamer SK, Matak KE, Jaczynski J. Functional food products made from fish protein isolate recovered with isoelectric solubilization/precipitation. LWT Food Sci Technol. 2012;48(1):89-95.
7- Gehring CK, Gigliotti JC, Moritz JS, Tou JC, Jaczynski J. Functional and nutritional characteristics of proteins and lipids recovered by isoelectric processing of fish by-products and low-value fish: A review. Food Chem. 2011;124(2):422-31.
8- Paker I, Beamer S, Jaczynski J, Matak KE. The effect of organic acids on gelation characteristics of protein gels made from silver carp (Hypophthalmichthys molitrix) protein recovered by isoelectric solubilization and precipitation. LWT Food Sci Technol. 2013;53(1):37-43.
9- Cortés-Ruiz JA, Pacheco-Aguilar R, Lugo-Sánchez ME, Carvallo-Ruiz MG, García-Sánchez G. Production and functional evaluation of a protein concentrate from giant squid (Dosidicusgigas) by acid dissolution and isoelectric precipitation. Food Chem. 2008;110(2):486-492.
10- Chen YC, Tou JC, Jaczynski J. Amino acid, fatty acid, and mineral profiles of materials recovered from rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) processing by-products using isoelectric solubilization/precipitation. J Food Sci. 2007;72(9):C527-35.
11- Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis. 17th Edition. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists; 2005.
12- Diniz FM, Martin AM. Effects of the extent of enzymatic hydrolysis on functional properties of shark protein hydrolysate. LWT Food Sci Technol. 1997;30(3):266-72.
13- Mignino LA, Crupkin M, Paredi MP. Surface hydrophobicity and functional properties of myofibrillar proteins of mantle from frozen-stored squid (Illexargentinus) caught either jigging machine or trawling. LWT Food Sci Technol. 2008;41(4):678-85.
14- Pacheco-Aguilar R, Mazorra-Manzano MA, Ramírez-Suárez JC. Functional properties of fish protein hydrolysates from Pacific whiting (Merlucciusproductus) muscle produced by a commercial protease. Food Chem. 2008;109(4):782-9.
15- Mitschka P. Simple conversion of Brook field R.V.T. reading into viscosity functions. Rheol Acta. 1982;21(2):207-9.
16- Koocheki A, Kadkhodaee R, Mortazavi SA, Shahidi F, Taherian AR. Influence of Alyssum homolocarpum seed gum on the stability and flow properties of O/W emulsion prepared by high intensity ultrasound. Food Hydrocoll. 2009;23(8):2416-24.
17- Xu X, Liu W, Zhang L. Rheological behavior of Aeromonas gum in aqueous solutions. Food Hydrocoll. 2006;20(5):723-9.
18- Romvari R, Hancz CS, Petrasi ZS, Molnar T, Horn P. Non-invasive measurement of fillet composition of four freshwater fish species by computer tomoghraphy. Aquac Int. 2002;10(3):231-40.

Archive of SID
www.SID.ir

characterization of tuna myofibrillar protein in linear and nonlinear viscoelastic regions. J Food Eng. 2014;121:58-63.
32- McWatters KH, Cherry JP. Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, field pea and pecan flours. J Food Sci. 1997;42(6):1444-7.
33- Sikorski ZE. Chemical and functional properties of food components, proteins. Florida: CRC Press, Inc; 2001. p. 133-78.
34- Lawal OS, Adebowale KO, Ogunsanwo BM, Sosanwo OA, Bankole SA. On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flour of African locust bean (Parkia biglobassa). Food Chem. 2005;92(4):681-91.
35- Vareltzis PK, Evaggelia P, Ntoumas D, Adamopoulos KG. Process characteristics and functionality of sardine (Sardina pilchardus) muscle proteins extracted by a pH-shift method. Ann Food Sci Technol. 2012;13:132-43.
36- Nalinanon S, Benjakul S, Kishimura H, Shahidi F. Functionalities and antioxidant properties of protein hydrolysates from the muscle of ornate threadfin bream treated with pepsin from skipjack tuna. Food Chem. 2011;124(4):1354-62.
37- Sikora M, Kowalski S, Tomasik P, Sady M. Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combinations. J Food Eng. 2007;79(4):1144-51.
38- Steffe JF. Rheological methods in food process engineering. Philadelphia: Freeman Press; 1996.
39- Liu H, Xu XM, Guo ShD. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. LWT Food Sci Technol. 2007;40(6):946-54.
40- Mandala IG, Savvas TP, Kostaropoulos AE. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. J Food Eng. 2004;64(3):335-42.
41- Bottiglieri P, Sio F, Fasanaro G, Mojoli G, Impembo M, Castaldo D. Rheological characterization of ketchup. J Food Qual. 1991;14(6):497-512.
42- Alemzadeh T, Mohammadifar MA, Azizi MH, Ghanati K. Effect of two different species of Iranian tragacanth gum on the rheological properties of mayonnaise sauce (65% fat). [Dissertation]. Tehran: Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services; 2009. [Persian]
43- Karimi N, Mohammadifar MA, Nayebzadeh K. Effect of two varieties of Tragacanth gum on stability and some rheological properties of oil in water emulsion. Iran J Food Sci Technol. 2013;8(3):87-98. [Persian]
19- Sedaghat M, Zakipour Rahimabadi E, Ahmadifard E. Effect of pre-treatments before and after frying the absorption of oil and chemical silver carp fillet (Hypophthalmichthys molitrix). J Res Innovation Food Sci Technol. 2014;3(1):1-10. [Persian]
20- Alibeygi T, Alizadeh Doughikollaee E, Zakipour Rahim Abadi E. Antioxidant effect of orange peel extract on the quality of common carp (Cyprinus carpio) fillet during refrigerated storage (4°C). J fish (Iran J Nat Resour). 2013;66(2):185-97. [Persian]
21- Chen YC, Jaczynski J. Gelation of protein recovered from Atlantic krill (Euphausiasuperba) by isoelectric solubilization/precipitation as affected by functional additives. J Agric Food Chem. 2007;55(5):1814-22.
22- Chen YC, Jaczynski J. Protein recovery from rainbow trout (Oncorhynchusmykiss) processing by-products via isoelectric solubilization/precipitation and its gelation properties as affected by functional additives. J Agric Food Chem. 2007;55(22):9079-88.
23- Okada T, Morrissey MT. Recovery and characterization of sardine oil extracted by pH adjustment. J Agric Food Chem. 2007;55(5):1808-13.
24- Kristinsson HG, Liang Y. Effect of pH-shift processing and surimi processing on Atlantic croaker (Micropogonias undulates) muscle proteins. J Food Sci. 2006;71(5):C304-12.
25- Undeland I, Kelleher SD, Hultin HO. Recovery of functional proteins from herring (Clupeaharengus) light muscle by an acid or alkaline solubilization process. J Agric Food Chem. 2002;50(25):7371-9.
26- Skipnes D, Østby ML, Hendrickx ME. A method for characterizing cook loss and water holding capacity in heat treated cod (Gadusmorhua) muscle. J Food Eng. 2007;80:1078-85.
27- Sikorski Z, Kolakowska A. Changes in protein in frozen stored fish. In: Sikorski ZE, Sun Pan B, Shahidi F, editors. Seafood proteins. New York: Chapman and Hall; 1994. pp. 99-112.
28- Bagherimofidi M, Jafarpour A, Motamedzadegan A. Functional properties of freeze-dried protein powder prepared from common carp (Cyprinuscarpio). Iran J Food Sci Technol. 2014;42(11):117-28. [Persian]
29- Asgharzadeh A, Shabanpour B, Aubourg SP, Hosseini H. Chemical changes in silver carp (Hypophthalmichthys molitrix) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. Grasas Y Aceites. 2010;61(1):95-101.
30- Venugopal V, Shahidi F. Structure and composition of fish muscle. Food Rev Int. 1996;12(2):175-97.
31- Liu Q, Bao H, Xi C, Miao H. Rheological

Archive of SID
www.SID.ir