17(2) 105-112, Summer 2025

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The use of hydrolyzed protein from Rainbow trout waste (*Oncorhynchus mykiss*) as a stabilizer and a relative substitute for fat in yogurt

Hadi Ghafarii [1]*, Reza Safari [2], Melika Nazemi [3], Mahdi Golshan [1]

[1]Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran
[2]Caspian Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran
[3] Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran

Key Words
Rainbow trout
Waste
Yogurt
Stabilizer
Hydrolyzed degree

Abstract

Introduction: In this study، the effect of hydrolyzed protein prepared from Rainbow trout waste in order to exploit these food sources and reduce environmental waste and improve the quality of yogurt has been investigated.

Materials & methods: hydrolyzed protein was prepared from Rainbow trout waste using alcalase and protamax enzymes، and yogurt samples were prepared at concentrations of 1 and 5.1% of hydrolyzed protein and a control sample without hydrolyzed protein powder. The degree of hydrolysis and solubility of the hydrolyzed protein were investigated.

Results: The degree of hydrolysis of Rainbow trout waste was 49.6±1.58% and the hydrolysis protein solubility was 91.3±2.25%. The results of the parameters measured on yogurt indicate that adding hydrolyzed protein to yogurt decreased the pH ($P<0.05$) and using hydrolyzed protein decreased the water content and increased the viscosity and consequently the water holding capacity with the concentration of hydrolyzed protein increased and the highest increase in water retention capacity was related to the treatment with 1.5% of hydrolyzed protein ($P<0.05$). The control sample had the lowest viscosity and the highest water content. According to the sensory evaluation results، it was observed that the addition of hydrolyzed protein to the samples had a positive effect on the sensory properties of the taste، smell and texture of the prepared yogurt، but the replacement of the hydrolyzed protein had a negative effect on the color of the yogurt at high concentrations.

Conclusion: It can be concluded that improving the traditional properties of yogurt by replacing hydrolyzed protein prepared from Rainbow trout waste with fat can make optimal use of fish waste.

***** Corresponding Author's email: hadi.ghafarii@gmail.com
Received: 2 September 2024; Reviewed: 6 October 2024; Revised: 6 December 2024; Accepted: 6 January 2025
(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.2.13

مقاله پژوهشی

استفاده از پروتئین هیدرولیز ضایعات ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌عنوان پایدارکننده و جایگزین نسبی چربی در ماست

هادی غفاری*[۱]، رضا صفری[۲]، ملیکا ناظمی[۳]، مهدی گلشن[۱]

[۱]موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

[۲]پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

[۳]پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

قزل‌آلای رنگین‌کمان
ضایعات
ماست
پایدارکننده
درجه هیدرولیز

چکیده

مقدمه: در این مطالعه اثر پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل‌آلا به‌منظور بهره‌برداری از این منابع غذایی، کاهش ضایعات محیطی و بهبود کیفیت ماست مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: پودر پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل‌آلا با استفاده از آنزیم‌های آلکالاز و پروتامکس تهیه شد و نمونه‌های ماست با افزودن ۱ و ۱/۵ درصد پودر پروتئین هیدرولیزشده و نمونه شاهد بدون پودر پروتئین‌هیدرولیز شده تهیه گردید. درجه هیدرولیز و حلالیت پروتئین هیدرولیز شده مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: درجه هیدرولیز ضایعات ماهی قزل‌آلا ۱/۵۸±۴۹/۶ درصد و میزان حلالیت پروتئین هیدرولیز۲/۲۵±۹۱/۳ درصد به‌دست آمد. نتایج پارامترهای اندازه‌گیری شده بر روی ماست نشانگر این است که افزودن پروتئین هیدرولیزشده به ماست باعث کاهش pH گردید ($P<0/05$) و استفاده از پروتئین هیدرولیز شده موجب کاهش آب‌اندازی و افزایش ویسکوزیته و به‌تبع آن ظرفیت نگه‌داری آب با افزایش غلظت پروتئین هیدرولیز شده افزایش یافته و بیش‌ترین مقدار افزایش ظرفیت نگه‌داری آب مربوط به تیمار با ۱/۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده بود ($P<0/05$). نمونه شاهد کم‌ترین میزان ویسکوزیته و بیش‌ترین میزان آب‌اندازی را داشت. طبق نتایج ارزیابی حسی مشاهده شد که افزودن پروتئین هیدرولیزشده به نمونه‌ها تاثیرمثبتی بر خواص حسی مزه، بو و بافت ماست تهیه‌شده داشت، ولی جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده تاثیر منفی بر رنگ ماست در غلظت‌های بالا داشت.

بحث و نتیجه‌گیری: می‌توان نتیجه گرفت که بهبود خواص سنتی ماست با جایگزینی پروتئین هیدرولیز تهیه شده از ضایعات ماهی قزل‌آلا با چربی می‌تواند باعث استفاده بهینه از ضایعات ماهی گردد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hadi.ghafarii@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۲ شهریور ۱٤۰۳؛ تاریخ داوری: ۱۵ مهر ۱٤۰۳؛ تاریخ اصلاح: ۱٦ آذر ۱٤۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ دی ۱٤۰۳

(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.2.13

مقدمه

پرورش آبزیان و صید در صنعت تولید غذا جهت مصارف انسانی، بیش‌ترین رشد را دارا می‌باشند. هر ساله پس از تولید آبزیان پرورشی و صید صنعتی حجم زیادی از ضایعات ماهی تولید و دور ریخته می‌شود. این مواد زائد را می‌توان با افزودن آنزیم‌های مختلف پروتئولیتیک و یا روش‌های اسیدی و شیمیایی به محصولات با ارزش افزوده مانند پروتئین هیدرولیز شده و یا سیلاژ ماهی تبدیل نمود. پروتئین هیدرولیز شده ماهی در واقع مواد زائد فرآوری شده به پپتید از پوست، سر، عضلات، احشاء، کبد و استخوان بوده که دارای پپتیدهای عملکردی و زیست فعال مطلوبی هستند (۵). محصولات صید شده از دریا هم جهت مصارف انسانی و هم غیرانسانی مورد استفاده قرار می گیرند. هر ساله میزان زیادی از این محصولات بعد از صید به طرق مختلف عمل آوری می شوند که بیش از ۵۰ درصد از آن ها به عنوان ضایعات محسوب می‌شوند و غیرقابل مصرف هستند. ضایعات حاصل از غذاهای دریایی مانند سر، دم، پوست، استخوان و امعاء و احشاء را می‌توان با ارزش افزودن به آن‌ها و تولید محصولاتی مانند پودر ماهی، سس ماهی، سیلاژ ماهی و پروتئین هیدرولیز شده هم برای مصارف انسانی و هم حیوانی مورد استفاده قرار داد. ضایعات منابع ارزشمندی از مواد زیست فعال هستند و فرآورده های حاصل از آن ها قابلیت استفاده در زمینه‌های مختلف دارویی، صنایع غذایی و آرایشی-بهداشتی را دارند. پروتئین هیدرولیز شده ماهی (FPH) نیز فرآورده حاصل از هیدرولیز پروتئین ماهی می‌باشد که امروزه تولید آن از ضایعات ماهی، از سویی جهت کاهش ضایعات و کمک به حفظ محیط زیست و از سویی دیگر به جهت برخوردار بودن از خواص عملکردی و زیست فعالی فوق العاده، مورد توجه قرار گرفته است (۲۱). آنزیم‌های مختلفی شامل آلکالاز پروتامکس، فلورزیم و... در تهیه پروتئین هیدرولیزشده، مورد استفاده قرار می‌گیرند و پودر پروتئینی تولیدشده با استفاده از روش‌های مختلف، دارای خواص کارکردی (از قبیل ظرفیت نگه‌داری آب، خاصیت تشکیل ژل، کف‌زائی و امولسیون کردن) و فیزیکی متفاوتی هستند که بر پتانسیل استفاده به‌عنوان جزء غذایی تاثیرگذار هستند (۲۱). صنعت آبزی پروری در کشور طی سال‌های گذشته توسعه چشمگیری یافته، به‌طوری‌که میزان تولید آبزیان از طریق پرورش به میزان ۶۰۱۴۳۵ تن در سال ۱۴۰۱ رسیده است که در این میان سهم ماهی قزل‌آلا ۲۰۸۸۰۰ تن می باشد (۴). ماست یکی از فراورده‌های شیر است که با تخمیر توسط باکتری ها تولید می‌شود. در این فرایند، لاکتوز موجود در شیر به اسیدلاکتیک تبدیل می‌شود. ماست اغلب از شیر گاو، گاو میش، گوسفند، بز و سایر حیوانات اهلی تولید می‌گردد. در دهه‌های اخیر، با پیشرفت صنعت لبنیات و تکنولوژی‌های فرآوری شیر، تولید ماست به‌صورت صنعتی و به مقیاس بزرگ انجام می‌شود. فرآیندهایی مانند پاستوریزه کردن شیر، تخمیر با استفاده از میکروارگانیسم‌های خاص و فرآوری شیمیایی در تولید ماست صنعتی به کیفیت و ماندگاری بهتری کمک کرده‌اند. امروزه، ماست به عنوان یکی از محصولات پرطرفدار و مصرفی در سراسر جهان شناخته می‌شود. انواع ماست با طعم‌ها و بافت‌های مختلف، از ماست ساده تا ماست پروبیوتیک و ماست یونانی، در بازارها و فروشگاه‌ها قابل دسترسی هستند. ماست در سالیان اخیر به دلیل وجود درصد بالایی از پروتئین و کلسیم، به عنوان یک فرآورده سلامتی‌بخش شناخته شده است (۱). محصولات کم‌چرب دارای بافت و ساختار متفاوتی نسبت به محصولات پرچرب می‌باشند. کاهش چربی و متعاقب آن کاهش مقدار ماده خشک کل در ماست کم‌چرب موجب ایجاد شبکه بافتی ناقص، ضعیف و افزایش آب‌اندازی می‌گردد. ماست‌های دارای چربی بیش‌تر، بافت مناسب‌تر و عطر و طعم بهتری دارند به‌همین علت برای ایجاد چنین خصوصیات یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی‌های مناسب استفاده نمود (۱). تلاش‌های بسیاری در جهت کاهش محتوای چربی این محصول ارزشمند با حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی آن صورت پذیرفته است. نمونه‌های کم‌چرب این محصول می‌تواند با جایگزین‌نمودن بخشی از چربی شیر با ترکیبات جامد غیرچرب نظیر ترکیبات جانبی لبنی و هیدروکلوئیدها به‌عنوان محصولات کم‌کالری تولید شوند (۲۰). افزایش میزان بهینه این ترکیبات جهت جایگزینی در مخلوط ماست در حفظ و بهبود ویژگی‌های فیزیکی هم چون افزایش ویسکوزیته، قوام لخته و نیز کاهش آب‌اندازی از اهمیت بسیاری برخوردار است و از یک سو، توسعه محصولات کم‌چرب یا بدون چربی با ویژگی‌های مشابه محصول پرچرب می‌تواند راهکار مناسبی در جهت تولید محصولاتی فراسودمند به منظور ارتقاء سطح سلامت افراد جامعه باشد (۸). تعیین و شناسایی جایگزین‌های مناسب چربی برای تولید محصولات لبنی کم‌چرب یا بدون چربی سال‌هاست که مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. این ترکیبات علاوه بر بهبود ویژگی‌های بافتی، میزان کالری را کاهش داده و می‌توانند برخی از مشکلات ارگانولپتیکی محصولات کم‌چرب تولیدی را حل کنند. ترکیباتی مانند کنسانتره پروتئین آب پنیر با ذرات بسیار ریز با دارا بودن ساختار پروتئینی، ترکیباتی کربوهیدراتی مانند، نشاسته اصلاح‌شده، اینولین، صمغ کتیرا، بتا-گلوکان و بتا-سایکلودکسترین و مخلوطی از لیپیدهای حاصل از چربی جزء مهم‌ترین و متداول‌ترین جایگزین‌های چربی در محصولات لبنی به‌حساب می‌آیند (۱۲).

مواد و روش‌ها

آنزیم آلکالاز و پروتامکس، تری‌کلرواستیک‌اسید، سود ۰/۱ نرمال، فنول فتالئین، سولفات‌سدیم‌خشک، سولفات‌مس، دی‌اکسیدسلنیوم، اسیدسولفوریک‌غلیظ، متیل‌رد، اسیدبوریک، هگزان، هیدروکلریک اسید همه از محصولات مرک از شرکت دایا اکسیر جم خریداری شد. دستگاه بن‌ماری، دستگاه مخلوط‌کن یا چرخ گوشت، یخچال، هم‌زن برقی، pHمتر دیجیتالی، سانتریفوژ یخچال‌دار، ویسکوباتور، هموژنایزر، دستگاه سوکسله، دستگاه کجلدال، ویسکومتر، کاغذ صافی، بالن هضم، هیتر، ارلن، بالن ته‌گرد، آون، دسیکاتور، پتری‌دیش.

ماده خام اولیه: ضایعات ماهی قزل‌آلا به‌صورت تازه از مرکز فرآوری خریداری و طی یک زنجیره سرد و در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل گردید سپس شست‌وشو داده شده و جهت جلوگیری از اتولیز آنزیمی و میکروبی در بسته‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرارداده شده و تا زمان آزمایشات بعدی، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد.

آماده‌سازی پودر پروتئین هیدرولیز شده: به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا ضایعات ماهی قزل‌آلای در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (دمای یخچال) انجمادزدایی گردید. سپس چرخ شده و با آب مقطر به نسبت (۲:۱، وزن/حجم) مخلوط و به‌مدت ۲ دقیقه با هم‌زن به‌صورت هموژن در آمد. برای غیرفعال کردن آنزیم‌های درونی، ضایعات هموژن شده به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. آنزیم‌های آلکالاز و پروتامکس به نمونه اضافه شد و به‌مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و pH ۸/۵ نگه‌داری شد تا هیدرولیز کامل صورت پذیرد. بعد از انجام هیدرولیز، برای غیرفعال‌سازی آنزیم‌های اضافه شده، نمونه به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به‌منظور جداسازی مواد غیرمحلول از پروتئین‌های محلول با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار از هم جدا و در نهایت نمونه‌های محلول جدا شده با استفاده از فریز درایر خشک و خصوصیات کارکردی آن مورد بررسی قرار گرفت (۱۸).

روش تهیه ماست: برای تهیه ماست، ماده خشک شیر خام اندازه‌گیری و درمحدوده ۱۰ درصد تنظیم گردید و سپس دمای شیر را به ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسانده و پروتئین هیدرولیز شده استریل شده با درصدهای صفر، ۰/۵ و ۱ درصد اضافه و با هموژنایزر همگن شد. شیر همگن‌شده به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد تحت فرایند حرارتی قرار گرفته و سپس تا رسیدن به دمای ۴۳-۴۲ درجه سانتی‌گراد در حمام آب سرد گذاشته شد و در این دما آغازگر به اضافه و سپس مخلوط حاصل در ظروف درب‌دار در دمای ۴۵-۴۳ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید. پس از اتمام زمان انکوباسیون، نمونه‌ها در یخچال تا زمان انجام آزمون نگه‌داری شدند (۷).

روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای پروتئین هیدرولیز شده:

سنجش تقریبی نمونه‌ها: آنالیز تقریبی نمونه‌ها طبق روش استاندارد تعیین گردید (۲۶). برای اندازه‌گیری رطوبت از آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای ثابت‌شدن وزن‌نمونه استفاده شد. برای تعیین خاکستر، نمونه خشک در بوته چینی ریخته و در کوره (Germany Nabertherm) بادمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت سوزانده شد. میزان پروتئین با روش کجلدال (Sweden،Kjeltec Foss 2300) به‌دست آمد. چربی کل نیز با سوکسله (Sweden ،Foss Soxtec 2050) استخراج شد.

اندازه گیری درجه هیدرولیز: میزان هیدرولیز به‌کمک تری کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد (حجمی/حجمی) اندازه‌گیری شد. مبنای این روش اندازه‌گیری، درصد نسبت پروتئین‌های محلول در TCA به کل پروتئین‌های موجود در نمونه حاصل از سانتریفیوژ پس از هیدرولیز می‌باشد. بدین منظور حجم مساوی از محلول پروتئینی جدا شده با محلول TCA مخلوط شد و پس از هم‌زدن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ (۷۶۰۰rpm) شد. سپس مقدار پروتئین در فاز محلول با روش Lowry و همکاران، اندازه‌گیری و برای رسم نمودار استاندارد با استفاده از پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA) به‌عنوان استاندارد، میزان درجه هیدرولیز از طریق معادله زیر محاسبه شد (۱۵):

درجه هیدرولیز =

نیتروژن کل در نمونه/۱۰۰×نیتروژن محلول در نمونه-۱۰٪تری کلرو استیک اسید

حلالیت پروتئین هیدرولیز شده: نمونه پروتئین هیدرولیز شده با آب مقطر به نسبت (۱٪ حجم/وزن) مخلوط گردید. و pH آن با محلول یک نرمال سود یا اسیدکلریدریک بر روی ۶ تنظیم شد و بعد از چند دقیقه، مخلوط حاصل در دستگاه سانتریفوژ با دور ۱۲۰۰۰ g به‌مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. میزان نیتروژن محلول در مایع رویی با روش بیورت سنجیده و حلالیت از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۳):

حلالیت نیتروژن = غلظت نیتروژن مایع رویی/ غلظت نیتروژن کل نمونه ×۱۰۰ (٪)

روش اندازه‌گیری پارامترهای ماست:

pH و اسیدیته ماست: PH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pHمتر و بلافاصله بعد از گرمخانه‌گذاری و سه‌روز پس از سردشدن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها

پس از مخلوط کردن ۱۰ گرم از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل فتالئین تا ظاهرشدن رنگ صورتی کم‌رنگ انجام گرفت (۳).

ویسکوزیته ماست: ویسکوزیته یا گرانروی با استفاده از ویسکومتر (USA،Brookfield DV II) اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته تمام نمونه‌ها پس از ۳ روز نگه‌داری و سردکردن در شرایط یکسان با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۰ rpm پس از ۶۰ ثانیه اندازه‌گیری شد (۳).

میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگه‌داری آب ماست: برای اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی، آب جمع شده در سطح نمونه‌ها پس از سه روز نگه‌داری در یخچال جمع‌آوری و توزین گردیدو میزان آب جداشده در ۱۰۰ گرم نمونه به‌عنوان درصد آب اندازی بیان شد. برای اندازه‌گیری ظرفیت نگه‌داری، پس از سه روز نگه‌داری نمونه در یخچال، ۵ گرم از آن در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۴۵۰۰ rpm قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ، فاز آبی برداشته و فاز رسوبی جمع‌آوری شده و توزین شد و میزان آب نگه‌داری شده در بافت محاسبه می‌گردد (۸).

آزمون سنجش بافت ماست: بررسی ویژگی‌های بافتی ماست با استفاده از دستگاه سنجش (STM, SANTAM, Iran) انجام گرفت (۲).

ارزیابی حسی ماست: پس از آموزش‌های مقدماتی تعداد ۱۵ نفر به‌عنوان ارزیاب آموزش دیده انتخاب و با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای نمونه‌های ماست تهیه شده را به لحاظ ظاهر، طعم، بافت و بو ارزیابی شدند. به این ترتیب که حداکثر نمره ۵ به منزله عالی بودن و ۱ کم‌ترین نمره که نشان‌دهنده خیلی بد بودن نمونه بود (۱۰).

آنالیز آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار ماست با مقادیر مختلف پروتئین هیدرولیز شده و سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل داده های به روش آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA انجام شد.

نتایج

آنالیز تقریبی ترکیب شیمیایی ضایعات ماهی قزل آلا و پودر پروتئین هیدرولیز شده: نتایج مربوط به آنالیز پودر پروتئین هیدرولیز شده توسط آنزیم آلکالاز و پروتامکس و ضایعات ماهی قزل آلا در جدول ۱ ارائه گردید. این نتایج نشانگر این است که میزان پروتئین در پودر پروتئین هیدرولیز شده افزایش یافته است و هم‌چنین نتایج نشان داد که بعد از هیدرولیز میزان خاکستر افزایش و میزان چربی و رطوبت کاهش یافته است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی ضایعات ماهی قزل‌آلا و پودر پروتئین هیدرولیز شده

نمونه	پروتئین (٪)	رطوبت (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)
ضایعات ماهی قزل‌آلا	^{a} ۲۱/۱±۰/۶۸	^{a} ۷۶/۴±۱/۵۶	^{a} ۶/۴±۰/۰۷	^{a} ۲/۱±۰/۰۴
پروتئین‌هیدرولیز شده	^{b} ۷۶/۳±۱/۷۵	^{b} ۱۰/۲±۰/۷۲	^{b} ۳/۶±۰/۰۵	^{b} ۳/۳±۰/۶۷

اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد (p<۰/۰۵).

درجه هیدرولیز و حلالیت پروتیئن هیدرولیز شده: نتایج نشان داد که درجه هیدرولیز ضایعات ماهی قزل‌آلا با آنزیم آلکالاز و پروتامکس ۱/۵۸±۴۹/۶ درصدو میزان حلالیت پروتئین هیدرولیز شده ۲/۲۵±۹۱/۳ درصد شد.

pH و اسیدیته ماست: نتایج pH و اسیدیته در تیمارهای مختلف حاوی پروتئین هیدرولیزشده و نمونه شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز) بعد از ۳ روز نشان دادند که دامنه pH بین ۰/۳±۴/۲۱ تا ۰/۵±۴/۵۶ می‌باشد و در بین تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب در نمونه‌های ۰/۵ و ۱ درصدبود (p<۰/۰۵). در تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده با افزایش غلظت پروتئین از ۰/۵ به ۱ درصد میزان pHافزایش نشان داد (p<۰/۰۵). دامنه اسیدیته نمونه‌ها بین ۰/۰۳±۰/۶۸ تا ۰/۰۶±۰/۸۷ بود که بیش‌ترین اسیدیته را تیمار ۱ درصد و کم‌ترین اسیدیته را نمونه شاهد داشت (p<۰/۰۵).

ویسکوزیته ماست: نتایج به‌دست‌آمده برای ویسکوزیته ظاهری ماست طبق جدول ۲ می‌باشد. روند کلی تغییر ویسکوزیته در همه تیمارها افزایشی است و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب مربوط به نمونه دارای ۱ درصد پروتئین هیدرولیز و نمونه شاهد می‌باشد. تغییرات ویسکوزیته در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵).

جدول ۲: تغییرات ویسکوزیته در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پودر پروتئین هیدرولیز شده و شاهد (۰/۵ و ۱ درصد) (p<۰/۰۵)

نمونه ماست	ویسکوزیته
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	^{a} ۱۴۳۰/۵۴±۲۵/۶۷
۰/۵ درصد	^{b} ۲۹۴۰/۶۳±۳۵/۲۲
۱ درصد	^{c} ۳۴۵۰/۷۲±۴۴/۸

اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد (p<۰/۰۵).

میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگه‌داری آب ماست: نتایج میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگه‌داری آب ماست بعد از سه روز در جدول ۳ آمده است. در بین تیمارها بیش‌ترین میزان آب‌اندازی مربوط به نمونه شاهد و با افزایش میزان پروتئین هیدرولیز شده از میزان آب‌اندازی کاسته شد. در بین تیمارهای حاوی پروتئین هیدرولیز شده نیز بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مقدار آب‌اندازی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد می‌باشد ($p<0/05$). به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار ظرفیت نگه‌داری آب بین تیمارها مربوط به نمونه شاهد و ۱ درصد می‌باشد و نتایج ظرفیت نگه‌داری آب‌ماست در بین تیمارهای مختلف نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<0/05$).

جدول ۳: میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگه‌داری آب در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p<0/05$)

نمونه	درصد آب‌اندازی	ظرفیت نگه‌داری آب
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	۳/۸۵±۰/۴^{a}	۶۵/۴۳±۳/۵۶^{a}
۰/۵ درصد	۱/۸۳±۰/۰۸^{b}	۶۷/۳۶±۲/۸۵^{b}
۱ درصد	۱/۲۲±۰/۰۵^{c}	۶۸/۶۲±۲/۴۵^{c}

اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p<0/05$).

آنالیز سنجش بافت: تغییرات بافت ماست در طول دوره نگه‌داری سه‌روزه در جدول ۴ آورده شده است. تغییر میزان سفتی بافت ماست در روز اول و سوم دارای روند افزایشی در تیمارها بود. به‌طوری‌که در هر دو روز میزان سفتی در تیمار شاهد و ۰/۵ درصد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمار ۱ درصد بود ($p<0/05$).

جدول ۴: میزان تغییرات در بافت ماست طی سه روز نگه‌داری با غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p<0/05$)

نمونه	تغییرات سفتی (روز اول)	تغییرات سفتی (روز سوم)
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	^{a} ۰/۰۲۶±۰/۰۰۵	^{a} ۰/۰۳۱±۰/۰۰۵
۰/۵ درصد	^{b} ۰/۰۰۲۷±۰/۰۰۴	^{b} ۰/۰۳۳±۰/۰۰۶
۱ درصد	^{c} ۰/۰۲۹±۰/۰۰۷	^{c} ۰/۰۳۶±۰/۰۰۷

اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p<0/05$).

ارزیابی حسی: تغییرات حسی در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده ضایعات ماهی قزل‌آلا در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد تغییرات مزه در تیمارهای تهیه شده با پودر پروتئین هیدرولیز شده بهتر شده است و با افزایش غلظت پروتئین هیدرولیز امتیاز مزه در تیمارها افزایش نشان داد، به‌طوری‌که تیمار دارای ۱ درصد پروتئین هیدرولیز شده بیش‌ترین امتیاز را کسب کرد ($p<0/05$). امتیاز شاخص رنگ در نمونه ۰/۵ درصد امتیاز بیش‌تری نسبت به شاهد و ۱ درصد کسب کرد ($p<0/05$). تغییرات بو نیز نشان دهنده این بود که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده به ماست، تیمارها به مراتب از امتیاز بالاتری کسب کردند.

جدول ۵ تغییرات خواص حسی در ماست حاوی غلظت‌های مختلف پروتئین هیدرولیز شده و شاهد ($p<0/05$).

نمونه	مزه	رنگ	بافت	بو
شاهد (بدون پروتئین هیدرولیز)	^{a} ۴/۲±۰/۰۸	^{a} ۳/۶±۰/۲۳	^{a} ۳/۴±۰/۳۲	^{a} ۳/۳±۰/۲۶
۰/۵ درصد	^{b} ۴/۵±۰/۱۲	^{c} ۴/۶±۰/۲۸	^{b} ۳/۹±۰/۲۵	^{b} ۴/۱±۰/۳۷
۱ درصد	^{c} ۴/۷±۰/۱۴	^{b} ۴/۱±۰/۳۵	^{c} ۴/۵±۰/۳۵	^{c} ۴/۶±۰/۲۲

اعداد به‌صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p<0/05$).

بحث

نتایج ترکیبات شیمیایی پروتئین هیدرولیز شده نشان می‌دهد که درصد پروتئین در پودر پروتئین هیدرولیز شده، افزایش یافته و ۷۶/۳±۱/۷۵ درصد می‌باشد و این نتیجه با نتایج سایر پژوهشگران که میزان پروتئین در پروتئین هیدرولیز شده آبزیان را بین ۶۳ الی ۹۰ درصد گزارش نمودند هم‌راستا می‌باشد (۱۷). در فرایند هیدرولیز به‌دلیل شکستن باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن مولکولی پایین، حلالیت در آب بیش‌تر می‌شود و در نتیجه بازیابی پروتئین بالا می‌رود (۲۴). میزان چربی در ماده‌خام اولیه ۶/۴±۰/۰۷ درصد بود، اما پس از انجام عمل هیدرولیز شده از میزان چربی کاسته شد. دلیل این کاهش، می‌تواند به‌دلیل شکسته‌شدن باندهای پپتیدی و سانتریفوژ نمونه‌ها باشد که باعث می‌شود در طی سانتریفوژ با دور بالا، چربی به پروتئین‌های نامحلول متصل شده و همراه آن رسوب کند. نتایج نشان داد که میزان چربی در تحقیق حاضر کاهش پیدا نمود، به‌طوری که میزان آن در پروتئین هیدرولیز شده به ۳/۶±۰/۰۵

درصدرسید. این در حالی است که پروتئین‌های‌هیدرولیزشده به‌عنوان فرآورده‌های کم‌چرب شناخته شده‌اند که می‌تواند فرآورده را از اکسید شدن و فساد چربی، مصون نگه‌دارد. پژوهش‌های مرتبط گزارش نمودند که در فرآیند تولید پروتئین هیدرولیز شده، از حرارت برای غیرفعال سازی آنزیم‌های داخلی استفاده شود، امولسیون‌های پایداری از چربی و پروتئین شکل می‌گیرد که منجر به افزایش میزان چربی در فرآورده نهایی می‌شود (۲۱). میزان خاکستر در نمونه هیدرولیز شده نسبت به ماده خام اولیه افزایش یافت. علت این امر، افزایش میزان ماده خشک و نیز استفاده از اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم برای تنظیم pH در طی واکنش می‌باشد. میزان رطوبت نیز در پروتئین هیدرولیزشده نسبت به قبل از هیدرولیز کاهش داشته است که علت این‌امر استفاده از دستگاه فریز درایر برای خشک‌کردن سوپرناتانت‌ها بیان شده است (۱۳). تولید پروتئین هیدرولیز شده از امعاء و احشاء فیل‌ماهی (*Huso huso*) با استفاده از آنزیم آلکالاز (۲/۴ آنسون به ازای هرکیلوگرم پروتئین) ترکیب شیمیایی میزان پروتئین از ۱۳/۴۵ به ۶۵/۲۴، چربی از ۱۴/۳۳ به ۱/۳۷، رطوبت از ۵۲/۱۴ به ۸/۳ و خاکستر از ۶/۲۵ به ۲۴/۵۶ پس از هیدرولیز آنزیمی رسیده است که طبق دلایل ذکرشده با مطالعه حاضر مطابقت دارد. هیدرولیز آنزیمی پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با آنزیم آلکالاز به‌مدت ۴ ساعت و با نسبت آنزیم به سوبسترای ۱ به ۱۰۰ مطالعاتی انجام دادند که نتایج به‌دست‌آمده مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر را بدین‌ترتیب ۱/۰۱±۳۱/۶۸، ۰/۲±۱/۳۷، ۰/۷۵±۶۴/۸۸، ۰/۵۳±۲/۱۷ درصد نشان داد و درجه هیدرولیز پس از ۴ ساعت به‌میزان ۴۶/۷ درصد به‌دست آمد (۹). طی تحقیقاتی بر روی مقایسه خواص عملکردی پروتئین‌هیدرولیز شده حاصل از امعاء و احشاء ماهی‌قزل‌آلای رنگین‌کمان و ضایعات‌مرغ با استفاده‌از آنزیم آلکالاز (۴/۲ AU/g) گزارش دادند که آنالیز تقریبی پروتئین‌هیدرولیز شده به‌ترتیب، پروتئین ۸۴/۶۶ درصد، چربی ۰/۷ درصد، خاکستر ۴/۷۰ درصد و رطوبت را ۳/۷۸ درصد بوده است که با تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۴). درجه هیدرولیز به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر ۱/۵۸±۴۹/۶ درصد بوده است. درجه هیدرولیز یکی از مهم‌ترین فاکتورهای بررسی خواص پروتئین‌های هیدرولیز شده است که میزان شکسته‌شدن باندهای پپتیدی را بیان می‌کند و باید کنترل گردد. این فاکتور و کنترل آن بسیار مهم است، زیرا بسیاری از خواص پروتئین هیدرولیز شده، ازجمله میزان اسیدهای آمینه آزاد، میزان انحلال پذیری و وزن مولکولی پروتئین تولیدشده، وابسته به شدت و درجه هیدرولیز شده می‌باشد. درجه هیدرولیز وابسته به متغیرهایی نظیر نسبت آنزیم به سوبسترا، دما و pH می‌باشد (۶). جهت هیدرولیز از آنزیم‌های مختلفی استفاده می‌شود، براساس مطالعات Yaqubzadeh و همکاران، درجه هیدرولیز تنها شاخصی است که منجر به بازگشت بیش‌تر پروتئین می‌گردد (۹). هرچه درجه‌هیدرولیز بالاتر باشد، میزان پروتئین بیش‌تر می‌شود که به‌دلیل شکستن بیش‌تر باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن مولکولی پایین، حلالیت در آب بیش‌تر می‌شود. تاثیر شدت هیدرولیز با آنزیم آلکالاز (۳۵ آنسون به ازای یک کیلوگرم پروتئین) بر بازیافت نیتروژنی، درجه‌هیدرولیز و طول زنجیره پپتیدی پروتئین هیدرولیز شده گوشت کوسه چانه سفید (*Carcharhinus dussumieri*) مورد بررسی قرار گرفت و نشان داد با افزایش‌مدت‌زمان در بازه‌زمانی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) درجه هیدرولیز افزایش یافت و به‌ترتیب ۲۵/۲، ۵۳/۲ و ۹۱/۱ به‌دست آمد. در واقع می‌توان گفت با افزایش‌زمان‌هیدرولیز آنزیم و سوبسترا در مدت زمان بیش‌تری در مجاورت هم قرار داشته و شدت هیدرولیز بیش‌تر خواهد شد(۶). حلالیت پروتئین‌هیدرولیزشده طبق نتایج به‌دست‌آمده بسیار بالا بوده است. در pH=۶ حلالیت پروتئین هیدرولیز شده برابر با ۹۱/۳ درصد به‌دست آمد. با توجه به این‌که هر چه بر میزان درجه هیدرولیز افزوده‌شود، پپتیدهایی با طول زنجیره کم‌تر (وزن مولکولی کم تر) حاصل می‌شود و کوچک تر بودن طول زنجیره پپتیدها با حلالیت پروتئین رابطه مستقیم دارد، به‌طوری‌که هر چه پپتیدهای با طول‌زنجیره کم‌تر حاصل‌شود، حلالیت‌بیش‌تر می‌شود (۱۴) و می‌توان حلالیت بالای پروتئین هیدرولیز شده حاصل از مطالعه حاضر را به علت بالابودن میزان درجه هیدرولیز این پروتئین دانست. هم‌چنین حلالیت پروتئین می‌تواند توسط اثر برخی گروه‌های آب‌دوست و آبگریز که بر سطح پروتئین قرار می‌گیرند، توضیح داده شود. بالا بودن حلالیت پروتئین هیدرولیز شده، حاکی از پتانسیل استفاده ازپروتئین در فرمولاسیون سیستم غذایی توسط ایجاد ظاهری جذاب و حس دهانی ملایم جهت تولید است (۲۳). ویسکوزیته یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار بر روی کیفیت بافت محصول نهایی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر موید آن است که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده، ویسکوزیته به‌طور معنی‌داری افزایش یافته که این امر ممکن است ناشی از پیوند پروتئین اضافه شده با آب آزاد و کاهش جریان‌پذیری، درگیرکردن شبکه‌کازئین و افزایش‌مقاومت نمونه در برابر جاری‌شدن باشد (۱۶). نتایج مطالعات حاکی از آن است که افزودن پروتئین هیدرولیز شده‌شده توسط هر دو آنزیم آلکالاز (در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) و پروتامکس (در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) موجب افزایش‌ویسکوزیته تیمارها شده است، که مطالعه‌حاضر با این مطالعه مطابقت‌دارد (۲۲). یکی از معایب عمده ماست آب‌اندازی است که در واقع به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست اطلاق می‌شود. آب‌اندازی در ماست به‌دلیل چروکیدگی ساختار سه‌بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به‌کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر و خروج

آن از ماست می‌گردد. به‌نظر می‌رسد که آب‌اندازی به‌میزان گسترده‌ای با مقدار ترکیبات کازئینی شیر و یا افزودن پایدارکننده‌ها ارتباط دارد. نتایج تغییرات میزان آب‌اندازی در تیمارهای مطالعه حاضر با اضافه کردن پروتئین هیدرولیز شده، به‌طور چشمگیری کاهش یافته است، که ممکن است به‌دلیل تضعیف ساختار ژلی ماست حاوی پروتئین هیدرولیز شده‌باشد. مطالعات نشان‌داد که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) به ماست کم‌چرب همانند مطالعه حاضر با افزودن پایدارکننده‌ای هم‌چون پروتئین‌هیدرولیز شده میزان آب‌اندازی کاهش می‌یابد (۲۵). نتایج ظرفیت نگه‌داری آب حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بوده و افزایش نسبی در ظرفیت جذب آب تیمارها مشاهده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزودن پروتئین هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز و پروتامکس میزان ظرفیت نگه‌داری آب ماست کم‌چرب افزایش داشته، اما در مورد استفاده از پروتئین هیدرولیز شده با آنزیم پروتامکس گزارش شده که در غلظت‌های بالا (غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد) ظرفیت نگه‌داری آب مجدداً کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که سطوح مختلف پروتئین هیدرولیز شده موجب افزایش اسیدیته و کاهش pH نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شده‌اند. به‌نظر می‌رسد که اضافه نمودن پروتئین هیدرولیز شده باعث تسریع رشد و تکثیر باکتری‌های لاکتیک درگیر در فرآیند تخمیر شده و با کاهش نسبی pH و افزایش اسیدیته، زمان تخمیر و کواگولاسیون را کاهش می‌دهد و مطالعات دیگر نشان داد که اضافه نمودن نشاسته تغییریافته باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته در ماست فاقد چربی شده و نشاسته به عنوان سوبسترای باکتری‌های لاکتیکی عمل کرده و زمان کواگولاسیون را کاهش داد (۱). براساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر به‌طور کلی تغییرات بافت نمونه‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد پروتئین هیدرولیز شده در سه روزهای نگه‌داری در یخچال یک روند افزایش داشته و بالابودن میزان پروتئین در نمونه‌ها باعث اتصالات عرضی و به‌دنبال آن تشکیل شبکه سه‌بعدی پروتئینی و ساختار ژلی مستحکم‌تر در نمونه‌های تولید شده است و پایین‌تر بودن میزان سفتی بافت ماست نمونه شاهد می‌تواند به‌دلیل پایین بودن میزان پروتئین در مقایسه با سایر نمونه‌ها باشد (۸). نتایج ارزیابی حسی حاکی از آن است که افزودن پروتئین هیدرولیز شده به تیمارها اثر مثبت بر خواص حسی نظیر بو، رنگ، مزه و بافت ماست‌های تولیدی داشته‌است. پژوهش‌های صورت گرفته درخصوص جایگزین چربی با پایه پروتئینی در ماست در غلظت‌های پایین اثر معنی‌داری روی ویژگی رنگ ماست نداشته است (۳) و هم‌چنین طی مطالعاتی که سایر پژوهشگران داشتند مشخص شد که افزودن هیدروکلوئید دانه اسفرزه به ماست باعث بهبود خواص حسی ماست شده است. در گذشته آبزیان به‌عنوان منبع غذایی و بیش‌تر به‌عنوان غذای سلامتی مورد استفاده قرار می‌گرفت و این به خاطر وجود منابع سرشار از پروتئین‌های قابل هضم با تمامی آمینو اسیدهای ضروری و اسیدهای چرب غیراشباع با خواص درمانی مهم هم‌چون اسیدهای چرب امگا ۳ و ویتامین‌ها و سایر ریزمغذی‌ها در غذاهای دریایی بود. جهت استفاده بهینه از این منابع غنی و تولید محصولات فناورانه از ضایعات ماهی قزل‌آلا که با توجه به آمار تولیدی و محاسبه حداقل ۳۰ درصدی ضایعات، میزان قابل ملاحظه می‌شود. تولید پروتئین هیدرولیز شده از این ضایعات به‌روش آنزیمی انجام گرفت و بررسی خواص پودر پروتئین هیدرولیز شده نشان داد که پروتئین هیدرولیز شده حلالیت بالایی برخوردار است. نتایج حاصل از مطالعه حاضر در ارتباط با امکان‌پذیری استفاده از پودر پروتئین هیدرولیز شده به‌عنوان جایگزین چربی در ماست نشان داد که پودر پروتئین تولید شده امکان جایگزینی با چربی را در درصدهای پایین را دارا می‌باشد و این جایگزینی باعث بهبود ویسکوزیته، آب‌اندازی، ظرفیت نگه‌داری آب و ارزیابی حسی ماست شده است.

منابع

1. **Aghazade Meshgi, M., Mohammadi, K., Totunchi, S. and Farahanian, Z., 2010**. Production of fat-free yogurt using corn starch and gelatin. Food science and nutrition. 7(3): 66-73. (In Persian)
2. **Jovindeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Naushad, M. and Safari Samani, E., 2022.** The effect of transglutaminase enzyme on some characteristics of abstract yogurt prepared from a mixture of cow and buffalo milk. Journal of food processing and preservation. 14(2): 17-34. (In Persian)
3. **Rezaei R., Yeganeh S., Raftani Amiri Z. and Safari R., 2020**. Investigating the functional properties of Caspian cowfish protein (*Neogobius caspius*) by florzyme enzyme and its effect on the quality of low-fat yogurt. Journal of Innovation in Food Science & Technology. 1: 12. (In Persian)
4. **Statistical Yearbook of Iranian Fisheries. 2022.** Iran Fisheries Organization (2018-2021). (In Persian)
5. **Seyed Hasani, M., Hosseinpour Zolti, A. and Sohrabi, T., 2022.** The use of bioprocessed peptides (hydrolyzed protein) in the diet of farmed fish with emphasis on sturgeon. Sturgeon. 5: 1-9. (In Persian)
6. **Meshgin Far, N., Sadeghi Mahonak, A., Ziyai Far, A.M., Ghorbani, M. and Kashani nejad, M., 2014.** Optimizing the production of hydrolyzed protein from meat industry by-products using the response surface method. Food industry research (agricultural knowledge). 24(2): 215-225. (In Persian)
7. **Mazaheri Tehrani, M., 2008.** Optimization of the direct production method of condensed yogurt. Iran food science and industry-Iran food science and industry association. 12: 4. (In Persian)
8. **Nategh, L., 2019.** Investigating the possibility of producing low-fat stirred yogurt using degumming. Food Industry Engineering Research (Agricultural Engineering Research Journal). 18(67): 29-42. (In Persian)

9. **Yaqubzadeh, Z. and Safari, R., 2019.** Hydrolyzed protein extraction of rainbow salmon (*Oncorhynchus mykiss*) skin with emphasis on antioxidant properties. Caspian Sea Aquatic Journal. 23: 4. (In Persian)

10. **Aryaee, H., Zare, D., Ariaei, P., Mirdamadi, S. and Naghizadeh Raeisi, S., 2020.** Sensory evaluation using fuzzy logic model and evaluation of physicochemical properties, antioxidant activity and total phenol of fruit juice prepared from mulberry during frozen storage. Journal of food science and technology (Iran). 17(106): 47-61.

11. **Ebdali, S. and Motamedzadegan, A., 2013.** Effect of partial replacement of solids with gelatin on functional properties of non-fat yogurt. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 8(2): 221-229.

12. **Say, D., Soltani, M. and Güzeler, N., 2020.** Texture, colour and sensory properties of non-fat yoghurt as influenced by tara gum or combinations of tara gum with buttermilk powder. Mljekarstvo/Dairy. 70(4).

13. **Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B. and Hayaloglu, AA., 2005.** The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International journal of dairy technology. 58(3): 180-184.

14. **Jafari Taraji, R., Alishahi, A., Ojagh, S.M. and Esmaeili Molla, A., 2015.** Protein hydrolysates from viscera of cultured Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and its use for bacterial (*Salmonella typhi*) culture medium. Fisheries Science and Technology. 4(3): 47-59.

15. **Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000.** Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. Critical reviews in food science and nutrition. 40(1): 43-81.

16. **Moeenfard, M. and Tehrani, M.M., 2008.** Effect of some stabilizers on the physicochemical and sensory properties of ice cream type frozen yogurt. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4(5): 584-589.

17. **Ovissipour, M., Abedian, A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R. and Shahiri, H., 2009.** The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. Food chemistry. 115(1): 238-242.

18. **Ovissipour, M., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan, A. and Nazari, R.M., 2012.** Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Food and bioprocess technology. 5: 696-705.

19. **Ovissipour, M., Benjakul, S., Safari, R. and Motamedzadegan, A., 2010.** Fish protein hydrolysates production from yellowfin tuna Thunnus albacares head using Alcalase and Protamex. International Aquatic Research. 2(2): 87.

20. **Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre Mandujano, E. and Vernon-Carter, E.J., 2004** Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. International Dairy Journal. 14(2): 151-159.

21. **Sathivel, S., Smiley, S., Prinyawiwatkul, W. and Bechtel, P.J., 2005.** Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. Journal of Food Science. 70(6): 401-406.

22. **Sharabiani, S.R., Razavi, S.M., Behzad, K. and Tehrani, M.M., 2010.** The effect of pectin, Sage seed gum and Basil seed gum on physicochemical and sensory characteristics of non-fat concentrated yoghurt. Iranian Food Science & Technology Research Journal. 6(1): 27-36.

23. **Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y. and Nasri, M., 2007.** Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. Food technology and biotechnology. 45(2): 187-194.

24. **Taheri, A., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan, A. and Nazari, R.M., 2010.** The Study on The Properties of the Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Visceral Protein Hydrolysates Using Commercial Enzymes. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 6(1): 68-76. (In Persian)

25. **Ziyaei, K. and Hosseini, S.V., 2021.** The review of hydrolyzed protein from fishery by-product: Production methods, application, Biological Properties. Journal of food science and technology. 18(111): 383-395. (In Persian)

26. **Feldsine, P., Abeyta, C. and Andrews, W.H., 2002.** AOAC International methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. Journal of AOAC international. 85(5): 1187-1200.