



Research Paper

Comparative study of peptone production from fish waste in Bandar Abbas city using three methods of acid, alkaline and enzymatic hydrolysis

Khadijeh Ahmadi¹ , Mehdi Barazesh² , Shiva Mohammadi³ , * Soudabeh Kavousipour⁴

1. Department of Medical Biotechnology, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran.
2. Department of Medical Biotechnology, Gerash University of Medical Sciences, Gerash, Iran.
3. Department of Medical Biotechnology, Khorramabad University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran.
4. Molecular Medicine Research Center, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.



Citation: Ahmadi Kh, Barazesh M, Mohammadi Sh, Kavousipour S. Comparative study of peptone production from fish waste in Bandar Abbas city using three methods of acid, alkaline and enzymatic hydrolysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(3):251-266. [In Persian]

10.48312/JPM.12.3.865.1

Article Info:

Received: 30 Jul 2025

Accepted: 1 Nov 2025

Available Online: 20 Dec 2025

ABSTRACT

Introduction: Childbearing Optimizing the hygienic utilization of fish waste not only helps reduce environmental pollution but also plays a crucial role in maintaining public health and preventing diseases caused by the decomposition of such waste. This study aimed to produce peptone from native fish waste in Bandar Abbas and to compare different hydrolysis methods, including acidic, alkaline, and enzymatic approaches.

Methods: This study included three independent replicates for each treatment group (acidic, alkaline, and enzymatic hydrolysis). Fish waste samples consisting of viscera, skin, and muscle tissues were collected from native species in the Bandar Abbas region (Thunnus tonggol, Pampus argenteus, and various species of Lutjanus). For sample preparation, the materials were washed, defatted, homogenized using an industrial grinder, and subsequently subjected to hydrolysis. Acidic hydrolysis was performed using 1N HCl (pH $\approx$ 2, 100°C, 4 hours), while alkaline hydrolysis was carried out using 1N NaOH (pH = 11, 100°C, 4 hours). Enzymatic hydrolysis was conducted using Alcalase and trypsin under optimized temperature and pH conditions for 4 hours. Protein concentration was determined using the Biuret method, and the degree of hydrolysis was assessed by measuring trichloroacetic acid (TCA)-soluble peptides. Data were analyzed using one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test for mean comparisons at a significance level of 0.05.

Results: Acidic hydrolysis resulted in the highest degree of hydrolysis ($16.2 \pm 1.2\%$) but the lowest protein concentration (30 ± 1.2 mg/mL). In contrast, alkaline hydrolysis showed a lower degree of hydrolysis ($11.2 \pm 2\%$) with a higher protein concentration (33 ± 1.5 mg/mL). Optimized enzymatic hydrolysis achieved the highest protein concentration (90 ± 2) after 24 hours. Functionally, peptones produced by alkaline and enzymatic hydrolysis demonstrated comparable performance to commercial peptones in supporting *Escherichia coli* growth, whereas peptones obtained through acidic hydrolysis supported reduced bacterial growth. These findings indicate that alkaline and enzymatic hydrolysis are effective methods for producing high-quality peptone from fish waste.

* Corresponding Author:

Dr Soudabeh Kavousipour

Address: Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

E-mail: sodabe_k13@yahoo.com



Copyright © 2025 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



Key Words:

Fish Waste, Peptone,
Acid Hydrolysis, Alkaline
Hydrolysis, Enzymatic
Hydrolysis.

Discussion: Alkaline and enzymatic hydrolysis are efficient methods for producing high-quality peptone from fish waste and may serve as cost-effective and environmentally friendly alternatives for industrial applications. This process not only reduces environmental pollution but also contributes to the sustainability of the fisheries industry and promotes the health of the local community.



Extended Abstract

Introduction:

The global fisheries sector generates approximately 50–60 million tons of processing by-products annually, creating significant environmental challenges while wasting valuable protein resources that could be converted into high-value products. In coastal regions such as Bandar Abbas, Iran a major fisheries hub accounting for approximately 30% of Iran's total fish catch the improper disposal of fish waste through landfilling or ocean dumping contributes to coastal eutrophication, greenhouse gas emissions, and public health risks associated with pathogen proliferation. This study presents an innovative solution by developing optimized methods for converting local fish waste into high-quality peptones, which are essential nitrogen sources widely used in pharmaceutical production, food biotechnology, and diagnostic testing. Given that the global peptone market is valued at approximately USD 1.2 billion and is currently dependent mainly on meat- and dairy-derived sources, this research proposes a sustainable alternative by comprehensively comparing three hydrolysis methods acidic, alkaline, and enzymatic applied to dominant native fish species. This study also supports sustainable development goals related to responsible consumption and marine life conservation. Furthermore, it builds upon previous research by providing a detailed evaluation of hydrolysis efficiency for Persian Gulf fish species, elucidating possible mechanisms of inhibitor formation, and offering practical cost–benefit considerations for regional implementation. The resulting protocols establish a circular bioeconomy model that could be replicated in coastal communities worldwide, transforming an environmental liability into a sustainable protein resource for expanding biotechnological applications while providing both ecological and economic benefits through innovative waste-to-resource conversion.

Methods:

Fish processing waste, comprising viscera, skin, and muscle tissues, was collected from three dominant commercial fish groups in Bandar Ab-

bas: *Thunnus tonggol*, *Pampus argenteus*, and various species of *Lutjanus*. Samples were obtained directly from local industrial processing facilities. The collected materials were immediately transported on ice to the laboratory, where they were thoroughly washed with potable water at $4\pm1^{\circ}\text{C}$ to remove surface contaminants and digestive residues. The cleaned samples were homogenized using an industrial grinder under sterile conditions at 4°C to obtain a uniform particle size of less than 1 mm. The homogenized material was then subjected to fat extraction using chloroform at a 1:0.5 w/v ratio with continuous stirring at 150 rpm and 25°C for 30 minutes. After centrifugation at $3000 \times g$, 20°C , for 30 minutes, the chloroform phase containing lipids was carefully removed. The remaining protein-rich pellet was oven-dried at 70°C for 5 hours and then ground into a fine powder. Three distinct hydrolysis protocols were implemented in parallel. Acidic hydrolysis was performed using 1 N HCl to achieve a pH of approximately 2 and was conducted at 100°C for 4 hours under reflux conditions. Alkaline hydrolysis was carried out using 1 N NaOH at $\text{pH } 11\pm0.1$ and $100\pm1^{\circ}\text{C}$ for 4 hours. Enzymatic hydrolysis was performed using Alcalase at $\text{pH } 8.5\pm0.1$ and $55\pm1^{\circ}\text{C}$ and trypsin at $\text{pH } 7.0\pm0.1$ and $37\pm1^{\circ}\text{C}$. Both enzymes were applied at an enzyme-to-substrate ratio of 1.5% w/w for 4 hours in a shaking incubator at 150 ± 5 rpm. Protein content was quantified spectrophotometrically at 540 nm using the Biuret method, with bovine serum albumin at concentrations of 0.1–1.5 mg/mL as the standard. The degree of hydrolysis was determined by measuring trichloroacetic acid-soluble peptides after mixing the samples with 10% TCA.

Results:

The comparative analysis of the three hydrolysis methods for peptone production from fish waste revealed significant differences in efficiency and product quality. Acidic hydrolysis achieved the highest degree of hydrolysis, $16.2\pm1.2\%$, indicating extensive protein breakdown; however, it resulted in the lowest protein concentration, 30 ± 1.2 mg/mL. This may be attributed to excessive degradation of peptides into smaller fragments that were not effectively measured by the applied protein assay. In contrast, alkaline hydrolysis showed



a more moderate degree of hydrolysis, $11.2 \pm 2\%$, while producing a higher protein concentration of 33 ± 1.5 mg/mL. This suggests better preservation of protein integrity compared with acidic hydrolysis. Overall, the enzymatic method demonstrated superior performance, achieving the highest protein recovery, $90 \pm 2\%$, after 24 hours of treatment. This finding highlights the effectiveness of enzymatic hydrolysis in enhancing protein recovery while maintaining nutritional quality. Microbial growth assessment using *Escherichia coli* provided important functional evidence regarding the quality of the produced peptones. Peptones obtained through enzymatic hydrolysis supported bacterial growth comparable to that achieved with commercial peptones, with no significant difference in optical density measurements ($P > 0.05$). Peptones derived from alkaline hydrolysis also performed well, showing only slightly reduced growth kinetics. In contrast, acidic hydrolysates resulted in significantly lower bacterial growth ($P < 0.05$), likely due to residual acidity or the formation of inhibitory compounds under harsh hydrolysis conditions. Physical characterization showed that fish-derived peptones had a darker color and a less dense texture compared with commercial products. These differences may be attributed to the nature of the source materials and the processing conditions used during hydrolysis.

Conclusion:

This study demonstrates that both alkaline and enzymatic hydrolysis are efficient and sustainable approaches for converting fish processing waste into high-quality peptones suitable for industrial applications. Among the tested methods, enzymatic hydrolysis showed the best overall performance, achieving exceptional protein recovery of $90 \pm 2\%$ while maintaining nutritional properties capable of supporting microbial growth comparable to that of commercial peptones. Alkaline hydrolysis, although slightly less efficient in protein extraction, offers important advantages in terms of cost-effectiveness, operational simplicity, and scalability for industrial implementation. Therefore, both enzymatic and alkaline hydrolysis can be considered promising strategies for the valorization of fish processing waste. These methods can contribute to environmental protection, resource efficiency,

and the development of a sustainable circular bio-economy in coastal fisheries communities.



مقاله پژوهشی

بررسی مقایسه ای تولید پپتون از ضایعات ماهی در شهر بندرعباس با استفاده از سه روش هیدرولیز اسیدی، قلیایی و آنزیمی

خدیدجه احمدی^۱ ID، مهدی برازش^۲ ID، شیوا محمدی^۳ ID، * سودابه کاوسی پور^۴ ID

۱. گروه بیوتکنولوژی پزشکی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران.
۲. گروه بیوتکنولوژی پزشکی مولکولی دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گراش، گراش، ایران.
۳. گروه بیوتکنولوژی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی خرم آباد، خرم آباد، ایران.
۴. مرکز تحقیقات پزشکی مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Ahmadi Kh, Barazesh M, Mohammadi Sh, Kavousipour S. Comparative study of peptone production from fish waste in Bandar Abbas city using three methods of acid, alkaline and enzymatic hydrolysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2025; 12(3):251-266. [In Persian]

doi 10.48312/JPM.12.3.865.1

چکیده

هدف: استفاده بهینه و بهداشتی از ضایعات ماهی، افزون بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، در حفظ سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌های ناشی از فساد این ضایعات نیز مؤثر است. مطالعه حاضر با هدف تولید پپتون از ضایعات ماهیان بومی بندرعباس و مقایسه روش‌های مختلف هیدرولیز شامل هیدرولیز اسیدی، بازی و آنزیمی انجام شد.

روش‌ها: در این مطالعه، برای هر تیمار شامل هیدرولیز اسیدی، بازی و آنزیمی، سه تکرار مستقل در نظر گرفته شد. نمونه‌های ضایعات ماهی شامل احشا، پوست و بافت عضلانی از گونه‌های بومی منطقه بندرعباس، شامل هوور یا تن، ماهی حلوا سفید و گونه‌های مختلف سرخو جمع آوری شد. به منظور آماده سازی، نمونه‌ها پس از شست و شو و چربی زدایی، با استفاده از آسیاب صنعتی هموژن شده و برای انجام فرایند هیدرولیز آماده شدند. هیدرولیز اسیدی با استفاده از HCl 1N در pH حدود ۲، دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت انجام شد. هیدرولیز بازی نیز با استفاده از NaOH 1N در pH برابر ۱۱، دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت صورت گرفت. هیدرولیز آنزیمی با استفاده از آنزیم‌های Alcalase و Trypsin در شرایط بهینه دما و pH و به مدت ۴ ساعت انجام شد. غلظت پروتئین با روش بیورت و درجه هیدرولیز با اندازه گیری پپتیدهای محلول در TCA تعیین گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ تحلیل شدند.

یافته‌ها: هیدرولیز اسیدی با بیشترین درجه هیدرولیز معادل $16/2 \pm 1/2$ درصد، کمترین غلظت پروتئین معادل $30 \pm 1/1$ میلی گرم بر میلی لیتر را تولید کرد. در مقابل، هیدرولیز بازی با درجه هیدرولیز پایین تر، معادل $11/2 \pm 2$ درصد، غلظت پروتئین بالاتری، معادل $33 \pm 1/5$ میلی گرم بر میلی لیتر، نشان داد. هیدرولیز آنزیمی بهینه شده طی ۲۴ ساعت به بالاترین غلظت پروتئین، معادل 90 ± 2 ، دست یافت. از نظر عملکردی، پپتون‌های حاصل از هیدرولیز بازی و آنزیمی قابلیت مشابهی با پپتون‌های تجاری در حمایت از رشد *Escherichia Coli* داشتند؛ در حالی که پپتون‌های حاصل از هیدرولیز اسیدی موجب رشد کمتری شدند. این یافته‌ها نشان می دهد که هیدرولیز بازی و آنزیمی، روش‌هایی مؤثر برای تولید پپتون باکیفیت از ضایعات ماهی هستند.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹ مرداد ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۱ آبان ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۳۰ آذر ۱۴۰۴

*نویسنده مسئول:

دکتر سودابه کاوسی پور

نشانی: دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

پست الکترونیک: sodabe_k13@yahoo.com



Copyright © 2025 The Author[s].

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



کلیدواژه‌ها:

ضایعات ماهی، پپتون،
هیدرولیز اسیدی، هیدرولیز بازی،
هیدرولیز آنزیمی.

نتیجه‌گیری: هیدرولیز بازی و آنزیمی روش‌هایی کارآمد برای تولید پپتون باکیفیت از ضایعات ماهی به شمار می‌روند و می‌توانند به عنوان جایگزین‌هایی مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست در صنعت مورد استفاده قرار گیرند. این فرایند، علاوه بر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، می‌تواند به پایداری صنعت شیلات و ارتقای سلامت جامعه محلی کمک کند.



مقدمه:

صنعت جهانی آبی پروری و شیلات سالانه مقادیر قابل توجهی از ضایعات حاصل از فرآوری ماهی تولید می‌کند. این ضایعات عمدتاً شامل احشا، پوست، استخوان، سر، فلس و سایر محصولات جانبی هستند و با وجود برخورداری از مقادیر قابل توجهی پروتئین، پتید، اسیدهای آمینه و ترکیبات زیست فعال ارزشمند، اغلب به صورت بهینه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند [۱]. مدیریت نامناسب این مواد می‌تواند پیامدهای زیست محیطی و بهداشتی مهمی به همراه داشته باشد؛ از جمله آلودگی منابع آبی و خاکی، انتشار بوهای نامطبوع، افزایش بار آلی محیط، ایجاد کانون‌های تکثیر آفات و فراهم شدن شرایط مناسب برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، فساد سریع ضایعات ماهی به ویژه در مناطق گرم و مرطوب ساحلی، می‌تواند خطر انتقال عوامل پاتوژن و بیماری‌های مشترک انسان و حیوان را افزایش دهد و از این رو، تهدیدی جدی برای سلامت عمومی محسوب می‌شود [۲].

در این راستا، فرآوری و تبدیل ضایعات ماهی به محصولات با ارزش افزوده، راهکاری مؤثر برای کاهش اثرات زیست محیطی، ارتقای شاخص‌های بهداشت عمومی و استفاده پایدار از منابع پروتئینی دریایی به شمار می‌رود. یکی از رویکردهای نوید بخش در این زمینه، تولید پپتون از ضایعات ماهی است. پپتون‌ها نوعی هیدرولیزات پروتئینی نیمه هیدرولیز شده هستند که به دلیل دارا بودن پپتیدهای کوتاه، اسیدهای آمینه آزاد، ترکیبات نیتروژنی قابل جذب و برخی عوامل رشد، به طور گسترده در محیط‌های کشت میکروبیولوژیکی، فرآیندهای زیست فناوری، تولید آنزیم‌ها، آنتی بیوتیک‌ها، واکسن‌ها و محصولات تخمیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. پپتون‌های حاصل از منابع دریایی، به ویژه ضایعات ماهی، به دلیل مزایایی مانند دسترسی پذیری ماده اولیه، کاهش هزینه تولید، بهره‌برداری از پسماندهای زیستی و پایداری زیست محیطی، می‌توانند جایگزین مناسبی برای پپتون‌های تجاری متداول باشند که عمدتاً از کازئین، سویا یا عصاره گوشت تولید می‌شوند [۲].

تولید پپتون از منابع پروتئینی معمولاً از طریق هیدرولیز کنترل شده انجام می‌شود. روش‌های مختلف هیدرولیز شامل روش‌های شیمیایی، مانند هیدرولیز اسیدی و بازی، و روش‌های آنزیمی هستند. انتخاب روش هیدرولیز نقش تعیین کننده‌ای در بازده تولید، درجه هیدرولیز، ترکیب پتیدی، میزان آزاد سازی اسیدهای آمینه، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکرد زیستی محصول نهایی دارد [۳]. هیدرولیز اسیدی و بازی به دلیل سادگی، سرعت بالا و هزینه نسبتاً پایین، از نظر صنعتی قابل توجه هستند؛ با این حال، شرایط شدید واکنش در این روش‌ها ممکن است موجب تخریب برخی اسیدهای آمینه حساس، تشکیل ترکیبات نامطلوب یا کاهش کیفیت تغذیه‌ای محصول شود. در مقابل، هیدرولیز آنزیمی به دلیل اختصاصیت بالا، انجام واکنش در شرایط ملایم‌تر، کنترل بهتر بر وزن مولکولی پپتیدها و حفظ بهتر اسیدهای آمینه ضروری، از نظر کیفیت محصول نهایی برتری دارد؛ هرچند هزینه بالاتر آنزیم‌ها و ضرورت کنترل دقیق شرایط واکنش، از محدودیت‌های کاربرد صنعتی این روش محسوب می‌شود [۳].

علاوه بر نوع روش هیدرولیز، گونه ماهی مورد استفاده نیز یکی از عوامل کلیدی در کیفیت پپتون تولیدی است. تفاوت در ترکیب شیمیایی، ساختار پروتئین‌ها، میزان چربی، نوع بافت و الگوی اسیدهای آمینه در گونه‌های مختلف ماهی می‌تواند کارایی فرآیند هیدرولیز، درجه آزاد سازی پپتیدها و ویژگی‌های عملکردی محصول نهایی را به طور معناداری تحت تأثیر قرار دهد [۴، ۵]. بنابراین، بررسی گونه‌های بومی هر منطقه از نظر قابلیت تبدیل ضایعات آن‌ها به پپتون، می‌تواند نقش مهمی در تدوین پروتکل‌های کاربردی و اقتصادی برای بهره‌برداری از پسماندهای شیلاتی داشته باشد.

شهر بندرعباس به عنوان یکی از قطب‌های مهم صید، فرآوری و تجارت آبزیان در جنوب ایران، سالانه حجم قابل توجهی از ضایعات ماهی را تولید می‌کند. گونه‌هایی مانند ماهی هوور یا تن، ماهی حلوا سفید و گونه‌های مختلف سرخو از جمله ماهیان مهم و بومی این منطقه به شمار می‌روند که ضایعات حاصل از فرآوری آن‌ها می‌تواند منبعی



حداقل چهار واحد فرآوری صنعتی ماهی در استان هرمزگان جمع‌آوری شد. برای هر تکرار، مقدار دو کیلوگرم نمونه در نظر گرفته شد. نمونه‌ها بلافاصله پس از جمع‌آوری، با آب آشامیدنی سرد با دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد به طور کامل شست و شو داده شدند تا آلودگی‌های سطحی و باقی‌مانده‌های گوشتی حذف شوند. سپس نمونه‌های شسته شده در کیسه‌های پلی اتیلنی استریل بسته بندی و تا زمان انجام مراحل استخراج، در فریزر صنعتی در دمای -20 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

پیش از آغاز فرایند هیدرولیز، نمونه‌های منجمد به مدت ۱۲ ساعت در یخچال صنعتی با دمای 4 درجه سانتی‌گراد یخ زدایی شدند. سپس مواد زیستی با استفاده از آسیاب صنعتی، در شرایط کاملاً استریل و در دمای کنترل شده 4 درجه سانتی‌گراد، هموژن شدند تا بافتی یکنواخت با اندازه ذرات کمتر از 1 میلی متر حاصل شود. خمیر حاصل بلافاصله برای مراحل بعدی پردازش مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور استخراج چربی‌ها، نمونه‌های هموژن شده ضایعات ماهی با کلروفرم با نسبت حجمی $1:0.5$ (نمونه به کلروفرم) مخلوط شدند. مخلوط حاصل به مدت 30 دقیقه در دمای اتاق و تحت هم زدن مداوم با سرعت 150 دور در دقیقه قرار گرفت. پس از تکمیل فرایند استخراج، نمونه‌ها به مدت 30 دقیقه در دمای 20 درجه سانتی‌گراد و با نیروی گریز از مرکز $3000 \times g$ سانتریفیوژ شدند. فاز زیرین حاوی کلروفرم و لیپیدهای استخراج شده با دقت جداسازی و دفع گردید. پلت پروتئینی باقی مانده جمع‌آوری و در آون خشک‌کن در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت خشک شد. در نهایت، نمونه‌های خشک شده با استفاده از هاون چینی آسیاب شدند و پودر پروتئینی چربی زدایی شده برای مراحل بعدی هیدرولیز آماده گردید.

پودر پروتئینی چربی زدایی شده با نسبت وزنی/حجمی $1:2$ (w/v) در آب مقطر به صورت سوسپانسیون یکنواخت درآمد. سپس pH سوسپانسیون با افزودن اسید هیدروکلریک 1 نرمال (HCl 1N) تا رسیدن به pH حدود 2 تنظیم شد. فرایند هیدرولیز در دمای 100 درجه سانتی‌گراد به مدت 4

ارزشمند برای تولید ترکیبات پروتئینی کاربردی باشد. با وجود اهمیت اقتصادی و زیستی این گونه‌ها، مطالعات محدودی درباره تولید پپتون از ضایعات ماهیان بومی خلیج فارس، به ویژه در منطقه بندرعباس، انجام شده است. از این رو، توسعه روش‌های بومی و بهینه برای تبدیل این ضایعات به پپتون می‌تواند ضمن کاهش وابستگی به پپتون‌های وارداتی، به کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، افزایش ارزش افزوده در زنجیره شیلات و توسعه پایدار صنایع زیستی و غذایی منطقه کمک کند.

کیفیت پپتون‌های تولیدی معمولاً علاوه بر شاخص‌های شیمیایی مانند غلظت پروتئین، درجه هیدرولیز و ترکیب اسیدهای آمینه، از نظر عملکرد زیستی نیز ارزیابی می‌شود. یکی از معیارهای رایج برای سنجش کیفیت تغذیه‌ای پپتون، بررسی توانایی آن در حمایت از رشد میکروارگانیسم‌های شاخص است. در این زمینه، *Escherichia Coli* به دلیل رشد سریع، نیازهای تغذیه‌ای مشخص و کاربرد گسترده در مطالعات میکروبیولوژی و زیست فناوری، به عنوان یکی از مدل‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد پپتون در محیط کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶]. مقایسه رشد این باکتری در محیط‌های حاوی پپتون تولیدی با پپتون‌های تجاری می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره قابلیت کاربرد صنعتی محصول فراهم سازد.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف تولید و ارزیابی پپتون از ضایعات ماهیان بومی بندرعباس انجام شد. تمرکز این مطالعه بر گونه‌های بومی خلیج فارس و مقایسه نظام مند روش‌های مختلف هیدرولیز، می‌تواند مبنای علمی برای توسعه پروتکل‌های بومی تولید پپتون فراهم کند و گامی مؤثر در جهت استفاده پایدار از ضایعات شیلاتی، کاهش اثرات زیست محیطی و تقویت اقتصاد زیستی در مناطق ساحلی کشور باشد.

مواد و روش‌ها:

ضایعات ماهی شامل احشا، پوست و بافت‌های عضلانی از گونه‌های تجاری غالب منطقه بندرعباس، شامل ماهی هوور یا تن، ماهی حلوا سفید و گونه‌های مختلف سرخو، از



ساعت و تحت شرایط رفلاکس انجام شد.

پس از پایان زمان هیدرولیز، محلول تا دمای محیط خنک شد و با استفاده از هیدروکسید سدیم ۱ نرمال (NaOH 1N) تا pH خنثی تیتر گردید [۷]. در مرحله بعد، مواد نامحلول با استفاده از فیلتراسیون تحت خلأ و کاغذ صافی Whatman No.1 جدا شدند. محلول فیلترشده ابتدا با استفاده از دستگاه تبخیرکننده چرخان در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا حدود ۳۰ درصد حجم اولیه تغلیظ شد و سپس با استفاده از دستگاه فریزدرایر خشک گردید تا پودر پپتون حاصل از هیدرولیز اسیدی با رطوبت کمتر از ۵ درصد به دست آید.

پودر پروتئینی چربی زدایی شده با نسبت وزنی/حجمی ۱:۲ (w/v) در آب مقطر دیونیزه سوسپانسیون شد. pH سوسپانسیون با استفاده از هیدروکسید سدیم ۱ نرمال تا 11 ± 0.1 تنظیم گردید [۸]. فرایند هیدرولیز در دمای 100 ± 1 درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت و تحت شرایط رفلاکس انجام شد.

پس از پایان هیدرولیز، محلول حاصل تا دمای محیط خنک شد و سپس با اسید هیدروکلریک ۱ نرمال تا pH خنثی تیتر گردید [۷]. در مرحله بعد، هیدرولیزات از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد. محلول فیلتر شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و تحت شرایط خلأ تا رسیدن به غلظت نهایی ۲۰ درصد (w/v) تغلیظ گردید [۸]. در نهایت، نمونه تغلیظ شده به روش فریزدرایر خشک شد تا پودر پپتون حاصل از هیدرولیز بازی به دست آید.

ابتدا سوسپانسیون پروتئینی با نسبت وزنی/حجمی ۱:۲ (w/v) از پودر پروتئینی چربی زدایی شده در آب مقطر تهیه شد. به منظور غیرفعال سازی آنزیم‌های اندوژن، سوسپانسیون در حمام آب با دمای 85 ± 1 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شد. سپس نمونه‌ها تا دمای بهینه فعالیت آنزیمی خنک شدند و فرایند هیدرولیز آغاز گردید.

آنزیم آلکالاز در شرایط بهینه pH برابر ۸/۵ و دمای ۵۵

درجه سانتی‌گراد و آنزیم تریپسین در شرایط بهینه pH برابر ۷ و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. آنزیم‌ها به صورت جداگانه و با نسبت آنزیم به سوبسترا ۱/۵ درصد (w/w)، براساس وزن پروتئین سوبسترا، افزوده شدند. هیدرولیز در انکوباتور شیکردار با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و به مدت ۴ ساعت انجام شد. برای غیرفعال سازی آنزیم‌ها، نمونه‌ها در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت داده شدند [۴، ۱۲].

در مرحله بعد، هیدرولیزات‌ها در سانتریفیوژ یخچال دار با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و نیروی گریز از مرکز $6700 \times g$ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سوپرناتانت‌های حاصل در شرایط خلأ و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و سپس با فریزدرایر خشک شدند.

تعیین غلظت پروتئین و درجه هیدرولیز

غلظت پروتئین کل با روش رنگ سنجی بیورت تعیین شد. از آلبومین سرم گاوی (BSA) در دامنه غلظتی ۰/۱ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به عنوان استاندارد استفاده گردید. جذب نوری در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

برای تعیین درجه هیدرولیز (DH)، نمونه‌ها با محلول TCA ده درصد به نسبت حجمی مساوی مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و نیروی $10000 \times g$ سانتریفیوژ شدند. جذب سوپرناتانت در طول موج ۲۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۲]. تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار مستقل انجام شد.

سویه استاندارد Escherichia coli ATCC25922 در محیط مایع (LB) کشت داده شد. پپتون تجاری به طور کامل با پپتون‌های تولیدی جایگزین گردید. رشد در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. چگالی نوری در طول موج ۶۰۰ نانومتر هر ۲ ساعت اندازه‌گیری گردید. محیط حاوی پپتون تجاری (مرک، آلمان) به عنوان کنترل مثبت در نظر گرفته شد.



آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مستقل انجام شدند. داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن (آزمون کولموگروف- اسمیرنوف) و همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین)، با تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تحلیل شدند. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد.

یافته‌ها:

در این پژوهش، تولید پپتون از ضایعات ماهی با استفاده

از روش‌های هیدرولیز اسیدی، قلیایی و آنزیمی مورد بررسی قرار گرفت و مشخصات پروتئینی و میزان کارایی آنها در رشد باکتری *Escherichia Coli* ارزیابی شد.

براساس نتایج جدول ۱، هیدرولیز اسیدی بالاترین درجه هیدرولیز را در میان روش‌ها داشت، اما غلظت پروتئین آن نسبتاً پایین‌تر بود. در مقابل، هیدرولیز قلیایی با درجه هیدرولیز کمتر غلظت پروتئین بیشتری تولید کرد. هیدرولیز آنزیمی نیز با افزایش زمان تا ۲۴ ساعت به غلظت پروتئین بسیار بالایی دست یافت که نشان‌دهنده کارایی بالای این روش است. این نتایج نشان می‌دهد که هر سه روش برای تولید پپتون قابل استفاده‌اند، اما روش هیدرولیز تأثیر مستقیمی بر ترکیب کمی و کیفیت عملکردی پپتون دارد.

جدول ۱: نتایج هیدرولیز اسیدی، قلیایی و آنزیمی					
هیدرولیز اسیدی		هیدرولیز قلیایی		هیدرولیز آنزیمی	
درجه هیدرولیز (درصد)	پروتئین (mg/ml)	درجه هیدرولیز (درصد)	پروتئین (mg/ml)	درجه هیدرولیز (درصد)	پروتئین (mg/ml)
۱/۲±۱۶/۲	۱/۲±۳۰	۲±۱۱/۲	۱/۸±۲۳	۲±۲۰	۱/۵±۳۳

نتایج کمی سنجش پروتئین در روش‌های مختلف هیدرولیز در جدول ۲ ارائه شده است. براساس داده‌های حاصل، هیدرولیز قلیایی در مقایسه با روش اسیدی از کارایی بالاتری برخوردار بود. جالب توجه اینکه هر دو روش شیمیایی دارای محتوای پروتئینی یکسان در ماده خام بودند.

در مقایسه با روش‌های شیمیایی، هیدرولیز آنزیمی با برتری قابل ملاحظه‌ای همراه بود و به ترتیب 90 ± 2 درصد پروتئین هیدرولیز شده و $36 \pm 0/5$ درصد پروتئین در ماده خام را به نمایش گذاشت. این نتایج حاکی از برتری روش آنزیمی در استخراج و بازیابی پروتئین از ضایعات ماهی می‌باشد.

جدول ۲: نتایج میزان پروتئین و ماده خام پروتئین هیدرولیز شده به روش‌های اسیدی، قلیایی و آنزیمی					
هیدرولیز قلیایی		هیدرولیز اسیدی		هیدرولیز آنزیمی	
پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام	پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام	پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام
۸۰±۱	۲۰±۰/۵	۷۸±۰/۹	۲۰±۰/۵	۹۰±۲	۳۶±۰/۵

داده‌های جدول ۳ مربوط به میزان پروتئین هیدرولیز شده و پروتئین ماده خام به روش آنزیمی در زمان‌های مختلف (۵، ۱۰ و ۲۴ ساعت) است. براساس این داده‌ها، با افزایش زمان هیدرولیز از ۵ به ۱۰ ساعت، غلظت پروتئین هیدرولیز شده افزایش یافت که در زمان ۲۴ ساعت نیز مقدار مشابهی حفظ شد. میزان پروتئین ماده خام نیز طی

این مدت افزایش پیوسته‌ای داشت. این نتایج بیانگر تأثیر مثبت افزایش زمان هیدرولیز آنزیمی بر استخراج پروتئین و بهبود کیفیت پپتون تولید شده است.

در مجموع، داده‌های جداول نشان می‌دهد که هیدرولیز آنزیمی به عنوان اثربخش‌ترین روش با بیشترین درصد



جدول ۳: نتایج میزان پروتئین و ماده خام پروتئین هیدرولیز شده به روش آنزیمی در زمان‌های مختلف

هیدرولیز به مدت ۵ ساعت		هیدرولیز به مدت ۱۰ ساعت		هیدرولیز به مدت ۲۴ ساعت	
پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام	پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام	پروتئین هیدرولیز	پروتئین ماده خام
۸۰±۲	۲۲±۰/۵	۹۰±۰/۹	۳۰±۰/۵	۹۰±۲	۳۶±۰/۵

پروتئین هیدرولیز شده و ماده خام، توانایی قابل توجهی در تولید پپتون‌های با کیفیت بالا دارد. هیدرولیز بازی با وجود درصد هیدرولیز کمتر، به دلیل حفظ بهتر پروتئین، گزینه مناسبی برای برخی کاربردها است و هیدرولیز اسیدی هرچند درجه هیدرولیز بالاتری دارد، در تولید پروتئین هیدرولیز شده و غلظت کلی پروتئین عملکرد کمتری نسبت به سایر روش‌ها دارد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که رشد E.coli در محیط‌های کشت حاوی پپتون‌های تولیدی از روش‌های مختلف هیدرولیز، تفاوت‌های قابل توجهی دارد. نتایج این ارزیابی‌ها در جدول ۴ و شکل ۲ نشان داده شده است.

آنالیز نتایج نشان داد که پپتون آنزیمی و پپتون تجاری عملکردی کاملاً مشابه در حمایت از رشد باکتری دارند، به طوری که اختلاف معنی داری بین میزان جذب نوری (OD) این دو محیط مشاهده نشد ($P > 0.05$). محیط حاوی پپتون قلیایی نیز نتایج قابل قبولی ارائه کرد و از نظر آماری تفاوت محسوسی با محیط تجاری نداشت. در مقابل، محیط تهیه شده با پپتون اسیدی عملکرد ضعیف تری داشت. در این محیط، میزان جذب نوری به طور قابل توجهی کمتر از سایر گروه‌ها بود ($P < 0.05$) که نشان‌دهنده رشد محدود باکتری در این شرایط است.

یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که پپتون‌های تولیدی به روش آنزیمی و قلیایی می‌توانند جایگزین مناسبی برای پپتون‌های تجاری در محیط‌های کشت میکروبی باشند، در حالی که پپتون اسیدی به دلیل محدودیت‌های ذکر شده کارایی کمتری دارد.

مقایسه ویژگی‌های فیزیکی پپتون‌های تولیدی با نمونه تجاری نشان‌دهنده تفاوت‌های محسوس در رنگ و بافت بود

(شکل ۳). پپتون حاصل از ضایعات ماهی بندرعباس که در شکل ۳ الف نمایش داده شده، دارای رنگ تیره تر و بافت نامتراکم تری نسبت به پپتون تجاری بود. این تفاوت‌های ظاهری عمدتاً ناشی از منشأ متفاوت ماده اولیه و شرایط فرآوری خاص هر روش می‌باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو روش هیدرولیز اسیدی و قلیایی قابلیت تولید پپتون از ضایعات ماهی را دارا هستند، اگرچه محصول نهایی نیاز به بهینه سازی بیشتری دارد. هیدرولیز اسیدی با تولید پپتیدهای با وزن مولکولی پایین تر و درجه هیدرولیز بالاتر همراه بود که می‌تواند منجر به خواص تغذیه ای متفاوتی گردد. از سوی دیگر، پپتون حاصل از هیدرولیز قلیایی به دلیل غنی بودن از نیترژن و مواد معدنی، برای کاربردهای میکروبیولوژیکی مناسب تر تشخیص داده شد.

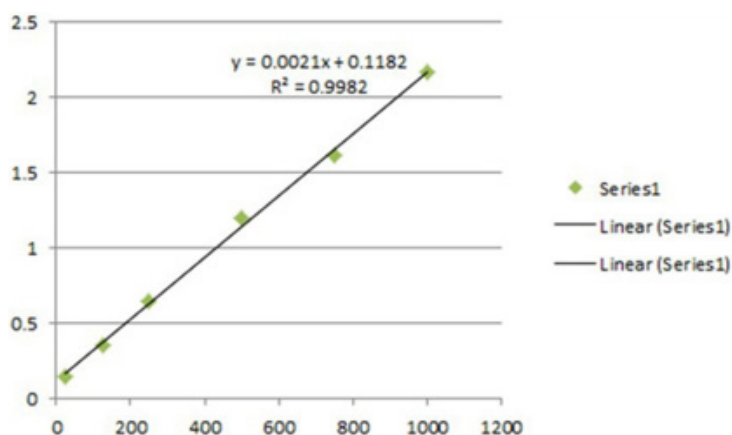
داده‌های حاصل از آزمون رشد میکروبی (جدول ۴ و شکل ۲) به وضوح نشان داد که پپتون‌های تولیدی به روش آنزیمی و قلیایی از نظر توانایی حمایت از رشد E.coli عملکردی مشابه با پپتون تجاری دارند. این در حالی است که پپتون اسیدی نیاز به اصلاحات بیشتری در فرآیند تولید دارد تا به سطح مطلوب کارایی برسد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند نقش راهنمای ارزشمندی در بهینه سازی فرآیند تولید پپتون از ضایعات ماهی ایفا نماید.

بحث و نتیجه‌گیری:

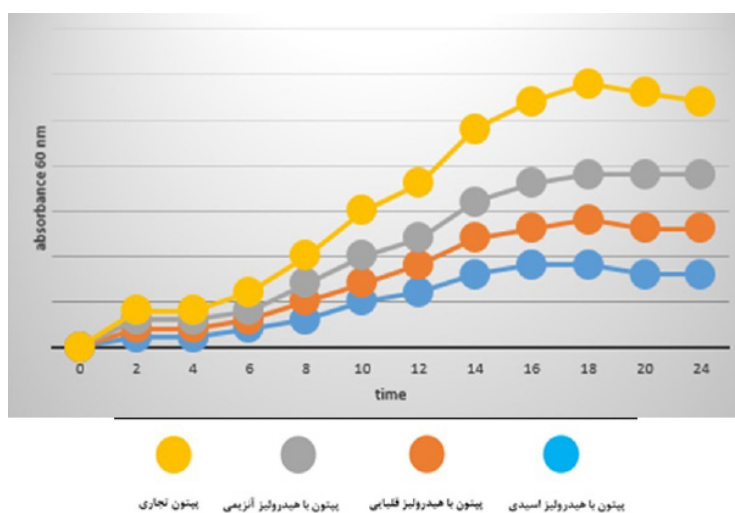
نتایج این مطالعه نشان داد که ضایعات ماهیان بومی بندرعباس می‌توانند به عنوان منبعی مناسب برای تولید پپتون مورد استفاده قرار گیرند. بکارگیری سه روش هیدرولیز اسیدی، قلیایی و آنزیمی منجر به تولید هیدرولیزات‌هایی با ویژگی‌های بیوشیمیایی متفاوت شد که از نظر درجه

جدول ۴: نتایج جذب نوری *Escherichia Coli* در محیط کشت حاوی پپتون هیدرولیز اسیدی و بازی و مقایسه با محیط کشت تجاری

تجاری	هیدرولیز آنزیمی	هیدرولیز قلیایی	هیدرولیز اسیدی
۱	۰/۹	۰/۷	۰/۶



شکل ۱: منحنی استاندارد جهت تعیین غلظت پروتئین



شکل ۲: جذب نوری باکتری *Escherichia Coli* رشد یافته در محیط‌های LB حاصل از پپتون‌های مختلف



شکل ۳: الف) پپتون حاصل از ضایعات ماهی بندرعباس
ب) پپتون تجاری



پپتیدهای با طول متوسط، در مقایسه با اسیدهای آمینه آزاد، اغلب قابلیت جذب و استفاده بهتری توسط باکتری‌ها دارند [۱۰]. همچنین، حضور یون‌های معدنی حاصل از معرف‌های قلیایی، از جمله یون‌های سدیم و پتاسیم، ممکن است در کنار ترکیبات نیتروژنی، به بهبود رشد میکرو ارگانیسم‌ها کمک کند [۹]. با این حال، برای تأیید نقش دقیق این ترکیبات معدنی، انجام آنالیزهای تکمیلی ضروری است.

هیدرولیز آنزیمی نیز به تولید پپتون‌هایی با غلظت پروتئین بالا و کیفیت تغذیه‌ای مناسب منجر شد. این ویژگی را می‌توان به عملکرد اختصاصی آنزیم‌های پروتئولیتیک، از جمله آلکالاز و تریپسین، در شکستن کنترل شده پیوندهای پپتیدی نسبت داد. برخلاف هیدرولیز شیمیایی، روش آنزیمی معمولاً در شرایط ملایم تری انجام می‌شود و به همین دلیل احتمال تخریب اسیدهای آمینه حساس و تشکیل محصولات جانبی نامطلوب در آن کمتر است [۹]. بنابراین، این روش می‌تواند در تولید پپتون‌های عملکردی با قابلیت کاربرد در محیط‌های کشت میکروبی، گزینه‌ای مناسب محسوب شود.

ارزیابی رشد میکروبی با استفاده از باکتری *Escherichia Coli* نشان داد که پپتون‌های حاصل از هیدرولیز قلیایی و آنزیمی توانستند رشد باکتری را در حدی قابل مقایسه با پپتون تجاری حمایت کنند. در مقابل، پپتون حاصل از هیدرولیز اسیدی عملکرد ضعیف تری نشان داد. این نتیجه تأیید می‌کند که کارایی تغذیه‌ای پپتون صرفاً به مقدار پروتئین یا درجه هیدرولیز وابسته نیست، بلکه عواملی مانند اندازه پپتیدها، ترکیب اسیدهای آمینه، قابلیت جذب زیستی و احتمال حضور ترکیبات بازدارنده نیز در عملکرد نهایی آن نقش دارند [۱۰]. بر این اساس، پپتون‌هایی که حاوی ترکیبی متعادل از پپتیدهای کوتاه و متوسط هستند، احتمالاً توانایی بیشتری در حمایت از رشد میکروبی دارند.

از منظر کاربردی و صنعتی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ضایعات ماهی در منطقه بندرعباس می‌توانند به عنوان ماده اولیه‌ای ارزشمند برای تولید پپتون مورد توجه

هیدرولیز، غلظت پروتئین و توانایی حمایت از رشد میکروبی با یکدیگر تفاوت داشتند. این یافته بیانگر آن است که نوع روش هیدرولیز یکی از عوامل تعیین‌کننده در کیفیت نهایی پپتون تولیدی از منابع شیلاتی است.

براساس نتایج به دست آمده، هیدرولیز اسیدی بیشترین درجه هیدرولیز را نشان داد که با گزارش‌های پیشین همخوانی دارد [۱۳]. این امر را می‌توان به اثر شدید محیط اسیدی و دمای بالا در شکستن پیوندهای پپتیدی و تولید پپتیدهای کوتاه زنجیر و اسیدهای آمینه آزاد نسبت داد. با وجود این، هیدرولیزات‌های اسیدی کمترین غلظت پروتئین را در میان تیمارهای مورد بررسی داشتند. کاهش غلظت پروتئین در این تیمار احتمالاً ناشی از تخریب بخشی از ترکیبات پروتئینی حساس، افزایش بیش از حد اسیدهای آمینه آزاد، تغییرات ساختاری ناشی از شرایط شدید فرایند و احتمال تشکیل محصولات جانبی نامطلوب است [۸]. بنابراین، اگرچه هیدرولیز اسیدی می‌تواند درجه هیدرولیز را افزایش دهد، اما لزوماً به تولید پپتونی با کیفیت تغذیه‌ای مطلوب برای کاربردهای میکروبی منجر نمی‌شود.

این نتایج با دیدگاه لی‌چان همسو است که نشان می‌دهد هیدرولیز شدید پروتئین‌ها، به ویژه در شرایط اسیدی و حرارتی، ممکن است با تخریب ترکیبات حساس و کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول همراه باشد [۳]. در محیط‌های کشت میکروبی، وجود پپتیدهایی با طول زنجیره مناسب اهمیت زیادی دارد؛ زیرا بسیاری از میکرو ارگانیسم‌ها از پپتیدهای کوتاه و متوسط به عنوان منابع مؤثر نیتروژن استفاده می‌کنند. از این رو، تجزیه بیش از حد پروتئین‌ها به واحدهای بسیار کوچک یا تشکیل ترکیبات بازدارنده می‌تواند کارایی تغذیه‌ای هیدرولیزات را کاهش دهد.

در مقابل، هیدرولیز قلیایی با درجه هیدرولیز متوسط و محتوای پروتئینی بالاتر همراه بود. این الگو می‌تواند نشان دهنده حفظ نسبی ساختارهای پپتیدی با طول متوسط و باقی ماندن بخشی از پروتئین‌های ناقص هیدرولیز شده باشد [۹]. از نظر کاربردی، چنین ترکیبی می‌تواند برای تأمین نیتروژن در محیط‌های کشت میکروبی مطلوب باشد؛ زیرا

قرار گیرند. این موضوع از چند جنبه حائز اهمیت است. نخست آنکه پپتون‌های تجاری معمولاً قیمت بالایی دارند و اغلب از منابع کازئینی یا گوشتی تولید می‌شوند؛ بنابراین، تولید پپتون از ضایعات ماهی می‌تواند جایگزینی اقتصادی و بومی برای بخشی از نیاز آزمایشگاه‌ها و صنایع زیستی فراهم کند. دوم آنکه استفاده از ضایعات شیلاتی موجب کاهش حجم پسماندهای آلی، کاهش بار آلودگی زیست محیطی و افزایش ارزش افزوده محصولات جانبی صنایع ماهی می‌شود [۱۱، ۱۲]. این رویکرد با اصول اقتصاد چرخشی و توسعه پایدار همخوانی دارد و می‌تواند زمینه ساز توسعه صنایع تبدیلی در مناطق ساحلی کشور باشد.

با وجود نتایج مطلوب، توسعه صنعتی این فرآیند نیازمند بررسی‌های تکمیلی است. هیدرولیز آنزیمی اگرچه از نظر کیفیت محصول مزایای قابل توجهی دارد، اما هزینه تأمین آنزیم‌ها و نیاز به کنترل دقیق شرایط فرایندی می‌تواند مقیاس پذیری اقتصادی آن را محدود کند. از سوی دیگر، روش‌های شیمیایی مانند هیدرولیز اسیدی و قلیایی از نظر هزینه و سهولت اجرا مزیت دارند، اما لازم است شرایط فرایندی آن‌ها به گونه ای بهینه سازی شود که ضمن حفظ بازده تولید، کیفیت تغذیه ای پپتون افزایش یافته و تشکیل محصولات جانبی نامطلوب به حداقل برسد.

همچنین، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ارزیابی کیفیت پپتون تولیدی نباید تنها بر پایه یک شاخص، مانند درجه هیدرولیز یا غلظت پروتئین، انجام شود. ترکیب هم زمان شاخص‌های بیوشیمیایی و آزمون‌های عملکردی، مانند سنجش رشد میکروبی، می‌تواند تصویر دقیق تری از قابلیت کاربرد پپتون در محیط‌های کشت ارائه دهد. از این نظر، عملکرد مطلوب پپتون‌های قلیایی و آنزیمی در حمایت از رشد *E. coli* نشان می‌دهد که این دو روش ظرفیت بیشتری برای تولید پپتون قابل استفاده در کاربردهای میکروبیولوژیکی دارند.

نتیجه گیری:

براساس یافته‌های این پژوهش، ضایعات ماهیان بومی

بندرعباس قابلیت مناسبی برای تولید پپتون دارند و می‌توانند به عنوان منبعی بومی، ارزان قیمت و در دسترس برای تأمین ترکیبات نیتروژنی مورد استفاده در محیط‌های کشت میکروبی مطرح شوند. مقایسه روش‌های مختلف هیدرولیز نشان داد که نوع فرایند هیدرولیز اثر قابل توجهی بر ویژگی‌های نهایی پپتون، از جمله درجه هیدرولیز، غلظت پروتئین و توانایی حمایت از رشد میکروبی دارد. در میان روش‌های مورد بررسی، هیدرولیز اسیدی اگرچه بیشترین درجه هیدرولیز را ایجاد کرد، اما به دلیل کاهش غلظت پروتئین و عملکرد ضعیف‌تر در حمایت از رشد *Escherichia coli*، گزینه مطلوبی برای تولید پپتون با کیفیت تغذیه‌ای بالا محسوب نمی‌شود. در مقابل، پپتون‌های حاصل از هیدرولیز قلیایی و آنزیمی از نظر غلظت پروتئین و توانایی حمایت از رشد میکروبی عملکرد مناسب‌تری نشان دادند و رشدی قابل مقایسه با پپتون تجاری ایجاد کردند. بنابراین، هیدرولیز قلیایی و آنزیمی را می‌توان روش‌هایی مناسب‌تر برای تولید پپتون از ضایعات ماهیان بومی بندرعباس دانست؛ هرچند انتخاب روش بهینه باید با توجه به کیفیت مورد انتظار محصول، هزینه تولید، سهولت اجرا و قابلیت توسعه در مقیاس صنعتی انجام گیرد. در مجموع، تبدیل ضایعات ماهی به پپتون می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش پسماندهای شیلاتی، افزایش ارزش افزوده محصولات جانبی آبزیان و تولید ماده‌ای کاربردی در صنایع زیستی و میکروبیولوژی باشد و با اصول توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی همخوانی دارد.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این مطالعه دارای تاییدیه اخلاقی به شماره IR.HUMS.REC.1401.245 از دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان است.

حامی مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان و تحت شماره طرح (۴۰۱۰۳۲۵) انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

خدیجه احمدی: مسئولیت نگارش پیش‌نویس اولیه



پژوهش، بازبینی انتقادی محتوای علمی و تأیید نسخه نهایی؛ سودابه کاوسی‌پور: مشارکت در طراحی مطالعه، گردآوری نظام‌مند داده‌ها، انجام تحلیل‌های آماری و تفسیر یافته‌های پژوهشی؛ مهدی برازش: اجرای عملی آزمایش‌ها براساس پروتکل‌های تعیین‌شده و مشارکت در ویرایش علمی محتوا؛ شیوا محمدی: همکاری در انجام آزمایش‌های کلیدی و مشارکت در فرآیند ویرایش نهایی مقاله.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تعارض منافع مالی یا غیرمالی مرتبط با این پژوهش وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت و همکاری ارزشمند همکاران و سازمان‌های مختلف به انجام رسید. در این راستا، صمیمانه از خانم احمدی به خاطر همکاری در تهیه ماهی‌های مورد نیاز برای مطالعه قدردانی می‌کنیم. همچنین از اداره محترم دامپزشکی استان هرمزگان به خاطر ارائه امکانات، راهنمایی‌های تخصصی و پشتیبانی همه‌جانبه در مراحل مختلف این پژوهش، صمیمانه تشکر می‌کنیم. این همکاری‌های سازنده نقش بسزایی در پیشبرد اهداف علمی این مطالعه داشت.



References

1. Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries Department. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018. [Link](#)
2. Russo GL, Langellotti AL, Torrieri E, Masi P. Emerging technologies in seafood processing: An overview of innovations reshaping the aquatic food industry. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2024; 23(1):e13281. DOI: [10.1111/1541-4337.13281](#) PMID: [38284572](#)
3. Li-Chan EC. Bioactive peptides and protein hydrolysates: Research trends and challenges for application as nutraceuticals and functional food ingredients. *Current Opinion in Food Science*. 2015; 1:28-37. DOI: [10.1016/j.cofs.2014.09.005](#)
4. Robalo SS, Silva LP, Menezes CR, Barin JS, Campagnol PC, Cichoski AJ. Enzymatic hydrolysates of fish by-products: Technological advantages and bioactive properties. *Ciênc Rural*. 2024; 54(8):e20230523. DOI: [10.1590/0103-8478cr20230523](#)
5. Setijawati D, Jaziri AA, Yufidasari HS, Wardani DW, Pratomo MD, Ersyah D, et al. Characteristics of peptone from the mackerel, *Scomber japonicus* head by-product as bacterial growth media. *Biosci Biotech Res Comm*. 2019; 12(4):829-36. DOI: [10.21786/bbrc/12.4/1](#)
6. Setijawati D, Jaziri AA, Yufidasari HS, Pratomo MD, Wardani DW, Ersyah D, et al. Characteristics and use of peptones from catfish (*Clarias gariepinus*) and pangas catfish (*Pangasius pangasius*) heads as bacterial growth media. *Squalen Bull Mar Fish Postharvest Biotech*. 2020; 15(1):19-29. DOI: [10.15578/squalen.v15i1.437](#)
7. Priatni S, Kosasih W, Budiwati TA, Ratnaningrum D. Production of peptone from boso fish (*Oxyeleotris marmorata*) for bacterial growth medium. *InOP Conference Series: Earth Environ Sci*. 2017; 60(1):021009. IOP Publishing. DOI: [10.1088/1755-1315/60/1/012009](#)
8. Mustăţea G, Ungureanu EL, Iorga E. Protein acidic hydrolysis for amino acids analysis in food-progress over time: A short review. 2019. [Link](#)
9. Arumugam C, Suliman NA. A review on the application of fish waste-derived peptone in microbial growth medium and its extraction methods. *AJLS*. 2021; 1(2):5-8. [Link](#)
10. Ben Rebah F, Miled N. Fish processing wastes for microbial enzyme production: A review. *3 Biotech*. 2013; 3(4):255-65. DOI: [10.1007/s13205-012-0099-8](#) PMID: [28324586](#)
11. Ishak NH, Sarbon NM. A review of protein hydrolysates and bioactive peptides deriving from wastes generated by fish processing. *Food Bioprocess Technol*. 2018; 11(1):2-16. DOI: [10.1007/s11947-017-1940-1](#)
12. Araujo J, Sica P, Costa C, Márquez MC. Enzymatic hydrolysis of fish waste as an alternative to produce high value-added products. *Waste Biomass Valor*. 2021; 12(2):847-55. DOI: [10.1007/s12649-020-01029-x](#)
13. Ziyaei K, Hosseini SV. The review of hydrolyzed protein from fishery by-product: Production methods, application, Biological Properties. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 2021; 18(111):383-95. DOI: [10.52547/fsct.18.111.383](#)