تولید پروتئین هیدرولیز شده از پسماندهای فرآوری آبزیان

مهدی آل‌بوفتیله[1] و سمیرا جدی[2]*

[1] استادیار مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

[2] کارشناس بیوشیمی مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

چکیده

آبزیان منبع بسیار ارزشمند مواد مغذی، ترکیبات زیست فعال و کارکردی به شمار آمده و پتانسیل بالایی جهت تامین نیازهای تغذیه‌ای انسان دارا می‌باشند. انجام عملیات فرآوری آبزیان باعث تولید حجم بالایی از زائدات یا پسماندها می‌گردد. در گذشته این پسماندها در محیط ریخته شده و باعث آلودگی‌های زیست محیطی می‌شدند. در حال حاضر از این بخش استفاده بهینه‌ای نشده و برای تولید محصولات با ارزش افزوده پایین نظیر آرد ماهی استفاده می‌شود. از آنجاییکه تحقیقات ثابت کرده است که پسماندهای آبزیان غنی از پروتئین‌ها، چربی‌ها، رنگدانه‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌های مختلف هستند، لذا استفاده بهینه از آنها امری ضروری و منطقی می‌باشد. در این راستا، استخراج ترکیبات با ارزش افزوده بالاتر نظیر پروتئین هیدرولیز شده می‌تواند بسیار سودبخش و ثمربخش باشد. پروتئین هیدرولیز شده با وجود ویژگی‌های زیست فعالی و عملکردی خود می‌تواند در صنایع مختلف غذایی، مکمل‌های غذا-داروئی، فرآورده‌های آرایشی-بهداشتی، غذای دام، طیور، آبزیان، غذای حیوانات خانگی و کودهای زیستی بعنوان جزء فعال مورد استفاده قرار گیرد. برای تهیه پروتئین هیدرولیز شده می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. از بین این روش‌ها، روش آنزیمی فرآیندی نسبتاً ساده، موثر و کارا می‌باشد که مانع از تخریب پروتئین‌ها در اثر واکنش‌های مشابه، گشته و در نهایت فرآورده‌ای با ویژگی‌های تغذیه‌ای، زیست فعالی و عملکردی بهتری تولید خواهد کرد. دستورالعمل حاضر مروری بر مراحل مختلف تولید پروتئین هیدرولیز شده به روش آنزیمی در مقیاس آزمایشگاهی، فرآیند بکارگیری، مزایا و اثربخشی آن می‌باشد.

واژگان کلیدی: آبزیان، پروتئین هیدرولیز شده، پسماندهای آبزیان، فرآوری، کاهش زائدات، هیدرولیز آنزیمی

* نگارندهٔ مسئول: alboofetileh@areeo.ac.ir

بیان مسئله

آماده‌سازی اولیه آبزیان و همچنین فرآوری آنها منجر به تولید حجم بالایی از پسماندها/ زائدات می‌شود. به پسماندهای حاصل از فرآوری آبزیان، فرآورده‌های جانبی[1] می‌گویند. حجم تولید این فرآورده‌ها ممکن است در برخی از گونه‌های آبزی تا ۷۰ درصد وزن اولیه آنها باشد (اولسن[2] و همکاران، ٢٠١٤). فرآورده‌های جانبی آبزیان شامل پوست/ پوسته، سر، فلس، استخوان‌ها، گوشت تیره، دم، باله‌ها، امعاء و احشا، است. فرآورده‌های جانبی آبزیان اغلب در تولید آرد ماهی استفاده شده و به قیمت ناچیز به فروش می‌رسند (جلیلی، ۱۳۹۹؛ شرافت و همکاران، ۱۳۹۲). این در حالی است که بسیاری از ترکیبات ارزشمند با کاربردهای غذایی، دارویی، آرایشی- بهداشتی و صنعتی (کیتوزان، کلاژن/ ژلاتین) در این پسماندها وجود دارد. همچنین پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، چربی‌ها، رنگدانه‌ها، هیالورونیک اسید، مواد معدنی و ویتامین‌ها در مقادیر قابل توجه در اندام‌ها و قسمت‌های مختلف دورریز آبزیان یافت می‌شوند (کیم و مندیس، ٢٠٠٦). پروتئین هیدرولیز شده یکی از محصولاتی است که می‌تواند از فرآورده‌های جانبی آبزیان تولید شود. تاکنون از روش‌های مختلفی همچون خودهضمی، شیمیایی با اسید و باز، فیزیکی، تخمیر میکروبی، آنزیمی برای تهیه پروتئین هیدرولیز شده از پسماندهای فرآوری آبزیان استفاده شده است (کومار آنال[3] و همکاران، ۲۰۱۳). پروتئین هیدرولیز شده دارای ویژگی‌های زیست‌فعالی و عملکردی متعددی بوده و بر این اساس پتانسیل کاربرد در صنایع مختلف را دارا می‌باشد (هی[4] و همکاران ، ۲۰۱۳). ارزش بازار جهانی پروتئین هیدرولیز شده ماهی در سال ۲۰۱۹، بالغ بر ٤٢٠ میلیون دلار بوده که با نرخ رشد ٤/٥ درصد، این میزان در سال ٢٠٢٦ از ٥٧٠ میلیون دلار فراتر خواهد رفت (گلوبال مارکت اینسایت[5]، ۲۰۱۹). در حال حاضر، در کشور پروتئین هیدرولیز شده در مقیاس آزمایشگاهی و همچنین به صورت محدود در شرکت‌های تولید کود ماهی (با استفاده از روش شیمیایی) برای مصارف کشاورزی و همچنین برخی شرکت‌های دانش بنیان فعال در حوزه تهیه غذای دام، طیور و آبزیان تولید می‌شود. تجاری‌سازی و تولید انبوه این فرآورده در کشور با مشکلات و موانعی همراه است. ا این موانع شامل عدم شناخت کاخانه‌داران و بهره‌برداران از ماهیت و ویژگی‌های مختلف ترکیبات موجود در پسماندها و لزوم تغییر نگرش آنها در مورد پسماندها از ضایعات به محصول، عدم انبارداری، نگهداری و حمل و نقل مناسب پسماندها، عدم دسترسی به آمارهای دقیق از میزان حجم تولید پسماندها در کشور، پراکندگی کارخانه‌ها و بازارهای فروش آبزیان در کشور، هزینه‌بر بودن جمع آوری و حمل و نقل پسماندها، بومی نبودن ماشین آلات مورد نیاز برای تهیه فرآورده نهایی، عدم وجود الزامات و استانداردهای لازم جهت تایید کیفیت محصول نهایی جهت کاربرد انسانی و نبود مطالعات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای پروسه هیدرولیز در کشور می‌باشند. بر این اساس لازم است در ابتدا بایستی اقداماتی جهت رفع این مشکلات و موانع اجرا گردد تا تولید انبوه و تجاری سازی این فرآورده تسهیل گردد. البته با توجه به

[1] By-product
[2] Olsen
[3] Kumar Anal
[4] He
[5] Global Market Insights

موجود بودن دانش فنی تولید این فرآورده در کشور، قابلیت استفاده و پیاده‌سازی آن توسط بهره‌برداران فراهم می‌باشد.

معرفی دستورالعمل

تهیه پروتئین هیدرولیز شده از پسماندهای فرآوری آبزیان با استفاده از روش آنزیمی شامل مراحل زیر است:

۱- شست‌وشو و چرخ‌کردن زائدات/ پسماندهای حاصل از فرآوری آبزیان

برای حذف خونآبه، موکوس و سایر موارد ناخواسته از پسماندها بایستی آنها را شستشو داد. با عمل شستشو، فرآورده خالص‌تری تولید می‌شود. چرخ‌کردن پسماندها نیز با هدف مخلوط شدن بیشتر مواد اولیه و آنزیم صورت می‌گیرد (شکل ۱). هر چه اندازه مواد اولیه کوچک‌تر باشد، بهتر است.

شکل ۱- چرخ‌کردن پسماندهای فرآوری آبزیان

۲- غیرفعال‌سازی آنزیم‌های درونی

پسماندهای حاصل از فرآوری آبزیان به طور طبیعی دارای آنزیم‌های درونی است که این آنزیم‌ها می‌توانند باعث هیدرولیز نمونه‌ها شوند. عمل هیدرولیز توسط این آنزیم‌ها قابل کنترل نبوده و در نهایت می‌تواند باعث ایجاد خطا در فرآیند هیدرولیز گشته و تکرار پذیری فرآیندها را دچار مشکل کند. بنابراین، لازم است این آنزیم‌ها غیرفعال شوند. برای غیرفعال‌سازی آنزیم‌های درونی، پسماندهای چرخ شده به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۵ درجه سلسیوس (حمام آب گرم) حرارت داده می‌شوند (شکل ۲).

شکل ۲- غیرفعال‌سازی آنزیم‌های درونی پسماندهای آبزیان با استفاده از حرارت (حمام آب گرم)

٣- اضافه کردن آب مقطر یا بافر

برای تسهیل در هضم و بیشترین فعالیت آنزیمی لازم است که پسماندهای چرخ شده با یک حلال، مخلوط شوند. برای این کار می‌توان از آب مقطر، آب دیونیزه یا بافر (مانند فسفات سدیم و بافر بریتون-رابینسون) با نسبت‌های یک به یک یا یک به دو (گرم بر میلی لیتر) استفاده کرد (شکل ٣).

شکل ٣- افزودن آب مقطر/ بافر به پسماندهای آبزیان

٤- تنظیم دما و pH

آنزیم‌ها دامنه فعالیت محدودی دارند. بنابراین، برای عملکرد بیشینه آنزیم، بایستی دما و pH محلول هیدرولیز براساس آنزیم مورداستفاده تنظیم شود. برای مثال، دمای مناسب برای فعالیت آنزیم آلکالاز، ٥٠ درجه سلسیوس و pH مناسب، ٨ است. دمای ٣٧ درجه سلسیوس و pH برابر ٢، برای فعالیت آنزیم پپسین مناسب است. مشخصات و شرایط بهینه عملکرد هر آنزیم روی بسته خریداری‌شده آن درج می‌گردد.

٥- افزودن آنزیم

از آنزیم‌های پروتئاز (آلکالاز، پپسین، تریپسین، پروتامکس و غیره) می‌توان برای هضم آنزیمی پسماندهای فرآوری آبزیان استفاده کرد (شکل ٤). این آنزیم‌ها در داخل کشور موجود بوده و به راحتی از فروشگاه‌های لوازم آزمایشگاهی قابل تهیه هستند. عمل هیدرولیز بسته به نوع آنزیم، مواد اولیه و فرآورده نهایی، از چند دقیقه تا چند ساعت متفاوت است. مقدار استفاده از آنزیم نیز به نوع آنزیم و ماده اولیه بستگی دارد. در حالت کلی، از آنزیم در حدود ٢-١ درصد پروتئین مواد اولیه استفاده می‌شود.

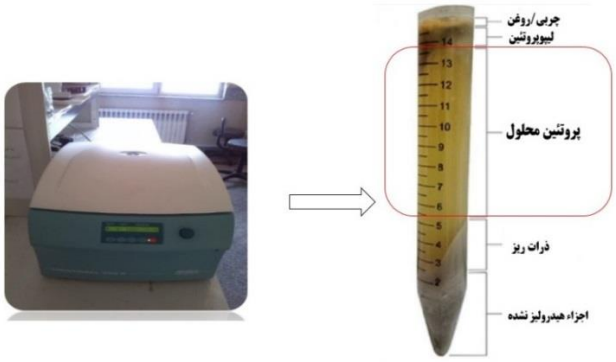
شکل ٤- تنظیم دما و pH، افزودن آنزیم و عمل هیدرولیز

٦- غیرفعال‌سازی آنزیم‌های خارجی

برای اینکه عمل هیدرولیز پایان یابد، بایستی آنزیم استفاده شده غیرفعال گردد. از دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه و یا تغییر pH برای غیرفعال‌سازی آنزیم‌های خارجی و پایان عمل هیدرولیز استفاده می‌شود. در روش تغییر pH براساس نوع آنزیم، pH به خارج از محدوده مناسب فعالیت آنزیم تغییر داده می‌شود. برای مثال، برای آنزیم پپسین که pH مناسب آن حدود ۲ است، pH به ۸- ۷ رسانده می‌شود. در این شرایط، آنزیم غیرفعال می‌شود.

۷- جداسازی قسمت مایع از اجزاء هیدرولیز نشده

مخلوط حاصل از عمل هیدرولیز دارای روغن، قسمت مایع و اجزاء هیدرولیز نشده است. در این مرحله باید قسمت مایع که حاوی پروتئین‌های محلول است، از بقیه قسمت‌ها جدا شود. برای جداسازی قسمت مایع حاوی پروتئین‌های محلول از سانتریفیوژ یخچال‌دار (دمای ٤ درجه سلسیوس، ۹۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۱۵ دقیقه) استفاده می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- جداسازی قسمت مایع حاوی پروتئین‌های محلول با سانتریفیوژ یخچال‌دار

۸- خشک کردن قسمت مایع

برای خشک کردن قسمت مایع حاوی پروتئین‌های محلول می‌توان از دستگاه‌های خشک‌کن معمولی (دمای ۸۰ درجه سلسیوس برای مدت ٤۸ ساعت)، خشک‌کن پاششی (دمای ۲۲۰-۱۵۰ درجه سلسیوس برای مدت ۱۰۰-۵ ثانیه) و خشک‌کن انجمادی (شکل ٦) استفاده کرد. استفاده از خشک‌کن معمولی هزینه‌برترین روش در مقیاس صنعتی است. خشک‌کن انجمادی بیشتردر مقیاس آزمایشگاهی و خشک‌کن پاششی در صنعت کاربرد دارد. اکثر پروتئین‌های هیدرولیزشده آبزیان بسته به روش خشک کردن دارای رطوبتی بین ۱-۸ درصد (عمدتاً زیر ۵ درصد) هستند.

شکل ٦- دستگاه خشک‌کن انجمادی برای خشک کردن مایع حاوی پروتئین‌های محلول

٩- جمع‌آوری و نگهداری پروتئین هیدرولیز شده

پودر حاصل از خشک کردن قسمت مایع، همان پروتئین هیدرولیز شده است. برای بسته‌بندی پودر پروتئین هیدرولیزشده، بایستی از بسته‌های غیرقابل نفوذ به رطوبت استفاده کرد. قرص‌های پروتئینی را می‌توان در ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار بسته‌بندی کرد (شکل ٧). برای نگهداری پودر/ قرص پروتئینی بهتر است آن را در داخل یخچال (دمای ٤ درجه سلسیوس) و یا فریزر (دمای ١٨- درجه سلسیوس) قرار داد. نگهداری در فریزر برای نمونه‌های استخراج شده و قبل از تبدیل به قرص‌های مکمل بوده که باعث حفظ بیشتر ویژگی‌های فرآورده و افزایش زمان نگهداری آن می‌شود.

شکل ٧- پروتئین هیدرولیزشده آبزیان

١٠- جمع آوری اجزاء هیدرولیز نشده

بعد از جداسازی پروتئین هیدرولیز شده، اجزاء هیدرولیز نشده را نیز می‌توان جمع‌آوری کرده و از آنها در فرمولاسیون غذای دام، طیور و آبزیان استفاده کرد.

نمای کلی مراحل تولید پروتئین هیدرولیز شده به روش آنزیمی در شکل ۸ نشان داده شده است.

شکل ۸- نمای کلی مراحل تولید پروتئین هیدرولیز شده از پسماندهای فرآوری آبزیان با روش آنزیمی

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

پروتئین هیدرولیزشده دارای کاربردهای متعددی در صنایع غذایی، تولید مکمل‌ها، فرآورده‌های آرایشی-بهداشتی، غذای دام، طیور، آبزیان، حیوانات خانگی و کودهای زیستی است. تولید این محصول در کارخانه‌های مرتبط می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری و جلوگیری از هدررفت منابع اولیه با ارزشِ شیلاتی، ایجاد اشتغال، افزایش رونق اقتصادی صنعت شیلات کشور، ایجاد ارزش افزوده و افزایش درآمد شود. برای تهیه پروتئین هیدرولیز شده پیشنهاد می‌شود که از روش آنزیمی استفاده شود. در این روش، فرآورده نهایی ویژگی‌های تغذیه‌ای، زیست‌فعالی و عملکردی بهتری خواهد داشت. قبل از عمل هیدرولیز بایستی اجزاء مختلف پسماندها (سر، استخوان‌ها، احشاء و غیره) به طور مناسبی از هم جدا شده و در سردخانه اختصاصی پسماندها با دمای مناسب نگهداری شوند. همچنین، برای حمل پسماندها تا محل فرآوری بایستی از وسایل نقیله سردخانه‌دار استفاده شود. ماده اولیه و فرآورده نهایی تولیدی نیز قبل از مصارف انسانی بایستی از لحاظ میزان فلزات سنگین، هیستامین و حضور میکروارگانیسم‌ها ارزیابی شده و آزمون‌های آلرژیک برای گروه‌های سنی مختلف مصرف کننده نیز انجام شوند.

فهرست منابع

۱- جلیلی، سید حسن. ۱۳۹۹. راهکارهای کاهش قیمت تمام‌شده محصولات شیلاتی در حوزه فرآوری آبزیان. *نشریه تغذیه دام، طیور و آبزیان*، ۱۳ (۵۰)، ص ٤٤-٤٥.

٢- شرافت، نفیسه، علی معتمدزادگان و رضا صفری. ١٣٩٢. اثر زمان هیدرولیز ضایعات پس از پخت ماهی تن هوور (Skipjack Tuna) با آنزیم آلکالاز بر راندمان بازیافت و اندازه مولکولی پروتئین هیدرولیزشده. *مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، ٣، ص ٤٧-٥٤.

3. Fish Protein Hydrolysate Market Report, Global Market Insights. 2019. Available: https:// www.gminsights.com/ industry-analysis/fish-protein-hydrolysate-market.

4. He, S., C. Franco and W. Zhang. 2013. Review: Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP). *Food Research International*, 50: 289–297.

5. Kim, S.K. and E. Mendis. 2006. Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review. *Food Research International*, 39: 383–393.

6. Kumar Anal, A., A. Noomhorm and P. Vongsawasdi. 2013. Protein hydrolysates and bioactive peptides from seafood and crustacean waste: Their extraction, bioactive properties and industrial perspectives. In S.K. Kim (Eds.), *Marine proteins and peptides: Biological activities and applications* (pp. 709-735). John Wiley & Sons, Ltd.

7. Olsen, R.L., J. Toppe and I. Karunasagar. 2014. Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, 36: 144-151.