تولید کاروتنوپروتئین از زائدات فرآوری میگو

مهدی آل‌بوفتیله[1]* و سمیرا جدی[2]

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

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

چکیده

تولید ترکیبات با ارزش افزوده بالا از زائدات آبزیان می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری از منابع موجود و افزایش درآمد صنعت شیلات شود. با فرآوری میگو، حجم زیادی از زائدات و پسماندها (۶۰-۴۰ درصد وزن کل میگو) تولید می‌شود. این زائدات، حاوی ترکیباتی مانند کیتین، کیتوزان، کیتوالیگوساکاریدها، پروتئین، چربی و رنگدانه‌های کاروتنوئیدی هستند. کاروتنوپروتئین، مخلوط پایداری از رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و لیپوپروتئین‌ها است. این ترکیب را می‌توان از زائدات فرآوری میگو استخراج کرد. کاروتنوپروتئین، پیش‌ساز ویتامین A و دارای ویژگی‌های ضداکسایشی، ضد فشارخون، امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی، جذب آب و جذب روغن بوده و می‌تواند در فرمولاسیون غذای آبزیان و فرآورده‌های مختلف غذایی و آرایشی- بهداشتی مورد استفاده قرار گیرد. برای استخراج کاروتنوپروتئین می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. روش آنزیمی، فرآیندی نسبتاً ساده، مؤثر و کارا بوده که مانع از تخریب پروتئین‌ها و رنگدانه‌ها می‌شود. با روش آنزیمی، فرآورده‌ای با ویژگی‌های تغذیه‌ای، زیست‌فعالی و عملکردی بهتری تولید خواهد شد. در این مقاله، مراحل مختلف استخراج آنزیمی کاروتنوپروتئین از زائدات فرآوری میگو توضیح داده شده است.

واژگان کلیدی: استخراج آنزیمی، پسماندهای آبزیان، زائدات میگو، فرآوری، کاروتنوپروتئین، محصولات شیلاتی

* نگارنده مسئول: alboofetileh@areeo.ac.ir

بیان مسئله

زائدات زیادی (در برخی گونه‌ها تا ۷۰ درصد وزن اولیه آبزی) در عملیات فرآوری آبزیان تولید می‌شود (اُلسِن[1] و همکاران، ۲۰۱٤). صنعت صید و پرورش میگو یکی از صنایع پیشرو شیلات کشور است. مقدار تولید میگو در کشور، ٦٨٢٥٩ تن (٧٦٢٨ تن صید میگوهای دریایی، ٦٠٦٣١ تن میگوی پرورشی) گزارش شده است (سالنامه آماری شیلات، ١٤٠١). زائدات فرآوری میگو شامل سر، پوسته، پاها و باله دمی است. این زائدات بر اساس گونه، اندازه و نوع روش فرآوری حدود ٤٠ تا٦٠ درصد وزن کل میگو را تشکیل می‌دهند (ساینی[2] و همکاران، ۲۰۱۸). زائدات فرآوری میگو حاوی ترکیبات زیست‌فعال و عملگرای مختلفی نظیر کیتین، کیتوزان، کیتوالیگوساکاریدها، پروتئین، چربی و رنگدانه‌های کاروتنوئیدی است. کاروتنوپروتئین یکی از ترکیباتی است که می‌تواند از زائدات فرآوری میگو استخراج شود. کاروتنوپروتئین مخلوط پایداری از رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و لیپوپروتئین‌ها است. این ترکیب منشاء طبیعی داشته، غیرسمی بوده و پیش‌ساز ویتامین A است (حمدی[3] و همکاران، ۲۰۱۸). ویژگی‌های زیست‌فعالی و عملکردی متعددی نظیر فعالیت ضداکسایشی، ضد فشار خون، امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی، جذب آب و روغن برای کاروتنوپروتئین گزارش شده است (سیلا[4] و همکاران، ٢٠١٤). بنابراین، از کاروتنوپروتئین می‌توان در فرمولاسیون غذای آبزیان، صنایع غذایی و محصولات آرایشی- بهداشتی استفاده کرد. از روش‌های مختلفی برای استخراج کاروتنوپروتئین از زائدات فرآوری میگو استفاده می‌شود. این روش‌ها شامل استفاده از حلال‌های آلی، سیال فوق‌بحرانی، تخمیر میکروبی و آنزیمی هستند (تقی‌زاده اندواری و همکاران، ۲۰۲۱). در حال حاضر، کاروتنوپروتئین در کشور در مقیاس تجاری تولید نمی‌شود و مطالعات معدودی در مقیاس آزمایشگاهی برای تولید این فرآورده انجام شده است. تجاری‌سازی و تولید انبوه این فرآورده در کشور با مشکلات و موانعی همراه است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم شناخت صاحبان صنعت و بهره‌برداران از ماهیت و ویژگی‌های مختلف ترکیبات موجود در زائدات و لزوم تغییر نگرش آنها در مورد زائدات از ضایعات به محصول
- عدم انبارداری، نگهداری و حمل و نقل مناسب زائدات
- هزینه‌بر بودن جمع‌آوری زائدات و بومی‌نبودن ماشین‌های مورد نیاز برای تهیه کاروتنوپروتئین
- عدم وجود الزامات و استانداردهای لازم برای تأئید کیفیت کاروتنوپروتئین برای کاربردهای انسانی
- نبود مطالعات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای فرآیند تولید در کشور

به هر حال، به‌طور میانگین ۵۰ درصد از وزن میگو را سر و پوسته تشکیل می‌دهد. با فرض این‌که ۲۰ درصد تولید میگوی کشور در کارخانه‌های فرآوری میگو به شکل پوست‌کنده و بدون سر بسته‌بندی شود، سالانه بیش از ٦٨٠٠ تن (وزن تر) زائدات سر و پوسته در کارخانه‌های عمل‌آوری و بسته‌بندی میگو تولید می‌شود. بنابراین، مواد اولیه برای تولید کاروتنوپروتئین در کشور موجود است. دانش فنی تولید این فرآورده نیز در کشور موجود بوده و قابلیت پیاده‌سازی آن توسط بهره‌برداران فراهم است.

[1] Olsen
[2] Saini
[3] Hamdi
[4] Sila

بنابراین، معرفی این فرآورده و روش استخراج آن به صاحبان صنعت، بهره‌برداران و سایر ذینفعان، امری ضروری است که در این مقاله، به آن پرداخته شده است.

معرفی دستورالعمل

مراحل استخراج کاروتنوپروتئین از زائدات فرآوری میگو با استفاده از روش آنزیمی به شرح زیر است:

جداسازی و انجماد زائدات حاصل از فرآوری میگو

پس از جداسازی زائدات فرآوری میگو (سر، پوسته، پاها، باله دمی) در شرایط بهداشتی (شکل ۱)، باید آنها را منجمد کرده و تا زمان استفاده، در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری کرد. زائدات میگو باید پس از بسته‌بندی مناسب و ترجیحاً در تونل‌های انجماد و یا قراردادن در فریزر با دمای ۱۸- درجه سلسیوس منجمد شوند.

رفع انجماد زائدات میگو

برای به حداقل‌رساندن تغییر ترکیبات، زائدات منجمد میگو را باید بعد از خروج از فریزر به مدت ۲٤ ساعت در دمای یخچال قرار داد تا از حالت انجماد خارج شوند.

خشک و پودرکردن زائدات میگو

زائدات میگو بعد از عملیات رفع انجماد، باید درون سینی‌های استیل قرار داده شده و به مدت ۲٤ ساعت در دمای ٦۰ درجه سلسیوس و با گردش هوای مناسب خشک شوند. سپس نمونه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب (خانگی یا صنعتی) پودر شده (شکل ۲) و تا زمان استخراج کاروتنوپروتئین، در فریزر با دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شوند.

شکل ۱- قسمت گوشتی و زائدات سر و پوسته میگو

شکل ۲- پودر زائدات میگو

عملیات هضم پودر زائدات میگو

در مرحله هضم، باید آب مقطر، بافر و یا محلول ۰/۵ مولار اتیلن دی‌آمین ترا استیک اسید[5] با نسبت ۱ به ۲ گرم بر میلی‌لیتر به پودر زائدات میگو اضافه شود.

عملیات هیدرولیز برای استخراج کاروتنوپروتئین

در این مرحله می‌توان از آنزیم آلکالاز برای عمل هیدرولیز استفاده کرد. مدت زمان استخراج کاروتنوپروتئین با آنزیم آلکالاز، ۳ ساعت است. مقدار آنزیم مورد نیاز، ۱۰ واحد آنزیمی بر گرم پودر زائدات میگو است. آنزیم‌ها در دامنه محدودی فعالیت دارند. برای عملکرد بیشینه آنزیم‌ها، بایستی دما و pH محلول هیدرولیز براساس نوع آنها تنظیم شود (شکل ۳). دمای مناسب برای فعالیت آنزیم آلکالاز، ۵۰ درجه سلسیوس و pH برابر ۸ است.

شکل ۳- تنظیم دما و pH سوسپانسیون برای هیدرولیز پودر زائدات میگو

[5] EDTA

غیرفعال‌سازی آنزیم و جداسازی قسمت مایع از اجزاء هیدرولیزنشده

برای خاتمه عمل هیدرولیز، باید آنزیم را غیرفعال کرد. برای این منظور، سوسپانسیون استخراج به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۰-۹۵ درجه سلسیوس و بلافاصله در حمام یخ قرار داده شود. مخلوط حاصل از عمل هیدرولیز از دو قسمت مایع و اجزاء هیدرولیزنشده تشکیل شده است. قسمت مایع، حاوی کاروتنوپروتئین است. قسمت مایع با استفاده از سانتریفیوژ یخچال‌دار (۹۰۰۰ دور در دقیقه، مدت ۱۵ دقیقه، دمای ٤ درجه سلسیوس) جدا شده و pH آن با کلریدریک اسید در ٤/٥ تنظیم شود.

جداسازی کاروتنوپروتئین

با افزودن کلریدریک اسید، کاروتنوپروتئین در قسمت پایینی ظرف رسوب می‌کند. برای جداسازی کاروتنوپروتئین، از سانتریفیوژ یخچال‌دار در شرایط ۹۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ٤ درجه سلسیوس استفاده شود (شکل ٤). اجزاء هیدرولیزنشده را می‌توان در فرمولاسیون غذای دام و طیور، آبزیان و حیوانات خانگی استفاده کرد.

شکل ٤- مراحل جداسازی کاروتنوپروتئین با دستگاه سانتریفیوژ

خشک‌کردن، بسته‌بندی و نگهداری کاروتنوپروتئین

برای خشک‌کردن کاروتنوپروتئین می‌توان از دستگاه‌های خشک‌کن معمولی (دمای ٥٠-٤٥ درجه سلسیوس)، خشک‌کن پاششی (دمای ۲۲۰-۱۵۰ درجه سلسیوس) و خشک‌کن انجمادی استفاده کرد. مقدار رطوبت کاروتنوپروتئین خشک، کمتر از ۱۰ درصد است. پودر کاروتنوپروتئین در ظروف پلی‌اتیلن دربدار بسته‌بندی شده (شکل ٥) و در یخچال (دمای ٤ درجه سلسیوس) و یا فریزر (دمای ۱۸- درجه سلسیوس) نگهداری شود.

شکل ۵- پودر کاروتنوپروتئین و ظروف مناسب برای بسته‌بندی آن

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

کاروتنوپروتئین، یکی از ترکیباتی است که می‌توان از زائدات فرآوری میگو استخراج کرد. کاروتنوپروتئین، قابلیت کاربرد در تهیه غذای آبزیان و همچنین فرآورده‌های مختلف غذایی و آرایشی- بهداشتی را دارد. روش پیشنهادی برای استخراج کاروتنوپروتئین از زائدات فرآوری میگو، روش آنزیمی است. در روش آنزیمی، فرآورده نهایی دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای، زیست‌فعالی و عملکردی بهتری است.

فهرست منابع

۱- *سالنامه آماری شیلات ایران*. ۱۴۰۱. سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه و بودجه، گروه برنامه‌ریزی و آمار.

2. Hamdi, M., R. Nasri, N. Dridi, H. Mousa, L. Ashour and M. Nasri. 2018. Improvement of the quality and the shelf life of reduced-nitrites turkey meat sausage incorporated with carotenoprotein from blue crabs shells. *Food Control*, 91: 148-159.
3. 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.
4. Saini, R.K., S.H. Moon and Y.S. Keum. 2018. An updated review on use of tomato pomace and crustacean processing waste to recover commercially vital carotenoids. *Food Research International*, 108: 516-529.
5. Sila, A., N. Sayari, R. Balti, O. Martinez-Alvarez, N. Nedjar-Arroume, N. Moncef and A. Bougatef. 2014. Biochemical and antioxidant properties of peptidic fraction of carotenoproteins generated from shrimp by-products by enzymatic hydrolysis. *Food chemistry*, 148: 445-452.
6. Taghizadeh Andevari, G., M. Rezaei, M. Tabarsa and T. Rustad. 2021. Carotenoprotein from by-product of banana shrimp (*Penaeus merguiensis*) extracted using protease from viscera of rainbow trout: Antiradical and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20 (5): 1510-1525.