



شماره مجوز ISC
98190-61942



دانشگاه لرستان

هفتمین کنفرانس ملی ماهی‌شناسی ایران
The 7th Iranian Conference of Ichthyology

بدین‌وسیله گواهی می‌شود سرکار خانم فاطمه داودی سفید کوهی

در هفتمین کنفرانس ملی ماهی‌شناسی ایران شرکت نموده و مقاله خود را با عنوان معرفی فرآیند نوین تخمیر در بهبود کارایی استفاده از جیره‌های غذایی آزیان را به‌صورت پوستر ارائه کرده‌اند.

نویسندگان به ترتیب ظهور در مقاله: فاطمه داودی سفید کوهی، امید صفری

دکتر سهیل ایگدری
رئیس انجمن ماهی‌شناسی ایران

دکتر منوچهر نصری
دبیر اجرایی کنفرانس

دکتر علی غلامی‌فرد
دبیر علمی کنفرانس

دکتر محمد فیضیان
رئیس کنفرانس



معرفی فرآیند نوین تخمیر در بهبود کارایی استفاده از جیره‌های غذایی آبزیان

فاطمه داودی سفیدکوهی^{۱*}؛ امید صفری^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲ دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
* Email: fatemeh.davoudisefidkohi@gmail.com

چکیده

امروزه صنعت آبزی‌پروری به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین حیوانی در جهان مطرح می‌باشند. یکی از چالش‌های پیش روی صنعت تولید غذای آبزیان، تأمین پروتئین باکیفیت از منابع غیر جانوری می‌باشد. منابع پروتئین گیاهی ارزان‌قیمت به‌عنوان یک گزینه در صنعت آبزی‌پروری ارگانیک مطرح هستند. وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای متنوع مهم‌ترین عامل محدودکننده استفاده از منابع گیاهی می‌باشد که این ترکیبات به نوبه خود باعث کاهش خوش خوراکی جیره های غذایی می گردند. فناوری تخمیر با استفاده از میکروارگانیسم‌ها (باکتری و قارچ‌ها) موجب پیش هضم ماده بستر و در نهایت بهبود زیست‌فراهمی مواد مغذی این منابع می گردد. همچنین تخمیر باعث تولید محصولی یکنواخت حاوی کمترین مقدار عوامل بازدارنده و بهترین کیفیت پروتئین مورد استفاده می شود. تخمیر در شرایط جامد در صنعت تولید غذای انسان کاربرد گسترده‌ای دارد و می‌تواند به‌عنوان فناوری نوین در بهبود خوش‌خوراکی، میزان قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد رشد گونه‌های آبزی مطرح باشد.

واژگان کلیدی: تخمیر، آبزی‌پروری، جیره غذایی، رشد، فرآوری

مقدمه

به علت پیشرفت علم تغذیه و آگاهی مردم به ارزش غذایی مواد خوراکی و همچنین رشد روزافزون جمعیت، احتیاج به غذا به‌عنوان اولین نیاز حیاتی، روز به روز افزایش می‌یابد. در میان مواد مختلف غذایی آنچه بیش از هر ماده دیگری مورد احتیاج روزانه انسان می‌باشد، پروتئین و بخصوص نوع حیوانی آن به دلیل دارا بودن اسیدهای آمینه ضروری در تغذیه انسان نسبت به پروتئین‌های گیاهی می‌باشد (Fallah, 2013). نرخ افزایش تولید آبزیان برای مصارف انسانی در پنج دهه گذشته به‌طور متوسط معادل ۵/۲ درصد بود که نسبت به نرخ افزایش جمعیت جهانی (۱/۶ درصد)، بیش از سه برابر افزایش یافت. مصرف جهانی سرانه ماهی، ۱۹/۸ کیلوگرم تخمین زده می‌شود که ۱۷ درصد مصرف پروتئین حیوانی و ۶/۷ درصد از کل میزان پروتئین مصرف‌شده مربوط به صنعت آبزی‌پروری می‌باشد که نمایانگر استقبال عمومی جهان از افزایش مصرف آبزیان است. این روند افزایشی مصرف مستلزم پرورش گونه‌های آبزی در شیوه‌های گسترده و وسیع است (FAO, 2018). در صنعت تولید غذای آبزیان، پروتئین یکی از گران‌قیمت‌ترین اجزای جیره ماهیان پرورشی است و کیفیت مواد تشکیل‌دهنده پروتئین جیره نقش مهمی در تنظیم رشد ماهی و مصرف غذا ایفا می‌کند. پودر ماهی اصلی‌ترین منبع پروتئینی جیره به‌ویژه برای ماهی‌های گوشت‌خوار می‌باشد. با این حال این ترکیب یک منبع محدود و گران‌قیمت است که به میزان زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ از این رو شناسایی منابع پروتئینی مناسب به‌عنوان جایگزین برای پودر ماهی در پرورش ماهی از اهمیت زیادی برخوردار است (Sotodeh et al., 2016). استفاده از کنجاله‌های گیاهی مانند سویا، کانولا، کتان، آفتابگردان و بادام‌زمینی در تغذیه دام و طیور کاربرد دارند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۱ تولید کنجاله‌های گیاهی با رشد ۲۳ درصدی به ۳۱۵ تن برسد که با توجه به این مقدار تخمین زده می‌شود در کشورهای کمتر توسعه‌یافته‌ی اقتصادی، تولیدات به موازات تولیدات گوشت پیشرفت داشته باشد (Ghanbari Senjegani, 2016). به‌طور طبیعی در ترکیبات گیاهی مواد ضد تغذیه‌ای (اسیدفیتیک، گوسپول، گلوکوسینولات و غیره) وجود دارد که می‌تواند بر عملکرد ماهی اثرگذار باشد (NRC, 1993). از این رو حذف عوامل ضد تغذیه‌ای برای افزایش استفاده از سطوح جایگزین شده ترکیبات گیاهی در جیره غذایی ماهی ضروری است. روش‌های شیمیایی و

فیزیکی مختلفی نظیر پرتو دهی، حرارت دادن، خیساندن با آب یا مواد شیمیایی (Ashayerizadeh et al., 2015)، پوسته کنی و پختن (Sotodeh et al., 2016). برای از بین بردن و یا کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای منابع پروتئینی گیاهی پیشنهاد شده است. جدیدترین روش فرآوری جهت تولید محصولات پروتئینی با کیفیت غذایی مناسب و کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای، استفاده از فرآیند تخمیر به کمک گونه‌های قارچی و باکتریایی است (Ashayerizadeh et al., 2015). فرآیند تخمیر از طریق کاهش اندازه پپتیدهای منابع پروتئینی و افزایش قابلیت هضم ترکیبات مغذی از جمله پروتئین، کاهش ظرفیت ترشحی آنزیم‌های گوارشی از طریق تولید ترکیبات زیست فراهم‌تر و به تبع آن کاهش انرژی تخصیص‌یافته به متابولیسم، کاهش حساسیت غذایی، تولید عوامل محرک رشد (اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌های تولیدشده توسط قارچ) و تولید مواد محرک ایمنی؛ عرضه محصولات تخمیر شده جدید حاوی پروبیوتیک‌ها را در آینده‌ای نزدیک به صنعت تولید غذا به همراه خواهد داشت (Fallah, 2013).

تاریخچه

تخمیر مواد غذایی از جمله قدیمی‌ترین روش‌ها در فرآوری مواد غذایی است که بشر از آن برای بقا خود بهره گرفته است. در آسیا قدمت آن به عصر ابتدایی سفالگری بر می‌گردد (Baishya, 2009). اولین بار تحقیقات علمی در زمینه چگونگی فرآیندهای زیستی با مطالعات پاستور روی تخمیر آغاز شد و در ادامه دانشمندان متعددی با بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌ها، اقدام به تولید محصولات تخمیری نموده‌اند که روشی جدید برای کاربردی کردن علمی تکنولوژی زیستی و صنعت غذا برداشته شد (Khodanazari, 2013).

تعریف فرآیند تخمیر

تخمیر پدیده‌ای است ناشی از مجموعه فعالیت‌های زیستی که در آن ترکیبات آلی دارای مولکول‌های بزرگ به ترکیبات دارای مولکول‌های کوچک‌تر و ساده‌تر شکسته و تجزیه شده که در این فرآیند علاوه بر ایجاد ترکیبات آلی ساده‌تر، دی‌اکسید کربن و انرژی نیز آزاد می‌گردد؛ به عبارت دیگر تخمیر یک فرآیند متابولیکی تبدیل قند به اسید، گازها و یا الکل با استفاده از مخمر یا باکتری و همچنین یک نوع هضم بی‌هوازی است که منجر به تولید آدنوزین تری فسفات (ATP) توسط فرآیند فسفوریلاسیون در سطح سوبسترا می‌شود و انرژی لازم برای تولید ATP از اکسیداسیون ترکیبات آلی، مثل کربوهیدرات‌ها به دست می‌آید (Fallah, 2013).

روش‌های تخمیر

مقدار رطوبت مورد نیاز (۴۰-۶۰ درصد)، بسته به نوع میکروارگانیسم‌ها متفاوت است. تخمیر را از نظر میزان رطوبت مورد استفاده، می‌توان به دو نوع تخمیر با ماده زمینه جامد و تخمیر غوطه‌ور تقسیم کرد (Khodanazari, 2013).

تخمیر با ماده زمینه جامد

تخمیر حالت جامد (solid state fermentation: SSF) در غیاب و یا تقریباً عدم حضور آب آزاد اتفاق می‌افتد (Fallah, 2013). این روش تخمیر، شامل مراحل است که به ترتیب شامل تهیه ماده جامد (فراهم کردن کربن، نیتروژن، مواد معدنی و انرژی)، استریل کردن آن، تلقیح میکروارگانیسم‌های مناسب، تأمین رطوبت کافی، نگهداری در انکوباتور، حفظ شرایط بهینه (دما، pH، اکسیژن)، خشک نمودن محصول و در صورت نیاز تبخیر محصول می‌باشد. مواد جامد مورد استفاده در این روش شامل سیوس، ضایعات گیاهی یا ضایعات ماهی و غیره است. تخمیر با ماده زمینه جامد برای تولید صنعتی آنزیم‌ها به خصوص آمیلاز و پروتئاز کاربرد دارد. در این نوع تکنیک، مواد جامد به آهستگی و به‌طور پیوسته در طولانی‌مدت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Khodanazari, 2013). به‌طور کلی مواد جامد یک محیط زیست مناسبی برای رشد انواع میکروارگانیسم‌ها شامل باکتری، مخمر و قارچ فراهم می‌کنند. در این میان قارچ‌های رشته‌ای نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها به دلیل رشد هیف‌ها بر سطح ذرات ماده و درون آن‌ها برای فرآیندهای SSF مناسب‌تر می‌باشند (Fallah, 2013). از معایب این روش تخمیر می‌توان به استفاده ناقص مواد مغذی به دلیل انتقال ضعیف اکسیژن و گرما در ماده زمینه دانست (Khodanazari, 2013).

تخمیر غوطه‌ور

در این نوع تکنولوژی تخمیر، از مواد مایع همچون ملاس، به‌عنوان محیط کشت میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود. مواد مایع در فرآیند تخمیر به‌سرعت مصرف‌شده که بایستی با مواد مغذی دیگر جایگزین گردند. این تکنیک، روش مناسبی برای کشت باکتری‌ها به علت نیاز بیشتر باکتری‌ها به آب، جهت رشد خود در مقایسه با دیگر میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Khodanazari, 2013). تخمیر غوطه‌وری دارای مزایایی همچون ساده‌تر بودن کنترل شرایط و کارهای پایین‌دستی در زمینه‌ی فرآوری محصولات حاصله نسبت به تخمیر فاز جامد می‌باشد. علاوه بر این دسترسی به مواد تغذیه‌ای و دور کردن مواد مضر برای رشد باکتری در این محیط بهتر انجام می‌گیرد (Ghanbari Senjegani, 2016).

واکنش‌های انجام‌شده در طی مراحل تخمیر

در مخمرها بر اساس واکنش‌های زیر که تخمیر الکی نامیده می‌شود، گلوکز به اتانول و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود. آغاز تخمیر ایجاد اکسید کربن همراه با اتانول است و بوی اتانول در این هنگام وقوع عمل تبخیر را در محیط کشت معلوم می‌کند. در میکروارگانیسم‌های مختلف دیگر، محصولات تخمیری می‌تواند بوتانول، استون، اسید استیک و مواد دیگر باشد. در غیاب اکسیژن گلوکز کاملاً به CO_2 تبدیل نمی‌شود. مثلاً در مخمر، گلوکز به پیرووات تبدیل می‌شود و دو مولکول ATP و دو مولکول NADH تولید می‌گردد. در صورت کمبود NAD^+ پیرووات به اتانول و CO_2 تبدیل می‌شود و دو مولکول NADH به‌منظور احیای پیرووات به اتانول مورد‌استفاده قرار می‌گیرد. در شرایط بی‌هوازی یا هیپوکسی، بسیاری از موجودات زنده از طریق انتقال الکترون‌ها از NADH به پیرووات و تشکیل لاکتات، NAD^+ را مجدداً تولید می‌کنند. در سایر موجودات زنده مانند مخمر NAD^+ از طریق احیای پیرووات به اتانول و CO_2 مجدداً تولید می‌گردد. در این فرآیندهای بی‌هوازی (تخمیرها)، اکسیداسیون یا احیای خالص کربن‌های خالص صورت نمی‌گیرد (Fallah, 2013).

میکروارگانیسم‌های مورد‌استفاده در فرآیند تخمیر

تخمیر به‌وسیله میکروارگانیسم‌هایی که یک نقش کلیدی در اصلاح فیزیکی، تغذیه‌ای و حتی مواد خام ایفا می‌کنند، شناخته می‌شود (Cocolin & Ercolini, 2008). باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها از میکروارگانیسم‌های مورد‌استفاده در فرآیند تخمیر هستند که از باکتری‌ها به لاکتوباسیلوس فرمنتوم، باسیلوس سابتیلیس، از قارچ‌ها به آسپرژیلوس اوریزا، آسپرژیلوس نایجر و از مخمرها به ساکارومایسس سرویزیه، اسچوانیومایسس کستلی می‌توان اشاره کرد (Safari, 2011). معمولاً باسیلوس سابتیلیس و آسپرژیلوس اوریزا برای تخمیر کنجاله سویا مورد‌استفاده قرار می‌گیرند. دقت در انتخاب میکروارگانیسم‌ها برای تأثیر بیشترشان بر مواد تشکیل‌دهنده‌ی خوراک برای آماده‌سازی منابع پروتئین گیاهی جدید حائز اهمیت می‌باشد (Fallah, 2013).

فرآورده‌های حاصل از تخمیر دانه سویا

دانه‌ی سویا علاوه بر مقدار بالای پروتئین و سایر مواد مغذی حاوی ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند اولیگوساکاریدها، فیتات‌ها و غیره می‌باشد. تجزیه هیدرولیتیک این ترکیبات حین تخمیر باعث تولید فرآورده‌هایی مانند جیانگ، سس سویا، فورو، دوجی، میسو، ناتو، تمپه و تافو می‌شود که در صنعت تولید غذای انسان کاربرد گسترده‌ای دارند (Eh-shemy, 2011).

مزایای استفاده از محصولات تخمیری

فرآیندهای تخمیری علاوه بر نقش نگهدارندگی مانند سایر روش‌های حرارتی و غیرحرارتی بر کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی نیز تأثیرگذارند و معمولاً در اکثر موارد باعث بهبود ارزش غذایی به یکی از دلایل افزایش دانسیته مواد مغذی، تخریب ترکیبات ضد تغذیه‌ای، هضم اولیه ترکیبات غذایی، کاهش ایندکس گلوکز، سنتز پروموتورهای جذب و تأثیر بر جذب ترکیبات مغذی

به‌وسیله سلول‌های مخاطی، افزایش میزان ویتامین‌ها می‌باشند (Cocolin and Ercolini, 2008; Eh-shemy, 2011; Safari, 2011).

جمع‌بندی

فناوری تخمیر به‌عنوان گزینه‌ای جدید در فرآوری اقلام غذایی، از روش‌های زیست‌فناوری در برابر روش‌های شیمیایی و استفاده از افزودنی‌های طبیعی نسبت به انواع مصنوعی حمایت می‌کند. همچنین فرآیند تخمیر میکروبی، روشی مؤثر برای بهبود ارزش تغذیه‌ای بسیاری از خوراکی‌هایی است که به دلیل داشتن ترکیبات ضد تغذیه‌ای، در تغذیه دام، طیور و آبزیان محدود شده‌اند با توجه به نتایج مثبت حاصل از استفاده از محصولات تخمیری در تغذیه این جانوران بر عملکرد، خصوصیات لاشه، میکروفلور دستگاه گوارش، افزایش ایمنی و غیره می‌توان محصولات تخمیری را جایگزین مناسبی برای خوراکی‌های معمولی در جیره غذایی در نظر گرفت.

منابع

- Ashayerizadeh, A., Ganji, F., Dasta, B. and Fallah, M. (2015). Effect of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal and dietary protein level on yield and microbial population of broiler chicks. *Journal of Animal Science (Research and Development)* 109:55-66.
- Baishya, D. (2009). *Fish fermentation: traditional to modern approaches*. New India Publishing Agency, New Delhi Publisher. 138pp.
- Cocolin L. and Ercolini, D. (2008). *Molecular Techniques in the Microbial Ecology of Fermented Foods*. Springer-Verlag New York Publisher. 273pp.
- Eh-shemy, H. (2011). *Soybean and Health*. Intech Publishers. Cairo University. Cairo. 289pp.
- Fallah, M. (2013). Effect of fermented soybean meal and dietary protein level on performance, intestinal morphology and gastrointestinal microbial population in broiler chickens. MSc project. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) (2018). *Fishery and Aquaculture Statistics 2016*. FAO yearbook. Rome. 227pp.
- Ghanbari Senjegani, E. (2016). Antioxidant properties assessment of bioactive peptides derived from vegetable seeds fermentation. MSc project. Al Zahra University, Tehran.
- Khodanazari, A. (2013). Comparative evaluation of fermentation and study on the effect of replacement of fishmeal with fermented product in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Ph.D thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.
- National Research Council (NRC) (1993). *Nutrient Requirements of fish*. National Academy Press. Washington DC. 128pp.
- Safari, O. (2011). Study on the production of canola protein concentrate through different processing methods (physical, chemical and biological) with the aim of using in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Ph.D thesis. University of Tehran, Tehran.
- Sotodeh, E., Amirimoghadam, J., Shahhosseini, G.H.R. and Bagheri, D. (2016). Changes in the final weight, survival rate and fatty acids of the Caspian Sea salmon (*Salmo trutta caspius*) fed with irrigated and fermented soybean meal. *Nutrition and Aquaculture* 2:33-46.

Introduction to novel fermentation process to improve the using efficiency of aquafeeds

Fatemeh Davoudi Sefidkohi^{1*}; Omid Safari²

¹Graduate Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Email: fatemeh.davoudisefidkohi@gmail.com

Abstract

Nowadays, aquaculture industry is considered as one of the most important sources of producing animal-originated protein in the world. One of the challenges facing the aquafeed production industry is to provide the supply of suitable protein from non-animal originated sources. The sources of low-cost protein are considered as an option in the organic aquaculture industry. The presence of diverse anti-nutritional compounds is the most important limiting factor for the use of plant sources and decreases diet palatability. Fermentation technology by using microorganisms (bacteria and fungi) leads to pre-digest the substrate and finally, improve the nutrient bioavailability of these resources. Also, fermentation is to produce the uniform products containing the least contents of limiting factors and the best protein quality. Fermentation in the solid state is widely used in the human food production industry and can be considered as a new technology to improve the palatability, digestibility of nutrients and growth performance of aquatic species.

Keywords: Fermentation, Aquaculture, Diet, Growth, Processing