

منابع پروتئین گیاهی و جانوری جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی و تاسماهی

سیبری

میرحامد سید حسنی*، میرمسعود سجادی^۲، ایوب یوسفی جوردهی^۱، محمود محسنی^۱، علی حسین پور زلتی^۱، تورج سهرابی^۱ و رضا قربانی واقعی^۱

۱- مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران

۲- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

چکیده

در بیش از سه دهه محققان در مورد جایگزین‌های احتمالی پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان شامل پروتئین‌های گیاهی (آرد سویا، پروتئین کنسانتره و روغن سویا) (آرد کانولا، پروتئین کنسانتره و روغن کانولا)، (آرد لوبن، پروتئین کنسانتره و روغن لوبن) و پروتئین‌های جانوری (پودر خون، پودر ضایعات مرغ و پودر گوشت و استخوان) تحقیق نموده‌اند. اما قابلیت هضم پایین، کمبود درصد پروتئین، پروفایل نامناسب اسیدآمین و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای از مشکلات عمده جایگزینی این مواد پروتئینی به جای پودر ماهی هستند. اما با فرمولاسیون مشابه پودر ماهی (ساخت مخلوطی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری) می‌توان بر این مشکلات غلبه کرد. فرموله کردن مخلوط‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت (گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۳ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۲۰ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۸ درصد، پودر خون: ۴/۳ درصد) و پودر ضایعات مرغ (گلوتن ذرت: ۱۰ درصد، گلوتن گندم: ۲۰ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۲/۸ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۴۵ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۷ درصد، پودر خون: ۵ درصد) از لحاظ ترکیب و پروفایل اسیدآمین با پودر ماهی کیلکا این توانایی را ایجاد می‌کند تا میزان پودر ماهی در جیره غذایی فیلماهی تا ۶۰ درصد کاهش یابد. این جیره تفاوتی از لحاظ قیمت تمام شده ندارد، اما با توجه به کاهش روزافزون پودر ماهی، مخلوط مشابه پودر ماهی نقشی حیاتی در تغذیه ماهیان خاویاری و صنعت رو به رشد ماهیان خاویاری خواهد داشت.

واژگان کلیدی: پودر ماهی، منابع پروتئین گیاهی و جانوری، فیل ماهی

* نویسنده مسئول: mirhamedhassani@yahoo.com

مقدمه

خواهد بود. در ایران قیمت پودر ماهی کیلکا هر ساله در حال افزایش است و به نظر نمی‌رسد که در سال‌های آینده تکافوی نیاز صنعت پرورش ماهیان خاویاری را دهد. هم اکنون هر کیلوگرم پودر ماهی کیلکا در بازارهای داخلی به قیمت بیش از ۲۷۵۰۰۰ ریال به فروش می‌رسد. جهت حل این مشکل لازم است که جایگزینی منابع در دسترس محلی نظیر منابع گیاهی، ضایعات پروتئین جانوری، ضایعات حاصل از صید و ضایعات پروتئین حیوانی با هزینه پایین‌تر شناسایی و ارزش‌یابی شود، فرآوری‌های لازم روی آن صورت گیرد و امکان جایگزینی آن به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان به‌عنوان یک راهکار بلندمدت بررسی شود (Yun et al., 2014). اما کمبود پروتئین، عدم توازن اسیدهای آمینه، فاکتورهای ضدتغذیه‌ای، دیرهضم بودن منابع پروتئین گیاهی، عدم استانداردهای بهداشتی، بالا بودن TVN و عدم توازن پروفایل اسیدآمینه در پروتئین‌های جانوری از موانع عمده جایگزینی در سطوح بالای ۵۰ درصد به شمار می‌آیند. اما تولید مخلوط مشابه پودر ماهی یعنی فرموله‌کردن و ساخت مخلوط‌های پروتئین‌های گیاهی و جانوری متوازن با پودر ماهی و تعیین قابلیت هضم این مخلوط‌ها می‌تواند در افزایش جایگزینی به جای پودر ماهی مؤثر باشد. تولید مخلوط‌های مبتنی بر آرد گلوتن ذرت و پودر ضایعات مرغ مشابه از لحاظ ترکیب و پروفایل آمینواسید با پودر ماهی کیلکا، میزان پودر ماهی در جیره غذایی فیل‌ماهی تا سطح ۶۰ درصد کاهش یافت. هزینه تمام شده مخلوط مشابه، ۲۸۴۰۰ ریال بود و قیمت پودر ماهی ۲۷۵۰۰۰ ریال برآورد شد. در حال حاضر، قیمت این محصول تفاوت زیادی با پودر ماهی ندارد، اما چون پودر ماهی منبعی در حال کاهش است، در سال‌های آینده این مخلوط مشابه می‌تواند نقشی حیاتی در تغذیه ماهیان خاویاری و صنعت رو به رشد ماهیان خاویاری بازی کند.

تولید جیره اقتصادی برای ماهیان خاویاری با تأکید بر کاهش پودر ماهی

در حال حاضر، عمده منابع پروتئین گیاهی جایگزین‌شونده به جای پودر ماهی کنجاله سویا، کنجاله کانولا، آرد لوبن،

پودر ماهی به‌دلیل دارا بودن پروتئین بالا (۶۰ تا ۷۰ درصد)، قابلیت هضم مطلوب (۸۴ تا ۹۴/۵ درصد)، دارا بودن کیفیت ممتاز و متوازن از اسیدآمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب بلند زنجیره به‌خصوص ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) (20:5n-3) و دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) (3-22:6n)، منبع عمده ویتامین‌های ریبوفلاوین، نیاسین، ویتامین‌های A و D و مواد معدنی شامل کلسیم، فسفر، آهن، مس، سلنیم و ید یکی از بهترین منابع تامین‌کننده پروتئین در جیره فرموله‌شده آبزیان به‌شمار می‌آید. بیش از ۱۲۶ مزرعه فعال در ۲۰ استان کشور با ظرفیت تولید ۶۳۳۲ تن گوشت و بیش از ۹۵ تن خاویار در حال فعالیت هستند. هدف سازمان شیلات برای توسعه پرورش ماهیان خاویاری تا افق ۱۴۰۴ تولید ۱۰۰۰۰ تن گوشت با تکیه بر دو گونه فیلماهی و تاسماهی سیبری است (عبدالحی و کرمی‌راد، ۱۳۹۷). در حال حاضر، پودر ماهی با کیفیت بالا ۴۵ تا ۵۰ درصد جیره غذایی ماهیان خاویاری را تشکیل می‌دهد (سیدحسینی و همکاران، ۱۳۹۳). در ایران ۸۵ درصد پودر ماهی از کیلکای صید شده در آب‌های شمال و ضایعات کارخانجات کنسروسازی و فانوس ماهیان صید شده در آب‌های جنوب به دست می‌آید (عادل‌لی و بقایی، ۱۳۹۵). از فرآوری ۱۲ کیلوگرم ماهی تقریباً ۲/۴ کیلوگرم پودر ماهی تولید می‌شود، به شرطی که زمان رسیدن یک فیل‌ماهی به وزن مطلوب جهت تولید گوشت (ضریب تبدیل غذایی ۱/۵) سه سال در نظر گرفته شود. بنابراین، جهت افزایش وزن یک قطعه فیل‌ماهی از مرحله ۲۰ گرم تا ۴ کیلوگرم، ۱۵ کیلوگرم ماهی کیلکا لازم است تا تبدیل به ۳ کیلوگرم پودر ماهی شود و باید جهت تأمین غذای یک مزرعه ۲۰ تنی پرورش ماهی خاویاری ۷۵ تن کیلکا از دریای خزر صید و تبدیل به ۱۵ تن پودر ماهی شود. تولید پودر و روغن ماهی نموداری ایستا و افقی است و اگر منابع جدید و یا منابع جایگزین شونده بجای پودر ماهی شناخته نشوند، بازار و شرکت‌های تولیدکننده آبزیان تمام رقابت و تلاش خود را جهت دستیابی به صید ماهیان پلاژیک خواهند گذاشت که نتیجه آن افزایش قیمت غذای تولید شده آبزیان و میگو

اسیدآمینها در مخلوطی از پروتئین‌های حیوانی و گیاهی استفاده نمود (Guo *et al.*, 2007)، گلوتن ذرت متینین کافی دارد و منبع مناسبی از اسیدهای چرب غیراشباع (اسیدلینولئیک) و کاروتنوئیدها (گزانتوفیل‌ها) محسوب می‌گردد (Parkhurst and Mounteney, 1987). این دو ماده مکمل شده با اسیدآمین‌های سنتتیک به همراه ترکیبی از پودر گوشت و استخوان و پودر ضایعات مرغ تا حدود زیادی می‌توانند پروفایل آمینواسید مشابه و نزدیکی با پودر ماهی ایجاد کنند. به این روش تولید مخلوط مشابه (آنالوگ) پودر ماهی می‌گویند که شامل بانک اطلاعاتی شامل پروفایل اسیدآمین‌های اجزای غذایی جایگزین و فرمولاسیون بوده و می‌تواند به تولید مخلوط بیانجامد که همانند پودر ماهی نیازمندی غذایی ماهی را برآورده سازد.

نحوه جایگزینی منابع پروتئینی با پودر ماهی در جیره
 اقلام غذایی متداول در جیره غذایی ماهیان خاویاری شامل چهار نوع پودر ماهی (کیلکا، ترکیبی از ضایعات ماهیان پرورشی و ضایعات جانوری، ماهیان جنوب به دست آمده از ضایعات کنسروسازی و کیلکای بچ)، سه نوع پروتئین جانوری (پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون)، پروتئین‌های گیاهی با مقدار پروتئین بالای ۵۰ درصد (آرد گلوتن گندم و آرد گلوتن ذرت)، پروتئین‌های گیاهی با مقدار پروتئین کم (کنجاله سویا، سویای فرآوری-شده، آرد کانولا، آرد ذرت و آرد گندم) می‌باشد. بنابراین، برای فرمولاسیون بهینه جیره در محیط Excel بهتر است میزان پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر، فیبر، عصاره عاری از ازت، کربوهیدرات و پروفایل اسیدهای آمینه آن از طریق فرستادن به آزمایشگاه و یا با مراجعه به منابع معتبر مشخص شود. در مرحله بعد با توجه به قابلیت هضم این منابع، مشابه‌سازی پودر ماهی با استفاده از مخلوط‌های گیاهی و جانوری انجام گیرد. با توجه به تجربیات به دست آمده در زمینه تغذیه ماهیان خاویاری، بهتر است پودر ماهی کیلکا و یا پودر ماهی به عنوان پودر ماهی برتر و گلوتن ذرت، گلوتن گندم، آرد سویای فرآوری شده، پودر ضایعات مرغ،

گلوتن گندم، گلوتن ذرت و یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشد، اما یکی از نقاط ضعف مواد پروتئینی در جایگزینی بجای پودر ماهی دارا بودن دامنه گسترده‌ای از مواد ضدتغذیه‌ای و پروتئین پایین است. از این مواد ضدتغذیه‌ای می‌توان به پلی‌ساکاریدهای پروتئاز، فیتات‌ها، گلوکوسینولات‌ها، تانن‌های ساپونین، لستین، اولیگوساکاریدها و پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، فیتواستروئول‌ها، آلکالوئیدها، ترکیبات آنتی‌ژن، گوسیپول، سیانوژن‌ها، میموزین، اسیدهای چرب سیکلوپروپنوئید، کاناوانین، آنتی‌ویتامین‌ها و استرهای فروبول اشاره نمود. این مواد قابلیت هضم پروتئین جیره‌های غذایی را کاهش داده و قابلیت دسترسی به مواد معدنی را به حداقل می‌رسانند (Arndt *et al.*, 1999).

جایگزینی منابع پروتئین گیاهی و به خصوص جانوری به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان در شرایط فعلی حاکی از نامناسب و نامتوازن بودن این منابع در جیره غذایی است. مثلاً استفاده از پودر گوشت و استخوان در سطوح بالا موجب کاهش رشد ماهی به دلیل کمبود آمینواسیدهایی نظیر متینین، لایزین و ایزولوسین می‌شود. پودر خون از لحاظ ایزولوسین کمبود و از لحاظ هیستدین، لوسین، فنیل‌آلانین، ترئونین و والین در مقایسه با پودر ماهی برتری دارد و سطوح بالای افزودن آن به جیره موجب عدم توازن در آمینواسیدهای پروتئین تشکیل‌دهنده جیره، افزایش دهنده فعالیت‌های کاتابولیک و در نهایت کمبود رشد در ماهی می‌شود، علاوه بر آن که غذا را به شدت بدطعم می‌کند (Yamamoto *et al.*, 2004). جایگزینی کامل پودر ضایعات مرغ موجب کاهش رشد در بعضی از گونه‌های گوشت‌خوار می‌شود که آن را به عدم توازن اسیدآمین و کاهش قابلیت هضم نسبت می‌دهند (Thompson *et al.*, 2008). اما جهت غلبه بر این مشکلات، ترکیبی از ضایعات پروتئین جانوری به‌عنوان جایگزین بخشی و یا جایگزینی کامل به‌جای پودر ماهی توصیه شده است (Hu *et al.*, 2012). چنین راهبردی موجب تعادل مواد غذایی و کاهش هزینه غذا در آبزیان می‌گردد. به‌طور مثال، پودر خون منبعی غنی از لایزین است و از آن می‌توان جهت تعادل

تفاوت که مخلوط غذای تولید شده در حجم بالا (۳ یا ۴ تن) پس از گذر از دستگاه اکستروود به آن روغن اضافه خواهد شد. با جیره ساخته شده بهتر است تغذیه ماهیان (فیل ماهی و تاسماهی سبیری) از اوزان ۱۵۰ تا ۱۶۰ گرم شروع و با تراکم ۴/۵ تا ۵ کیلوگرم در متر مربع تا رسیدن به وزن ۳ تا ۴ کیلوگرم ادامه یابد. همچنین غذادهی تا حد سیری در ساعات ۰۹:۰۰، ۱۵:۰۰، ۲۱:۰۰ صورت و منبع تأمین آب مخازن از آب چاه باشد که امکان تنظیم درجه حرارت در طی دوره آزمایش و شفافیت لازم جهت بررسی نحوه غذاگیری و میزان غذای مصرفی ماهیان را امکان پذیر سازد. همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن، درجه حرارت و pH سه بار در روز و آمونیاک هر هفته مورد اندازه گیری قرار گیرد. در پایان دوره پروار بندی به منظور حفظ کیفیت فیله ماهیان بهتر است به مدت دو تا سه هفته ماهیان فوق با جیره های مبتنی بر پودر ماهی تغذیه شوند. جیره های مبتنی بر پودر ضایعات مرغ در سطح جایگزینی ۲۰ درصد و جیره مبتنی بر آرد گلوتن ذرت در سطح جایگزینی ۶۰ درصد می توانند بدون تأثیر منفی بر شاخص های رشد، ترکیب لاشه، شاخص کبدی، شاخص احشایی، شاخص های خونی، سیستم ایمنی، آنزیم های کبدی، بافت کبد، دستگاه گوارش و شدت فعالیت آنزیم های پپسین در معده، تریپسین، لیپاز و آمیلاز در روده این گونه جایگزین پودر ماهی گردند.

نتیجه گیری

در سال های آینده تولیدکنندگان و پرورش دهندگان داخلی به دلیل افزایش قیمت غذا که متأثر از افزایش بهای پودر ماهی و نوسانات بازار ارز است، توانایی رقابت با محصولات ارزان قیمت (گوشت و خاویار) تولید شده در جهان را نخواهند داشت. بنابراین، تولید جیره اقتصادی ماهیان خاویاری در چهار مرحله طبقه بندی می شود: -ارزشیابی منابع پروتئین بومی و تشکیل بانک اطلاعات و آنالیز ترکیب بیوشیمیایی.

پودر گوشت و استخوان و پودر خون نیز به عنوان منابع جایگزین پودر ماهی در نظر گرفته شود.

مخلوط حاوی آرد گلوتن ذرت (گلوتن ذرت: ۳۵ درصد، گلوتن گندم: ۱۹/۳۴ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۳ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۲۰ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۸ درصد، پودر خون: ۴/۳ درصد و مخلوط حاوی پودر ضایعات مرغ (گلوتن ذرت: ۱۰ درصد، گلوتن گندم: ۲۰ درصد، آرد سویای فرآوری شده: ۲/۸ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۴۵ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۷ درصد، پودر خون: ۵ درصد) به صورتی فرموله گردد که از لحاظ ترکیب و پروفایل اسید آمینه تا حد امکان به پودر ماهی نزدیک و یک جیره پایه دارای ۴۸ تا ۵۸ درصد پودر ماهی تنظیم گردد. این دو مخلوط تولید شده در سطح ۴۰ تا ۶۰ درصد جایگزین پودر ماهی کیلکا در جیره غذایی پایه شود و بر اساس برنامه نویسی موجود در جیره نویسی آبیان کمبود اسید آمینه های ضروری این مخلوط ها و فسفر مشخص و با استفاده از مکمل های تجاری اسید آمینه (با تأکید بر متیونین و لایزین) و دی کلسیم فسفات جبران شود (جدول ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵).

برای ساخت غذا به شیوه کارگاهی ابتدا باید ترکیبات درشت (پودر ماهی، کنجاله سویا، آرد گندم، پودر گوشت و استخوان، ملاس و غیره) با استفاده از دستگاه آسیاب به صورت پودر درآید و به مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه مخلوط کن با یکدیگر مخلوط گردد. به مخلوط حاصل، ریز مغذی ها (نمک، ویتامین پرمیکس، مکمل معدنی، ویتامین C، کولین، کربوکسی متیل سلولز و دی کلسیم فسفات) اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شود. در مرحله بعد با استفاده از یک مخلوط کن صنعتی اسید آمینه های سنتتیک در حجم ۱۰ کیلوگرم غذا به آرامی مخلوط و همگن و سپس همین حجم با حجم های بزرگتر غذا (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم) مخلوط و به مدت نیم ساعت به هم زده شود. سپس از چرخ گوشت عبور و بسته به دمای محیط به مدت ۲۴ تا ۳۶ ساعت در خشک کن در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد قرار گیرد. البته امکان ساخت غذا با این روش در کارخانه های تولید کننده غذا وجود دارد، با این

۲- بررسی و لحاظ نمودن پروفایل اسیدهای چرب لاشه ماهیان در فرمولاسیون و سطوح بهینه پروتئین‌های جایگزین در جیره غذایی

۳- به کاربردن ترکیباتی از اقلام غذایی دارای حداقل اختلاف از لحاظ اسیدآمینه‌های ضروری با پودر ماهی نظیر، گلوتن گندم، گلوتن ذرت، سویای فرآوری شده، پروتئین کنسانتره سویا، پروتئین کنسانتره کانولا و پودر ضایعات مرغ با کیفیت و ممتاز

۴- داده‌های کمی دقیق در مورد اسیدآمینه و ارزش بیولوژیک پروتئین‌های جایگزین و کاربرد صحیح آن در فرمولاسیون جیره

۵- انتخاب اقلام جایگزین با قابلیت هضم پتانسیل‌های تغذیه‌ای بالا که در آن‌ها عوامل ضدتغذیه‌ای با توجه به گونه‌های مربوطه محدود یا کاهش یافته باشد.

منابع

خالصی، ع.، ایرملو، م.، تقوی، م.، تکمیلی، م.، سلیمی، و.، مفیدی، م.، ملجایی، س.، مودن، خ. ۱۳۸۲. خوراک دام و طیور و آبزیان - پودر گوشت- ویژگیها و روشهای آزمون. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی. شماره ۷۲۱. تجدید نظر دوم. ۱۸ صفحه.

سیدحسینی، م.ح.، سجادی، م.م.، فلاحکار، ب.، یوسفی، آ. ۱۳۹۷. تعیین قابلیت هضم ظاهری اجزای متداول مورد استفاده در ساخت خوراک فیل‌ماهی (*Huso huso*) جوان. مجله علمی شیلات ایران. مجله علمی شیلات ایران، ۲۹ (۱): ۱۶۴-۱۵۳.

مستوفی، س. ۱۳۸۷. بررسی بازار دانه‌های روغنی و فرآورده‌های آن. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، مدیریت امور پردازش‌های تحقیقاتی، ۵۰ صفحه.

عبدالحی، ح. و کرمی راد، ن. ۱۳۹۷. توسعه پرورش ماهیان خاویاری در ایران. دوفصلنامه ترویجی ماهیان خاویاری، ۱ (۱): ۴۴-۳۲.

- فرمولاسیون ترکیب و مخلوط منابع پروتئینی با کیفیت بالا به منظور دستیابی به ترکیبی همانند پودر ماهی (ترکیب بیوشیمیایی، پروفایل آمینو اسید و اسید چرب).

-انجام آزمایش‌های تغذیه و تعیین تأثیر جیره‌های جایگزین بر شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه.

با اجرای این اصول می‌توان ترکیبی از پروتئین‌های حیوانی متعادل شده با مکمل‌های لایزین، متیونین و ترئونین را بر اساس نیازهای غذایی ماهیان خاویاری جایگزین پودر ماهی جیره نمود، بدون این‌که اثر منفی در شاخص‌های رشد این گونه به‌وجود آید. باید توجه داشت که اسیدآمینه‌های متیونین و لایزین به‌عنوان یکی از فاکتورهای محدودکننده جایگزینی پودر ماهی با اجزای پروتئین گیاهی و جانوری خشک‌زی می‌باشند.

تولید کلزا در کشور از ۲۰۰ هزار به ۷۵۵ هزار هکتار، سویا از ۹۰ هزار به ۱۳۲ هزار هکتار، آفتابگردان از ۲۵ هزار به ۱۰۰ هزار هکتار، گلرنگ از ۶ هزار به ۶۶ هزار هکتار، کنجد از ۳۰ هزار به ۶۲ هزار هکتار و پنبه از ۱۳۰ هزار به ۲۰۰ هزار هکتار در سال ۱۴۰۰ افزایش خواهد یافت. همچنین پیش‌بینی شده است که تا سال ۱۴۰۰، ۶۶۷ هزار تن کنجاله از دانه‌های روغنی به دست آید. هم‌اکنون در سطحی وسیعی از ۳ استان کشور دانه روغنی کلزا و در ۱۰ استان کشور دانه روغنی سویا و در ۵ استان آفتابگردان کشت می‌شود (مستوفی، ۱۳۸۷). تعداد کشتارگاه‌های صنعتی طیور به دلیل افزایش جمعیت و تقاضای جامعه جهت مصرف گوشت سفید و مصارف غذایی دامپروری‌ها و مرغ‌داری‌ها و تعداد صنایع تبدیلی ضایعات به پودر گوشت و کیفیت تولید آنها افزایش خواهد یافت که منبعی غنی از پروتئین ارزان‌قیمت جهت تغذیه آبزیان کشور به‌شمار می‌آید. این منابع قابلیت فرآوری و تبدیل به منابع با ارزش پروتئین جایگزین را به‌جای پودر ماهی دارند (خالصی و همکاران، ۱۳۸۲).

در خصوص استفاده از مخلوطی از منابع جایگزین فوق باید نکات ذیل رعایت گردد:

۱- رعایت نیازهای غذایی ماهیان خاویاری (پروتئین، چربی، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب)

- Thompson, T., Rawles, S.D., Metts, L.S., Smith, R.G., Wimsati, A., Johnson, R.B., Brady, Y.J. and Webster, C.D. 2008. Digestibility of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with soluble in practical diets for sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). Journal of the World Aquaculture Society, 39: 352-363.
- Wang, Y., Li, K., Han, H., Zheng, Z.X. and Bureau, D. 2008. Potential of using a blend of rendered animal protein ingredients to replace fish meal in practical diets for Malabar grouper (*Epinephelus malabricus*). Aquaculture, 281: 113-117.
- Xu, Q.Y., Wang, C.A., Zhang, Z.G. and Luo, L. 2012. Effects of replacement of fish meal by soy protein isolate on the growth, digestive enzyme activity and serum biochemical parameters for juvenile Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). Asian-Australian Journal of Animal Sciences, 11: 1588-1594.
- Yamamoto, T., Shima, T. and Furuita, H. 2004. Antagonistic effects of branched-chain amino acids induced by excess protein-bound leucine in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 232: 539-550.
- Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y. and Wu, X. 2014. Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser Baerii*). Aquaculture Nutrition, 20: 69-78.
- عادل، ا. و بقایی، ف. ۱۳۹۵. بررسی تولید و بازار پودر ماهی در توسعه آبی پروری، نشریه توسعه آبی پروری، ۱۰ (۳): ۱۴۹-۱۳۷.
- Arndt, R.E., Hardy, R.W., Sugiura, S.H. and Dong, F.M. 1999. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour for Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Aquaculture, 180: 129-145.
- Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L. 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquaculture Nutrition, 13: 17-34.
- Guo, J., Wang, Y. and Bureau, D.P. 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fishmeal substitutes in practical diets for cuneate drum (*Nibea michthioides*). Aquaculture Nutrition., 13: 81-87.
- Hu, L., Yun, B., Xue, M., Wang, J., Wu, X., Zheng, Y. and Han, F. 2012. Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). Aquaculture, 375: 52-61.
- Milliamena, O.M. 2002. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper, (*Epinephelus coioides*). Aquaculture, 204: 75-84.
- Parkhurst, C.R., Mountney, G., 1987. Poultry Meat and Egg Production. Van Nostrand Reinhold, New York. 1-15 p.