

استفاده از کنسانتره پروتئین سویا در جیره غذایی آبزیان با تأکید بر ماهیان خاویاری

میرحامد سیدحسینی^{۱*}، محمود محسنی^۱، تورج سهرابی^۱، سمیه حسن پور^۲، ایوب یوسفی^۱

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

صندوق پستی: ۴۱۶۳۵۳۴۶۴

۲- مزرعه تکثیر و پرورش خاویار طلایی، جوار سد سنگر، رشت، گیلان، ایران، صندوق پستی: ۴۴۶۹۱۴۶۷۳۷

چکیده

ماهیان سردآبی و خاویاری به ۳۵ تا ۵۰ درصد پودر ماهی در جیره غذایی نیاز دارند. رشد سریع آبزی‌پروری، افزایش تقاضا و کمبود منابع پودر ماهی منجر به گران‌شدن این ماده غذایی شده است. علاوه بر این، کیفیت پودر ماهی متغیر بوده و وابسته به ترکیبات تغذیه‌ای، پاتوژن‌ها، آلودگی‌ها و آمین‌های بیوژنیک است. محققین بسیاری در مورد جایگزین‌های پروتئین پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان تحقیق نموده‌اند. در ماهیان گوشت‌خوار جایگزینی پروتئین‌های گیاهی بجای پودر ماهی به دلیل فاکتورهای ضدتغذیه‌ای و قابلیت هضم پایین موفقیت‌های کمی در پی داشته است. علاوه بر آن، ماهی در مقایسه با جانوران خونگرم نمی‌تواند بطور مؤثری از کربوهیدرات بعنوان منبع انرژی بهره‌گیرد. پروتئین کنسانتره سویا از حلال‌شویی ورقه‌های سفید چربی گرفته‌شده سویا در الکل و اسید به دست می‌آید. حلال‌شویی به وسیله الکل کربوهیدرات‌های محلول در الکل را از بین برده و بطور قابل‌توجهی فاکتورهای ضدتغذیه‌ای (لسیتین، بازدارنده‌های تریپسین، گلایسینین، ساپونین و اولیگوساکاریدها) را کاهش می‌دهد. این فاکتورهای ضدتغذیه‌ای باعث انسداد روده، ناراحتی‌های گوارشی، افزایش حساسیت به بیماری و کاهش شاخص‌های رشد در آبزیان می‌گردد. علاوه بر آن، در مقایسه با پودر ماهی، پروتئین کنسانتره سویا از لحاظ پروتئین، اسیدآمین و کیفیت، قابل رقابت با پودر ماهی است. در میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) امکان جایگزینی پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی تا ۸۰ درصد بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد امکان‌پذیر بود. در تاسماهی سبیری و تاسماهی سفید میزان جایگزینی بین ۴۵ تا ۷۵ درصد گزارش شده است. در صورت دستیابی به تکنولوژی تهیه پروتئین کنسانتره کنجاله سویا با هزینه مناسب، پروتئین کنسانتره سویا منبع پروتئین مناسبی بجای پودر ماهی در تغذیه آبزیان و ماهیان خاویاری در کشور است.

کلمات کلیدی: کنجاله سویا، پروتئین کنسانتره سویا، آبزی‌پروری، تغذیه

^۱نویسنده مسئول: mirhamedhassani@yahoo.com

بیان مسئله

سویا، برخی محققین به سمت تحقیق در مورد جایگزینی محصولات فرآوری شده سویا، نظیر پروتئین ایزوله سویا، کنجاله سویای تخمیرشده و پروتئین کنسانتره سویا (SPC) رفته‌اند. در بین این محصولات، پروتئین کنسانتره سویا، محصولی فرآوری شده است که در آن بخش‌های غیرپروتئینی محلول از کنجاله سویا حذف و منجر به افزایش پروتئین (۶۵ درصد پروتئین)، پروفایل اسیدآمین مناسب، طعم بهتر و حذف فاکتورهای ضدتغذیه‌ای شده است. در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در مورد جایگزینی پودر ماهی با پروتئین کنسانتره سویا در جیره غذایی ماهیان انجام و تأیید شده است که پروتئین کنسانتره سویا می‌تواند جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی کفشک ماهی اقیانوس اطلس (*Hippoglossus hippoglossus*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) و تن‌ماهی دم زرد (*Seriola lalandi*) شود (Wang et al., 2020). به طوری که در حال حاضر، بسیاری از کارخانجات تولیدکننده غذای آبزیان تولید این ماده غذایی را جهت تغذیه آبزیان در صدر کار قرار داده‌اند. در صورتی که تاکنون در داخل کشور مطالعات جدی در مورد دستیابی به تکنولوژی کم هزینه و اقتصادی تولید پروتئین کنسانتره سویا صورت نگرفته است. این مقاله مروری به معرفی این محصول، شیوه‌های تولید آسان و ارزان قیمت و تاثیر جایگزینی آن بجای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان دارد.

مشکلات جایگزینی کنجاله سویا بجای پودر ماهی در

جیره غذایی

الف: بازدارنده های تریپسین

تریپسین یک آنزیم هضم‌کننده پروتئین است که از لوزالمعده ماهیان ترشح شده و در هضم پروتئین و تبدیل آن به پپتید نقش دارد. سویا دارای فاکتورهای بازدارنده

پودر ماهی به دلیل داشتن پروتئینی با کیفیت بالا، پروفایل اسیدآمین و اسید چرب متعادل و طعم خوب یکی از بهترین و مهم‌ترین منابع در تغذیه آبزیان است. اما عرضه پودر ماهی محدود و نیاز به تولید آبزیان سال به سال در حال افزایش و منجر به افزایش سریع قیمت پودر ماهی در سال‌های اخیر شده است. بنابراین، اولویت تحقیقات جهانی بر منابع پروتئینی جایگزین پودر ماهی متمرکز گردیده است (NRC, 2011). سویا (*Glycine max*) گونه‌ای از حبوبات است که دارای پروتئین و روغن گیاهی مرغوبی بوده و می‌تواند به عنوان یک دانه روغنی (محصولی که در درجه اول روغن کشی می‌شود) و یا غله (جهت تغذیه انسان، دام و طیور) مورد مصرف قرار گیرد. دانه سویا بسته به تنوع، موقعیت جغرافیایی و آب و هوا ۳۶ تا ۴۵ درصد پروتئین، ۱۵ درصد کربوهیدرات محلول، ۱۵ درصد کربوهیدرات نامحلول و ۱۸ درصد روغن دارد (Thrane et al., 2017). طی ۱۰۰ سال گذشته، تولید و فرآوری این گیاه در جهان افزایش یافته و به یکی از بزرگ‌ترین منابع تأمین‌کننده روغن خوراکی و پروتئین‌های گیاهی تبدیل شده است. کنجاله سویا محصول باقیمانده پس از روغن‌کشی از دانه سویا است که به عنوان یک منبع پروتئین در خوراک دام و آبزیان (میگو و ماهی) مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱). با این حال، کنجاله سویا در مقایسه با پودر ماهی دارای معایبی مثل پروتئین کم، کمبود مواد معدنی، ویتامین، اسیدآمین‌های ضروری و وجود فاکتورهای ضدتغذیه‌ای می‌باشد. در نتیجه مقادیر زیاد کنجاله سویا در جیره غذایی آبزیان موجب کاهش عملکرد رشد، هضم و جذب مواد مغذی و مقاومت در برابر بیماری می‌شود. بدین منظور، جهت کاهش محتوای فاکتورهای ضدتغذیه‌ای و بهبود ارزش غذایی کنجاله

به نحوه تهیه سویا است. ساپونین بر جدار روده تأثیر منفی داشته و موجب از بین رفتن پرزهایی می‌شود که در جذب غذا نقش دارند. حتی ساپونین موجود در آب، موجب آسیب‌رسانی به اپی‌تلیوم آبشش ماهیان می‌شود (Dersjant-Li, 2002).

مزایای پروتئین کنسانتره سویا در مقایسه با آرد سویا در تغذیه ماهیان

مطالعات نشان داده است که امکان جایگزینی ۴۰ تا ۱۰۰ درصد پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی بدون تأثیر منفی بر روند رشد در برخی گونه‌های تجاری آبزیان پرورشی وجود دارد.

قزل‌آلای رنگین کمان: جایگزینی ۵۰ درصد پروتئین کنسانتره سویا (Soycomil) بجای پودر ماهی در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان ۱۰۶ گرمی در یک دوره آزمایشی ۹۰ با موفقیت انجام شد. Médale و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده نمودند که الحاق ۷۵ درصد پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد و جذب غذا در جیره غذایی این گونه وجود دارد. Olli و Krogdahl (۱۹۹۴) گزارش دادند که جایگزینی ۱۰۰ درصد پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی موجب کاهش رشد در ماهیان نگردید.

آزاد ماهی اقیانوس اطلس (Salmo salar): Storebakken و همکاران (۱۹۹۸) پروتئین کنسانتره سویا را جایگزین ۷۵ درصد پودر ماهی در جیره غذایی این گونه نموده و بر اساس شاخص‌های رشد به دست آمده در ۸۴ روز پرورش نتیجه‌گیری نمودند که پروتئین کنسانتره سویا همانند پودر ماهی منبع پروتئین مناسبی برای تغذیه ماهی آزاد است. در روندی مشابه Olli و همکاران (۱۹۹۴) با مقایسه چهار محصول سویا (آرد سویای از حلال استخراج شده، سویای پوست‌گیری شده، سویای پرچرب پوست‌گیری شده و پروتئین

تریپسین بوده که تأثیر منفی بر قابلیت هضم پروتئین، چربی و رشد در آزاد ماهی، قزل‌آلای رنگین کمان، کپور (Cyprinus carpio)، تیلاپپای نیل (Tilapia niloticus) و گربه‌ماهی کانالی (Ictalurus punctatus) دارد (Dersjant-Li, 2002).

ب: اولیگوساکاریدها

کنجاله سویا دارای ۱۵ درصد اولیگوساکارید است (ساکارز، رافینوز و استاچیوس). اولیگوساکاریدها تأثیر منفی بر مصرف مواد مغذی در ماهی دارند. گزارش گردیده که اولیگوساکاریدها و کربوهیدرات‌های محلول در الکل موجود در پودر سویا موجب کاهش کارایی غذا، قابلیت هضم پروتئین و چربی در آزاد ماهی (Salmo salar) و قزل‌آلای رنگین کمان می‌شوند (Dersjant-Li, 2002).

ج: آنتی‌ژن‌های سویا

آنتی‌ژن‌ها مسئول پاسخ‌های آلرژیک در جانوران بوده و منجر به صدمه دیدن دیواره روده در آبزیان می‌گردند. Rumsey و همکاران (۱۹۹۴) دریافتند که جیره حاوی سطوح بالای آنتی‌ژن‌های کروی و بتاکونگلاسینین مشتق شده از پودر سویا می‌تواند موجب کاهش شاخص‌های رشد، کاهش مصرف پروتئین و افزایش آسیب‌شناختی در روده گردند. آزادماهی تغذیه‌شده با آرد سویای روغن‌کشی‌شده دچار ضایعات اپی‌تلیوم روده همراه با ضایعاتی نظیر افزایش تعداد سلول‌های گابلت (تولید موکوس را برعهده دارند) و کاهش معنی‌دار و یا حتی فقدان واکوئل‌های جذبی بود که در ادامه دچار آنتریت و ضایعات مربوطه در روده انتهایی شدند (Dersjant-Li, 2002).

د: ساپونین

کنجاله و آرد سویا ۰/۴۳-۰/۶۷ درصد ساپونین دارند. حضور ساپونین در محصولات سویا تا حد زیادی وابسته

مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار دادند. تعداد ۲۱۰ بچه تاسماهی سبیری با وزن متوسط ($186/44 \pm 3/31$ گرم) در قالب ۴ تیمار به مدت ۸ هفته با ۴ جیره غذایی که پروتئین کنسانتره سویا به ترتیب در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین پودر ماهی شده بود، تا حدسیری تغذیه شدند. بیومتری در دوره‌های ۱۵ روزه انجام گرفت. در پایان دوره، ۳۰ درصد از جمعیت ماهیان بشکل تصادفی انتخاب و جهت تعیین ترکیب شیمیایی لاشه به آزمایشگاه ارسال گردید. اختلاف معنی‌داری در وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین و ضریب تبدیل غذا در ماهیان تغذیه شده از جیره‌هایی که در آن پروتئین سویا به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین پودر ماهی شده بود، نسبت به ماهیان تیمار شاهد مشاهده نشد. همچنین با افزایش پروتئین کنسانتره سویا در جیره، پروتئین و چربی لاشه افزایش یافت. به طوری که بیشترین میزان پروتئین و چربی لاشه در ماهیان تغذیه شده از جیره ۲۰ درصد پروتئین کنسانتره سویا جایگزین پودر ماهی ثبت گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که پروتئین کنسانتره سویا از پتانسیل مناسبی جهت جایگزینی با پودر ماهی در جیره غذایی تاسماهی سبیری برخوردار است.

دستورالعمل ترویجی

– روش تولید پروتئین کنسانتره سویا (SPC) و پروتئین ایزوله سویا (SPI)

الف: روش تولید پروتئین کنسانتره سویا (SPC)

– کنسانتره سویا حاصل انجام برخی فرآیندهای حلال‌شویی بر روی ورقه‌های بدون چربی سویا است که تحت فرآیندهای مذکور بیشتر اجزاء غیر پروتئینی محلول در آب از آن خارج می‌شود و محصول به صورت ماده خشک دارای ۶۰ تا ۷۰ درصد پروتئین حاصل می‌گردد.

کنسانتره سویا) در تغذیه این گونه نتیجه گرفته بودند که ارزش غذایی پروتئین کنسانتره سویا قابل رقابت با پودر ماهی است. در صورتی که سه محصول دیگر سویا موجب کاهش شاخص‌های رشد هنگام افزایش سطوح الحاق آنها به جیره غذایی شده بود که نشان‌دهنده ارزش غذایی پایین آنها در مقایسه با پودر ماهی بود.

کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

Escaffre و همکاران (۱۹۹۷) گزارش دادند که تغذیه آغازین کپور با جیره‌ای که در آن پروتئین کنسانتره سویا تا حد ۴۰ درصد جایگزین پودر ماهی شده بود، تأثیر منفی بر بقاء و یا رشد لارو کپور ندارد.

میگوی سفید غربی (*Litopenaues vanamei*)

نتایج Hu و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که امکان جایگزینی ۸۰ درصدی پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی بدون تأثیر منفی بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و سیستم ایمنی میگوی سفید غربی وجود دارد.

حلوا ماهی فلوریدا (*Trachinotus carolinus*)

نتایج تحقیقات Quintera و همکاران (۲۰۱۱) بر این نکته دلالت داشت که امکان جایگزینی پروتئین کنسانتره به میزان ۷۵ درصد بجای پودر ماهی در این گونه امکان‌پذیر است.

تاسماهی آمور (*Acipenser schrenckii*)

Xu و همکاران (۲۰۱۲) بر اساس درصد افزایش وزن، ترکیب لاشه و شاخص‌های ایمنی بدن، توصیه نمودند که ۶۴/۵۷ درصد پروتئین ایزوله سویا را می‌توان جایگزین پودر ماهی نمود.

تاسماهی سبیری (*Acipenser baeri*)

در راستای استفاده از پروتئین کنسانتره سویا در جیره غذایی ماهیان خاویاری، یزدانی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر پروتئین کنسانتره سویا (SPH300) بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذا و ترکیب لاشه تاسماهی سبیری را

- جداسازی پروتئین از کربوهیدرات توسط نقطه ایزوالکتریک (pH بین ۴/۲ تا ۴/۵) صورت خواهد پذیرفت. این فرایند توسط اسیدهای خوراکی نظیر اسیدکلریدریک و یا اسیدفسفریک انجام می‌شود. بعد از جداسدن پروتئین نامحلول از ماده خشک، با انجام سانتریفیوژ، پروتئین از کربوهیدرات محلول جدا، جمع‌آوری و شسته می‌شود.

در آخرین مرحله پروتئین خام با نمک‌های قلیایی مانند سدیم یا پتاسیم هیدروکسید به حالت خنثی در pH ۶/۷ تا ۷/۲ درآمده و خشک می‌شود. پروتئین ایزوله سویا دارای ۹۰ درصد پروتئین و فاقد هر گونه ماده ضدتغذیه‌ای است (Thrane, 2017) (نمودار ۳).

استانداردها و خصوصیات شیمیایی

الف: ویژگی‌های فیزیکی

- شکل ظاهری: انواع پروتئین سویا (کنسانتره و ایزوله سویا) به اشکال گرانول درشت و ریز پودر عرضه می‌شود.

-رنگ: رنگ پروتئین سویا از کرم شیری تا کرم نخودی متغیر است.

-بو: پروتئین سویا باید دارای بوی طبیعی مخصوص بخود بوده و عاری از هر گونه بوی غیرطبیعی بخصوص تند شدگی ناشی از اکسیداسیون باشد.

- در این فرایند کربوهیدرات‌های محلول از طریق قرار دادن کنجاله سویا در محلول اسیدی با pH مخصوص (۴/۵ تا ۵)، قرار گرفتن سویا در گرمای دنا تورا سیون (بخار اکستروژن) و شستشو بوسیله آب و یا قرار گرفتن کنجاله در محلول متانول / اتانول (با غلظت ۶۰-۹۰ درصد) جدا می‌شود.

-حذف کربوهیدرات‌های محلول (در درجه اول ساکارز، استاچیوس و رافینوز) از روش‌های مذکور باعث می‌شود که اولاً مقدار پروتئین ماده خشک محصول به ۶۵ درصد برسد و ثانیاً با حذف کربوهیدرات‌های محلول بسیاری از فاکتورهای ضدتغذیه‌ای کاهش یابد.

جهت از بین بردن کربوهیدرات‌های نامحلول و کاهش میزان فیتات در محصول از آنزیم‌های حل‌کننده پلی ساکارید و آنزیم فیتاز استفاده می‌شود. در مرحله نهایی دلمه به دست آمده در دستگاه اسپری درایر قرار داده شده، خشک و بصورت پودر بیرون می‌آید (Thrane, 2017) (نمودارهای ۱ و ۲).

ب: روش تولید پروتئین ایزوله سویا (SPI)

تولید ایزوله پروتئین سویا خلاف تولید پروتئین سویا است.

-در این فرایند بر عکس این که کربوهیدرات‌های محلول از پروتئین جدا شود، پروتئین موجود در کنجاله سویا از ماده خشک جدا می‌شود. علاوه براین فیبر (پکتین، سلولز و همی سلولز) و کربوهیدرات (ساکارز و انواع الیگوساکاریدها) نیز از پروتئین حذف خواهد شد.

- مرحله بعد قرار دادن ورقه‌های سویا در محلول قلیایی (pH 8-9) است که در این فرایند پروتئین و کربوهیدرات محلول را از فیبر جدا خواهد کرد. فیبر نامحلول (spent flake) از طریق قرار گرفتن در محلول آب به نسبت ۱:۱۰ و ۱:۲۰ جدا خواهد شد.

ب: ویژگی‌های شیمیائی

ویژگی‌های شیمیائی انواع پروتئین سویا بشرح جدول زیر می‌باشد

ویژگی‌های بر اساس ماده خشک (درصد)	کنسانتره پروتئین سویا (درصد)	ایزوله پروتئین سویا (درصد)
میزان رطوبت	حداکثر ۷	حداکثر ۵
میزان پروتئین	حداقل ۶۵	حداقل ۹۰
میزان خاکستر کل	حداکثر ۶	حداکثر ۴
میزان خاکستر غیرمحلول در اسید کلردریک	حداکثر ۰/۳	حداکثر ۰/۲
میزان چربی	حداکثر ۰/۵	حداکثر ۰/۳
میزان الیاف خام	حداکثر ۶	حداکثر ۰/۵
فعالیت اوره	منفی	منفی

(NRC, 2011; Thrane et al., 2017)

د: نشانه‌گذاری

بر روی هر بسته مشخصات زیر باید به زبان فارسی و در صورت صدور به زبان انگلیسی و یا بزبان کشور خریدار نوشته و یا برچسب شود:

- ۱) نام (پروتئین سویا بافتدار، پروتئین سویا کنسانتره و یا پروتئین سویا ایزوله)
- ۲) نوع (برحسب شکل ظاهری، پودر، گرانول و غیره)
- ۳) وزن خالص
- ۴) نام و آدرس تولیدکننده
- ۵) شماره پروانه ساخت
- ۶) دستورالعمل نگهداری و روش استفاده
- ۷) تاریخ تولید
- ۸) درصد مواد متشکله

- فرمولاسیون جیره و ساخت غذا: در حال حاضر اقلام غذایی متداول در جیره غذایی ماهیان خاویاری شامل منابع پروتئین‌های جانوری ((انواع پودر ماهی (نظیر پودر ماهی کیلکا، پودر ماهی بچ، پودر ماهی موتو) پودر خون، پودر گوشت و استخوان)، پروتئین‌های گیاهی با مقدار پروتئین بالای ۵۰ درصد (گلوتن گندم، آرد گلوتن ذرت، کنجاله سویا، سویای فرآوری شده)، پروتئین‌های گیاهی با مقدار پروتئین کم (آرد کانولا، آرد ذرت و آرد گندم) می‌باشند. به نظر می‌رسد که با ورود پروتئین کنسانتره سویا تا حد زیادی وابستگی به پودر ماهی و الحاق پروتئین‌های گیاهی کاهش یابد.

- به منظور فرمولاسیون خطی جیره در محیط Excel بهتر است ترکیب تقریبی بیوشیمیایی ترکیبات شامل میزان پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر، فیبر، عصاره عاری از ازت، کربوهیدرات کل و در صورت امکان پروفایل اسیدهای چرب و آمینه در آزمایشگاه مشخص شود. در مرحله بعد فرمولاسیون خطی در محیط اکسل صورت

ج: بسته‌بندی

- پروتئین سویا را می‌توان در کیسه یا ظروف پلاستیکی، پاکت‌های چند لایه کاغذی ترجیحاً با لفاف داخلی پلاستیکی، کیسه‌های دو لایه کنفی و پلاستیکی و یا قوطی‌های فلزی متناسب با وزن کالا بسته‌بندی نمود.
- در صورتیکه پروتئین سویا در کیسه بسته‌بندی گردد، دهانه کیسه‌ها باید بصورت دو ردیفه دوخته شود.
- لوازمی که برای بسته‌بندی پروتئین سویا بکار برده می‌شود، باید سالم، تمیز، خشک و بدون بو باشد.
- روش بسته‌بندی باید طوری باشد که با در نظر گرفتن رطوبت کالا و مشخصات لوازم بسته‌بندی حفاظت کامل علیه هرگونه فساد و آسیب ناشی از عملیات معمولی حمل و نقل تأمین گردد.
- حداکثر وزن هر بسته نباید از ۵۰ کیلوگرم بیشتر باشد.
- بسته‌های موجود در هر باید از نظر شکل، اندازه، وزن و نوع فرآورده یکنواخت باشد.

همزن دو زبانه، کاملاً با یکدیگر مخلوط شوند. محصول حاصل با استفاده از دستگاه پلتزن (یا دستگاه چرخ گوشت صنعتی) به قطر ۴ تا ۸ میلی‌متر (بسته به اندازه دهانی ماهیان مزرعه) تولید شوند. پلت‌ها با استفاده از دستگاه خشک کن طبقاتی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۴۸ ساعت تا رطوبت تقریبی ۱۰ درصد، خشک شوند. بعد از قرار گرفتن به مدت بیست دقیقه در داخل دستگاه خنک‌کننده، از الک (جهت جداسازی پلت‌های شکسته و نامناسب) عبور داده شوند. در نهایت جیره‌ها شماره‌گذاری و در محفظه‌های عاری از هوا بسته‌بندی و تا زمان مصرف در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردند. یک ساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها از فریزر خارج و پس از متعادل‌شدن با دمای اتاق، با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در اختیار ماهی قرار گیرند (محسنی و همکاران، ۱۳۹۷).

- جیره ساخته‌شده جهت تعیین ترکیب بیوشیمیایی و پروفایل اسیدآمین به آزمایشگاه ارسال گردد.
- غذاهای تا حد سیری در ساعات ۹:۰۰ تا ۱۵:۰۰ و ۲۱:۰۰ با مخلوطی از آب چاه و رودخانه باشد که امکان تنظیم درجه حرارت در طی دوره آزمایش و شفافیت لازم جهت بررسی نحوه غذاگیری و میزان غذای مصرفی ماهیان را امکان‌پذیر سازد.

مشکلات، فناوری و توجیه اقتصادی

تکنیک استخراج و بازیافت پروتئین به‌ترتیب در محیط قلیایی و اسیدی در مقیاس آزمایشگاه پر هزینه و در سطح تجاری ارزان و کم هزینه است. خط تولید این محصول را می‌توان با طراحی یک دیگ حلال شوی (محتوی نمک طعام ۰/۵ مولار و یا در صورت امکان حلال‌های کاهش دهنده فاکتورهای ضدتغذیه‌ای نظیر اتانول ۸۰ درصد و یا محلول آمونیاک/متانول)، لوله‌های انتقال آب، اسید و

گیرد. این فرمولاسیون ساده است چون میزان پروتئین کنسانتره سویا تقریباً مساوی با پودر ماهی است (۶۵ تا ۷۰ درصد در مقابل ۶۵ درصد) و سطوح جایگزینی حداقل ۴۰ تا ۵۰ درصد در نظر گرفته شود.

- جایگزینی اجزای غذایی جانشین بجای پودر ماهی منجر به تفاوت در میزان پروفایل اسیدآمین و اسیدهای چرب ضروری در جیره‌های مختلف می‌گردد. برای مثال در سطوح بالای الحاق پروتئین کنسانتره سویا نیازمندی متیونین مدنظر قرار گیرد و با اضافه نمودن اجزای غذایی غنی از متیونین و یا متیونین سنتتیک از کاهش این اسیدآمین ضروری در جیره جلوگیری شود. محدودکنندگی متیونین بوسیله کاهش رشد در سطوح بالای الحاق پروتئین کنسانتره سویا در بعضی گونه‌ها مشاهده شده است.

- بچه ماهیان و ماهیان انگشت قد نسبت به فاکتورهای ضدتغذیه‌ای آرد سویا حساس بوده، اما با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالا و قابلیت هضم مناسب اسیدهای آمینه پروتئین کنسانتره سویا، این ماده می‌تواند به‌عنوان یک منبع جایگزین مطمئن بکار رود. ولی برای ماهیان پروراری می‌توان ترکیبی از پروتئین کنسانتره سویا و پودر سویا را در سطوح بالاتر (۸۰ درصد) جایگزین پودر ماهی در جیره نمود. البته در مورد ماهیان خاویاری باید تحقیقات بیشتری صورت پذیرد.

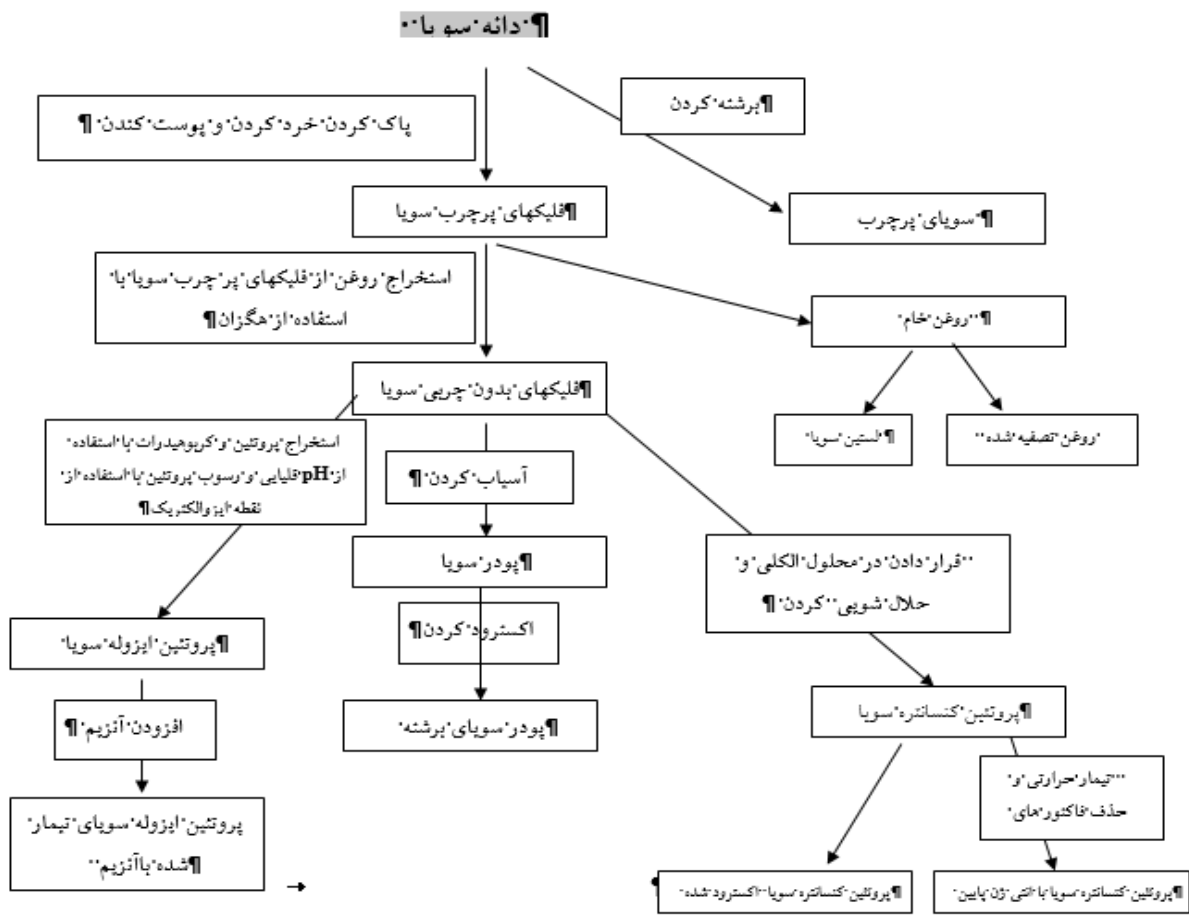
- مواد خشک و ترکیبات درشت (پودر ماهی، پروتئین کنسانتره سویا، پودر گوشت و استخوان، ملاس و غیره) قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب به قطر ۲۰۰ میکرون شکسته و به‌مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه مخلوط‌کن با یکدیگر مخلوط شوند. مواد ریز مغذی (نمک، ویتامین پرمیکس، مکمل معدنی، ال-کارنیتین، ویتامین C، کولین، کربوکسی متیل سلولز و دی‌کلسیم فسفات) به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه

قیمت پروتئین سویای تولید شده در شرایط آزمایشگاهی بیشتر از پودر ماهی می‌باشد، اما با توجه به کاهش روزمره پودر ماهی و افزایش قیمت آن در سالیان آینده قیمت پودر ماهی به پروتئین کنسانتره سویا نزدیک خواهد شد. در صورتی که با به دست آوردن بیوتکنیک بهینه و موثر پروتئین کنسانتره سویا و تولید تجاری آن قیمت محصول به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت و منبعی مطمئن جهت پروتئین آبزبان خواهد شد.

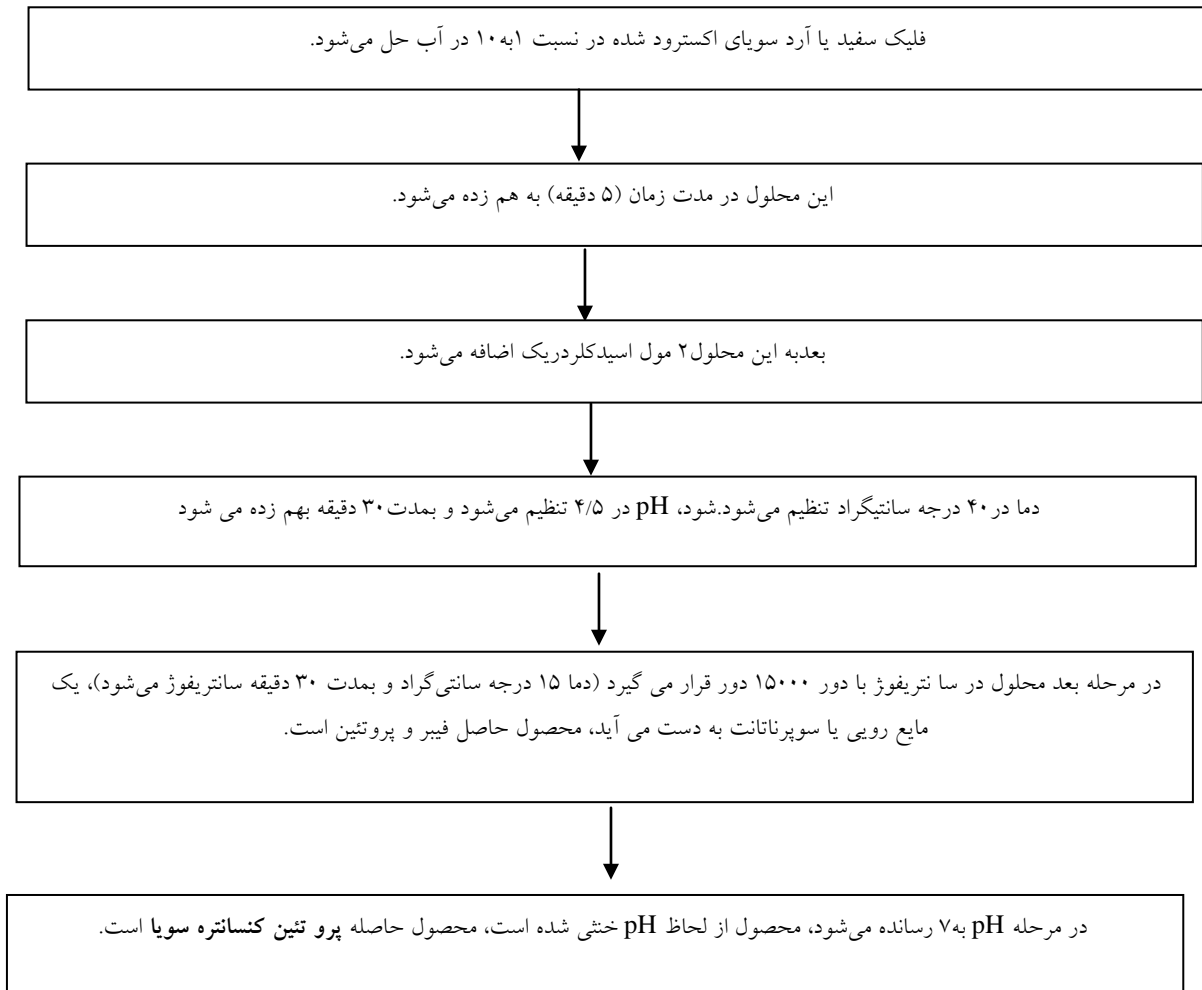
سود، پرده غشایی جهت جدا نمودن فاز محلول از فاز نامحلول، محفظه رسوب پروتئین و تزریق بخار داغ راه-اندازی نمود. همچنین وجود یک اسپری درایر صنعتی جهت خشک کردن پروتئین نیمه جامد و تبدیل آن به پودر لازم است.

در حال حاضر، هزینه تولید یک کیلوگرم پروتئین کنسانتره سویا با استفاده از روش حلال‌شویی بین ۶۵۰۰۰۰ تا ۸۵۰۰۰۰ ریال است. قیمت یک کیلوگرم پودر ماهی مرغوب بین ۳۵۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ ریال است. اگرچه

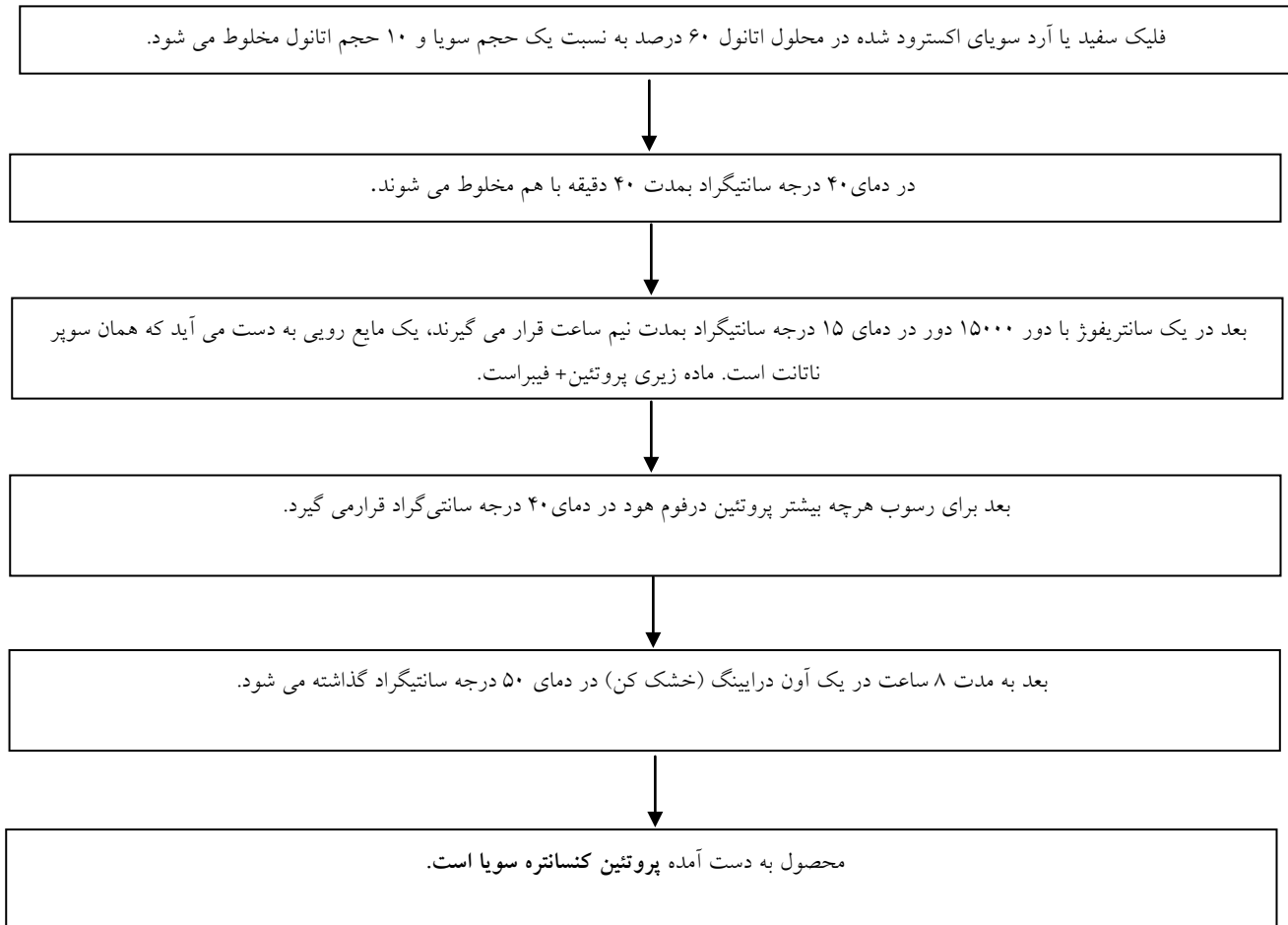
شکل ۱: نمایی کلی از فراوری دانه سویا جهت مصارف انسانی و تغذیه دام طیور و ابزبان



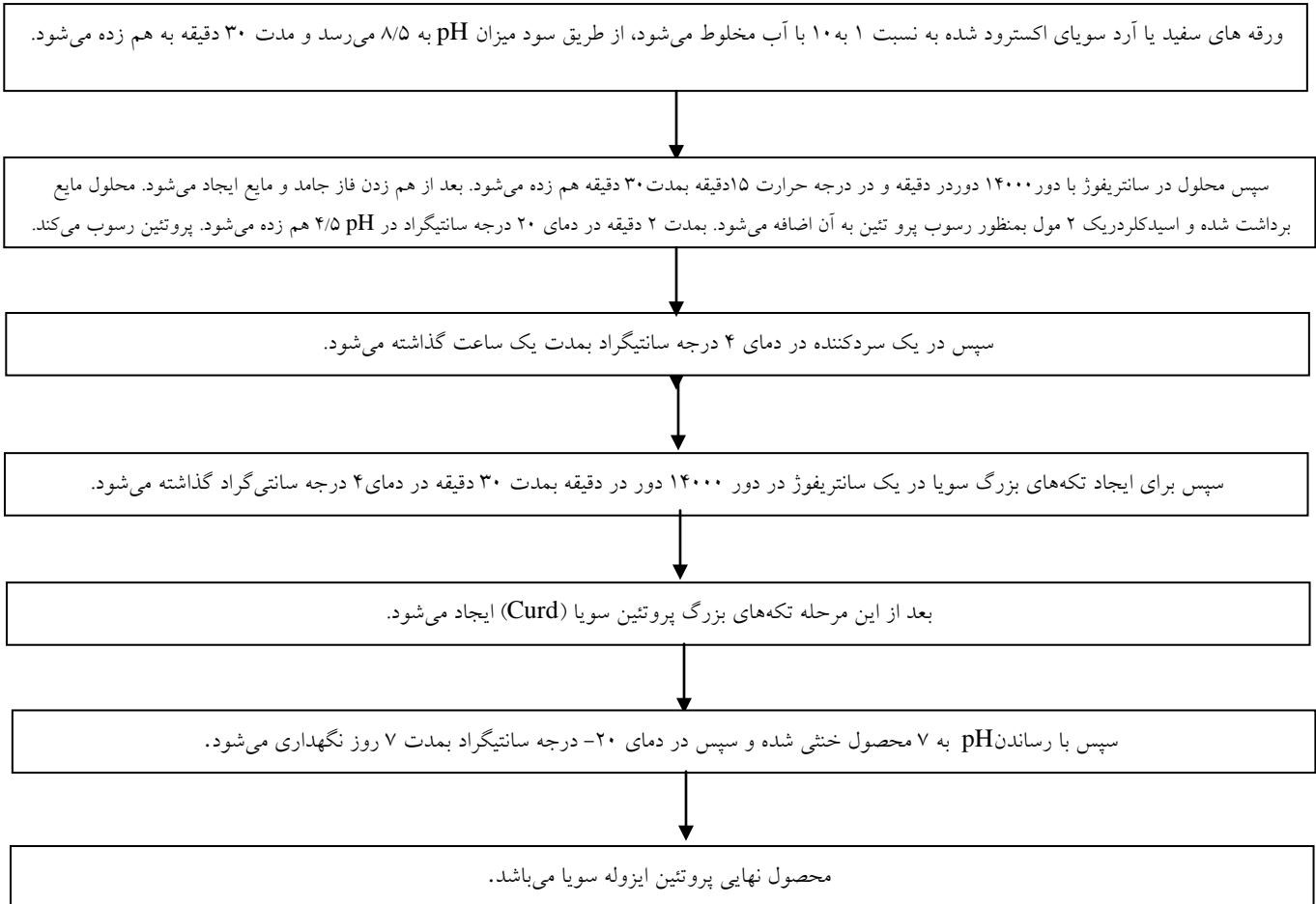
نمودار ۱: تولید پروتئین کنسانتره سویا از طریق اسیدشویی



نمودار ۲: تولید پروتئین کنسانتره سویا از طریق حلال شویی با الکل



نمودار ۳: تولید پروتئین ایزوله سویا



منابع

- محسنی، م.، کریمی نسب، م.، راست روان، م.ا. و گل علیپور، ی.، ۱۳۹۷. بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر میزان رشد، ترکیب شیمیایی بدن و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۸ (۲)، ۱۶۵-۱۷۸.
- یزدانی ساداتی، م.ح.، رضایی، آ.، ۱۳۹۳. تأثیر جایگزینی پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی بر شاخص های رشد و ترکیب لاشه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) مجله علمی شیلات ایران، ۲۳(۴)، ۷۳-۸۴.

Dersjant-Li, Y., 2002. The use of soy protein in aquafeeds. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México

NRC, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. The National Academies Press, Washington, D.C.

Thrane, M., Paulsen, P. V., Orcutt, M. W., and Krieger, T. M. (2017). Soy protein: Impacts, production, and applications. In *Sustainable protein sources* (pp. 23-45). Academic Press.

Wang, X. X., Yuan, Y., Li, C. C., Zhou, F., Jin, M., Sun, P., and Zhou, Q. C. (2020). Partial substitution of fish meal with soy protein concentrate in commercial diets for juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114-290.

Use of soy protein concentrate in the diet of farmed fish with emphasis on sturgeon

Mir Hamed Seyed Hassani*¹, Mahmoud Mohseni ¹, Ayub Yousefi Jordehi ¹, Touraj Sohrabi ¹, Somayeh Hassanupour ²

1-International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

2-Golden Caviar Reproduction and Breeding Farm, Near Sangar Dam, Rasht, Gilan, Iran

Abstract

Fish need to 30 to 50 percent of fish meal in their diet. The rapid growth of aquaculture, increasing demand and shortage of fish meal resources have led to the increase in the price of this food. In addition, quality of fish meal varies and depends on nutritional compounds, pathogens, contaminants and biogenic amines. Many researchers have done investigate on fish meal replacement in aquatic diets. In carnivorous fish, replacement fish meal with plant protein has had little success due to its anti-nutritional and low digestibility factors. In addition, fish cannot effectively use carbohydrates as an energy source compared to warm-blooded animals. Soy protein concentrate is obtained by dissolving soy defatted white flake in alcohol and acid. Alcohol eliminates alcohol-soluble carbohydrates and significantly reduces anti-nutritional factors (lecithin, trypsin inhibitors, glycine, beta-conglacycin, saponin, and oligosaccharides). These anti-nutritional factors cause intestinal obstruction, gastrointestinal disorders, increased susceptibility to disease and decreased growth indices in aquatic animals. In addition, compared to fish meal, soy protein concentrate is competitive with fish meal in terms of protein, amino acids and quality. In *Litopenaeus vannamei*, it was possible to replace fish meal by soybean protein up to 80% without adversely affecting growth indices. In Siberian sturgeon and white sturgeon, replacement rate is reported to be between 45 and 75%. In case of obtaining the technology soy protein concentrate preparing at a reasonable cost, soy protein concentrate is a suitable source of protein instead of fish meal in the nutrition of aquatic and sturgeon in the country.

Keywords: Soybean meal, Soy protein concentrate, Aquaculture, Nutrition