



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

سومین همایش

منابع شیلاتی فناوری های نوین

۱۰ و ۱۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۸
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان



سومین همایش و اولین کنفرانس ملی
منابع شیلاتی

بدینوسیله گواهی می شود سرکار خانم فاطمه داودی

در سومین همایش ملی منابع شیلاتی- فناوری های نوین که در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان برگزار شد، مقاله ای تحت عنوان
"مروری بر فناوری های تولید جیره غذایی آبزیان" به صورت پوستر ارائه نموده اند.

بدین وسیله از فعالیت و تلاش علمی جنابعالی تقدیر و تشکر نموده و موفقیت روز افزونتان را در تمامی عرصه ها از خداوند متعال خواستاریم.

دبیر همایش
علی شعبانی

دبیر علمی
علی شعبانی

دبیر اجرایی
سید کریم



سومین همایش و اولین کنفرانس ملی
منابع شیلاتی



مرکز ملی منابع آبزیان ایران



پایگاه تخصصی علم و فن

مرکز ملی منابع آبزیان ایران

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

پژوهشگاه ملی منابع آبزیان

اداره کل شیلات استان گلستان

سازمان شیلات ایران

سازمان شیلات ایران

سازمان شیلات ایران

سازمان شیلات ایران



مروری بر فناوری های تولید جیره غذایی آبزیان

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

^۱ دانشجوی کارشناسی، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۲ دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

fatemeh.davoudisefidkohi@gmail.com

چکیده

آبزی پروری، یکی از سریع ترین فعالیت های تولید غذا در جهان می باشد. این فعالیت نقش قابل ملاحظه ای در بسیاری از کشورها با فراهم سازی درآمد بیشتر، تغذیه بهتر و فرصت های شغلی مطلوب تر ایجاد می کند. لذا صنعت تولید غذای آبزیان هماهنگ با رویکرد توسعه آبزی پروری به سمت شناسایی و استفاده از روش های بهینه و روزآمد تولید غذای آبزیان با هدف بهبود میزان قابلیت هضم و تولید محصول نهایی حرکت نموده است. از جمله فناوری های تولید جیره غذایی آبزیان می توان به روش تولید پلت (سرد و گرم)، اکسپند و اکستروژ (یک یا دو شافت) اشاره نمود. امروزه روش اکستروژ به دلیل اهمیت قابل ملاحظه ای که در بهبود میزان عملکرد رشد و کارایی استفاده از غذا در آبزیان پرورشی داشته است، مورد توجه متخصصین امر قرار گرفته است. با تغییر برخی از مهم ترین پارامترها از جمله دما و میزان رطوبت مورد نیاز در مخلوط غذایی، می توان اقدام به تولید جیره های غذایی با رفتارهای شناوری مختلف نمود.

کلمات کلیدی: آبزی پروری، جیره غذایی، فناوری تولید، اکستروژ، اکسپند

مقدمه

رشد سریع آبزی پروری جهان در دهه های اخیر به طور فزاینده ای به استفاده از غذای آبزیان متکی بوده است (سجادی، ۱۳۹۶). غذا بیشترین هزینه را در تولید آبزیان پرورشی دارد و بین ۵۰-۶۰ درصد از هزینه کل تولید را تشکیل می دهد (افشار مازندران، ۱۳۸۱). انتخاب و خرید مواد خوراکی با کیفیت بالا، فرمولاسیون (جیره نویسی) غذا و استفاده از فناوری های مناسب ساخت غذا می تواند بر روی کیفیت نهایی غذای آبزیان تأثیرگذار باشد. علاوه بر این، تغییر در فناوری های تولید و بازاریابی آبزیان و تغییر در مواد خوراکی (اجزای تشکیل دهنده غذا)، تغییرات ساختاری کلیدی هستند که برای رشد بخش آبزی پروری در آینده ضرورت دارند (سجادی، ۱۳۹۶). میزان کارایی تغذیه را نه تنها از راه رشد بلکه از راه بررسی تأثیر آن بر سلامت آبزیان می بایست مورد ارزیابی قرار داد؛ بنابراین، استفاده از شاخص های مناسب به منظور بررسی کارایی جیره غذایی در ارتباط با سلامت آبزیان امری ضروری تلقی می شود (ناکاگاو و همکاران، ۲۰۰۷). ساخت غذای ترکیبی شامل انجام مجموعه عملیاتی است که هدف نهایی آن ترکیب نمودن چندین ماده خام با نسبت هایی است که از قبل با توجه به شاخص های تغذیه ای تعیین شده اند. این هدف از طریق ترکیب اجزا غذایی به صورت جامد (آردهایی با منشأ حیوانی، کنجاله ها، غلات، مواد معدنی و ویتامین ها) یا مایع (روغن ماهی، لسیتین ها، ویتامین های خاص و عوامل همبند) حاصل می شود. غذاها در اشکال مورد نیاز ساخته می شوند؛ تا بدین طریق حمل و نقل و جابجایی آن ها ساده تر شده، مصرف آن آسان تر صورت گرفته و آلودگی استخرها نیز کمتر می شود. سازندگان غذا اغلب ترجیح می دهند تا خطوط تخصصی شده تولید شامل فرایندهای سنتی (آسیاب کردن، تعیین مقدار اجزا غذایی و مخلوط کردن) و فرایندهای ویژه (پرس کردن، اکستروژن، خشک کردن، پوشش دار کردن و خرد کردن) را به وجود آورند (گالیوم



و همکاران، ۲۰۰۷). از شیوه‌های مختلفی در تولید غذا و قرار دادن ترکیبات مغذی در کنار هم جهت تبدیل به یک غذای کامل برای آبزیان استفاده می‌شود. این صنعت هر روز در حال توسعه و پیشرفته است و دستگاه‌ها و تجهیزات خاص برای ساخت غذای آبزیان با در نظر گرفتن شیوه مصرف و رفتار آبزی در رویارویی با غذا طراحی و ساخته می‌شود. هم‌اکنون مشکلاتی در خصوص اضافه کردن چربی‌ها و مواد ویتامینه به جیره‌های آبزیان وجود دارد که پیشرفت‌هایی در این زمینه انجام یا در حال گسترش است (فلاحکار، ۱۳۹۴).

فرمولاسیون جیره غذایی

فرمولاسیون جیره غذایی برقراری نوعی تعادل بین مواد مغذی یا غذا و هزینه کل است. هدف کلی در فرمولاسیون جیره غذایی، تولید یک غذا با ایجاد حداکثر رشد در موجود با حداقل هزینه است. با آگاهی کامل از احتیاجات حیوان (از جمله ماهی) و دسترسی به اطلاعات لازم در مورد میزان مواد مغذی در مواد خوراکی می‌توان جیره‌ی مناسبی را تنظیم کرد (سجادی، ۱۳۹۶). فرمولاسیون جیره غذایی یک عمل اختصاصی است. بهترین فرمول‌ها آن‌هایی هستند که با استفاده از کامپیوتر و با روش‌های برنامه‌ریزی خطی طراحی می‌شوند. روش‌های برنامه‌ریزی خطی امکان به‌کارگیری طیف وسیعی از اجزای مختلف و افزودنی‌ها را برای دستیابی به تعادل غذایی با حداقل هزینه فراهم می‌سازند. به‌طور کلی پارامترهای کنترلی شامل میزان مواد مغذی (پروتئین خام، چربی خام، اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب)، انرژی ناخالص، عصاره عاری از ازت، خاکستر، ترکیبات ضد تغذیه‌ای (گوسپول، گلوکوسینولات، فیتات و...) و بار میکروبی در خصوص اجزای تشکیل‌دهنده جیره آبزیان بایستی مدنظر قرار گیرند (افشار مازندران، ۱۳۸۱).

انتخاب اجزای جیره و افزودنی‌ها

انتخاب اجزای جیره و یا افزودنی‌ها به عواملی مانند امکان انتخاب آن در جیره آبزیان، قابلیت دسترسی به مقادیر کافی برای برآورده سازی نیازهای غذایی در طول سال، میزان هزینه، پایداری در طول فراوری، انبار سازی و غذادهی، سازگاری با مراحل مختلف فراوری و وضعیت عوامل ضد تغذیه‌ای موجود بستگی دارد (افشار مازندران، ۱۳۸۱) همچنین رعایت مقررات در خصوص استفاده از افزودنی‌های غذایی در مورد حیوانات اهلی و آبزیان الزامی است (ناکاگوا و همکاران، ۲۰۰۷).

انواع غذاهای تجاری آبزیان

غذاهای آغازین برای بچه ماهیان و لاروها (شامل ریز غذاهای میکرو باند، ریز غذاهای پوشش‌دار، ریز غذاهای کپسول دار، ریز غذاهای اکسترودر کروی شکل می‌شود)، غذای بچه ماهیان انگشت قد، غذای مرحله گذار، غذای ماهیان پرواری، غذای ماهیان مولد، غذاهای با آلودگی کم، غذاهای سیستم‌های مدار بسته، غذاهای پرانرژی، غذاهای حاوی دارو و غذاهای رنگدانه دار، از انواع غذاهای تجاری در آبزی پروری محسوب می‌شوند (سجادی، ۱۳۹۶).

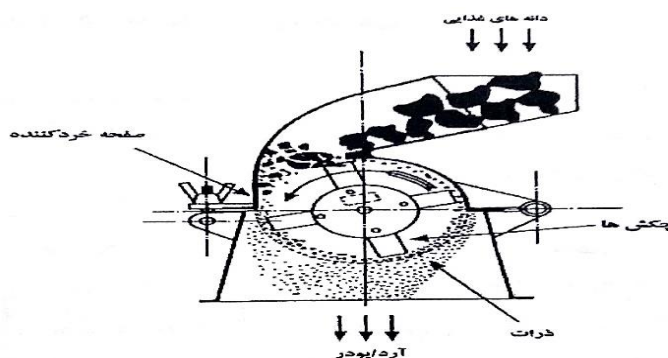
فرآیندهای متداول در تولید غذای آبزیان

از فرآیندهای متداول در تولید غذای آبزیان می‌توان به آسیاب کردن، تعیین نسبت‌های مواد در ترکیب غذا، استفاده از عوامل همبند، همگن سازی و مرحله آماده‌سازی اشاره کرد.



آسیاب کردن

آسیاب کردن شامل تبدیل مواد خام به ذرات ریز است که منجر به همگنی بیشتر، ایجاد ترکیب پایدارتر و منظم تر شدن شکل غذا، کاهش ابعاد و همچنین مقداری از رطوبت به علت تماس مستقیم با هوا می شود (فلاحکار، ۱۳۹۴؛ افشار مازندران، ۱۳۸۱). با الک شدن پودر حاصل شده، درجه خرد شدن ذرات غذایی تعیین می شود. همچنین ممکن است برخی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی ماده غذایی بر اثر افزایش دمای ناشی از فرآیند آسیاب شدن تغییر کند. معمولاً آسیاب های مختلفی در این خصوص استفاده می شوند که می توان به آسیاب های چکشی، غلتکی و توربینی اشاره کرد (فلاحکار، ۱۳۹۴). آسیاب های چکشی از معمول ترین و کارآمدترین وسیله آسیاب کننده بخصوص برای اجزا با چربی اندک می باشند (شکل ۱). میزان کارایی آسیاب به تعداد چکش ها، ابعاد، آرایش و میزان تیزی آن ها، سرعت چرخش و قدرت اسب بخار موتور و همچنین ابعاد غربال و نوع ماده در حال آسیاب بستگی دارد (افشار مازندران، ۱۳۸۱) در این روش، مواد غذایی وارد محفظه ای گردیده و توسط چکش های ثابت شده روی یک قسمت گرداننده خرد می شوند. ذرات حاصله مجدداً داخل محفظه می چرخند تا به اندازه کافی کوچک شوند و بتوانند از منافذ الک در نظر گرفته شده ای که در قسمت های پایین دستگاه قرار گرفته اند، عبور کنند (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). در این نوع آسیاب ها، فیبر موجود در مواد اولیه که حالت سایشی دارد به راحتی از نقاط تماس با چکش دور شده و به خوبی خرد نمی شوند. این نکته در خصوص خوراک میگو که اندازه ذره های غذایی نباید بیش از ۲۰۰ میکرون باشد بسیار اهمیت دارد (فلاحکار، ۱۳۹۴). قطر منافذ الک از ۰/۵ میلی متر (برای غذای میگو و نوزادان ماهی) تا ۳/۵ میلی متر (برای غذای ماهی های بزرگ تر) تغییر می کند. هنگامیکه منافذ الک کوچک بوده و سرعت جانبی چکش ها بالاست، اندازه ذرات کوچک می شود. قطر منافذ الک تعیین کننده حداکثر اندازه ذرات آسیاب شده است (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). حداکثر اندازه ذره ها نباید از یک سوم قطر منافذ قالب خروجی پس از فرآیند متراکم سازی و شکل دهی پلت باشد. معمولاً برای غذای ماهی ها، متوسط اندازه ذره های کمتر یا مساوی ۵۰۰ میکرون توصیه می شود که در مورد ماهی های جوان و سخت پوستان باید کوچک تر (۱۸۰-۲۵۰ میکرون) باشد. زمانی که غذا برای لارو تهیه می شود این مقدار باید کوچک تر از ۵۰ میکرون باشد و آسیاب کردن آن در دو مرحله انجام شود. در چنین مواقعی، غربال کردن تکمیلی به منظور حذف مواد سخت مانند استخوان های ماهی ضروری است زیرا تبدیل آن ها به پودر دشوار است و ممکن است قالب را مسدود یا غذای پلت شده را شکننده کنند. در آسیاب های غلتکی نیز وضعیت مانند آسیاب های چکشی است ولی آسیاب های توربینی برای حفظ یکنواختی، هموژنیزه کردن و تهیه مواد در اندازه های مورد نظر مناسب اند. تنها مشکل موجود در این نوع آسیاب ها پایین بودن بازده کاری است که برای رفع این نقیصه استفاده از بو جاری و سرند پیشنهاد می شود (فلاحکار، ۱۳۹۴).



شکل ۱. نمایی از یک آسیاب چکشی در صنعت تولید غذای آبزیان (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷)

تعیین نسبت های مواد در ترکیب غذا

تعیین نسبت مواد مختلف در یک ترکیب غذایی متناسب و مطلوب از طریق اندازه گیری صورت می گیرد. اندازه گیری را می توان به صورت حجمی یا وزنی که معمول تر است، انجام داد. دقت در اندازه گیری به هنگام گنجانیدن مواد گران قیمت در مقادیر کم در فرمول غذایی، بسیار مهم می باشد. هر گونه افزایش و یا کمبود مواد اولیه در فرمول می تواند هزینه اضافی را برای سازنده غذا به همراه داشته یا پرورش دهنده ماهی را با خطر مواجه سازد. از نظر کاربردی، سازندگان غذا از ترازوها یا ماشین توزین با دامن های مطابق با مقادیر مورد اندازه گیری، استفاده می کنند. استفاده از دو ترازو یکی برای مواد خام پرمصرف و دیگری با دامن های محدودتر (۲۰-۱۰ درصد ترازوی اولی) برای مواد کم مصرف، ضروری است که این ترازوها مکانیکی یا الکترونیکی هستند. امروزه در اکثر کارخانه ها از ترازوهای الکترونیکی استفاده می شود (فلاحتکار، ۱۳۹۴؛ گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷).

استفاده از عوامل هم بند

با توجه به مصرف خوراک پلت شده در تغذیه ماهی و میگو، حفظ شکل فیزیکی پلت طی زمان مصرف و جلوگیری از تجزیه زودرس آن در آب اهمیت ویژه ای برخوردار است (فکر اندیش و همکاران، ۱۳۸۶). استفاده از هم بندها در جیره باعث افزایش استحکام پلت و کاهش تلفات در طی فرآوری و حمل و نقل می شود (NRC, 1993). از ملاحظات مهم در انتخاب همبند مناسب، توانایی هضم آن توسط حیوان و تأثیرش بر خصوصیات ترکیب پلت اکستروژن شده می باشد (Golez, 1996). به علت بالا بودن میزان پروتئین حیوانی و مقادیر کم مواد خام طبیعی گیاهی، غذای آبزیان گوشت خوار حاوی مقادیر کمی از عوامل همبند طبیعی است؛ بنابراین، گنجانیدن عوامل همبند به صورت مواد افزودنی اجتناب ناپذیر است. برخی از این مواد نظیر گلو تن گندم یا نشاسته ژلاتینه شده دارای ارزش غذایی نیز هستند، در حالی که سایر مواد خام مانند کربوکسی متیل سلولز، آلژینات، کاراگینان ها، آگار و صمغ های مختلف، بی اثر بوده و به عنوان ژل یا مواد چسباننده در صنایع غذایی به کار می روند. عوامل همبند مصنوعی به صورت صنعتی تولید و به فروش می رسند. در صورت بالا بودن رطوبت غذا (۵۰-۴۵ درصد) باید قبل از توزیع آن، آب اضافی را از طریق



فرآیند خشک کردن از بین برد که این فرآیند همیشه پر هزینه بوده است. در مقابل، در صورتی که فرمول غذا حاوی نسبت های بالایی از فرآورده های جانبی حاصل از گوشت تازه باشد، عوامل همبند از نوع ژله ای استفاده می شود. آلژینات سدیم (۱/۵ درصد) همراه با ۱۵ درصد آب در حضور کلسیم (به شکل چسب) به صورت ماده چسباننده عمل می کند و در سطح وسیع در تغذیه میگو مورد استفاده قرار می گیرد (فلاحتکار، ۱۳۹۴). در صورت کافی نبودن میزان رطوبت، فرآوری مکانیکی - گرمایی موجب از بین رفتن ساختار ژل ها می شود (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷).

همگن سازی (مخلوط کردن)

همگن سازی یک فرآیند ضروری در تولید غذاهای ترکیبی است و شامل ترکیب نمودن یکنواخت مواد خام خرد شده در نسبت های تعیین شده برای هر یک از آن ها می باشد. یک مخلوط به واسطه همگنی آن و حفظ این همگنی در زمان و مکان توصیف می شود. اصطلاح همگنی بیانگر ویژگی فیزیکی مواد غذایی آرد شده نیست، بلکه نشان دهنده حضور مقدار دقیق هریک از مواد اولیه در نسبتی معین از ترکیب است که تقریباً معادل مقدار نظری توصیه شده هنگام فرمولاسیون غذا می باشد (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). از آنجا که ابعاد غذاهای انواع آبزیان متفاوت و غذای بعضی از گونه ها مانند میگو بسیار کوچک است؛ به همین دلیل، هموزن و یکنواخت کردن اجزای مواد غذایی و در نتیجه یکنواخت شدن مقادیر انرژی، پروتئین، آمینواسیدها، کربوهیدرات ها، لیپیدها، مواد ویتامینی و معدنی در هر یک از قطعات پلت بسیار اهمیت دارد (فلاحتکار، ۱۳۹۴)؛ بنابراین، مقدار هریک از مواد اولیه بر همگنی ترکیب مؤثر است. مخلوط کننده های افقی دو نواره از متداول ترین ماشین های مورد استفاده برای ترکیب کردن اولیه مواد پودر شده می باشند (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). وسایل مخلوط سازی شامل مخلوط کننده (میکسر) های نواری از نوع مداوم افقی، مخلوط کننده های نواری غیر مداوم، مخلوط کننده عمودی و مخلوط کننده یا همزن های مخصوص مایعات می باشند (افشار مازندران، ۱۳۸۱). مخلوط کن عمودی متشکل از یک یا چند میله پیچشی عمودی است که اجزای تشکیل دهنده مخلوط را به بالای مخلوط کن منتقل می کند و از آنجا مواد در اثر نیروی وزن به قسمت پایین می ریزد و دوباره بالا می برد تا عمل مخلوط سازی به خوبی انجام گیرد. مخلوط کن های افقی شامل تعدادی چرخ های پرده دار یا تیغه های نواری فلزی است که روی یک محور چرخان افقی درون فضایی به شکل نیم دایره وجود دارند. تیغه ها با غلتاندن مواد سبب حرکت آن ها از یک طرف مخلوط کن به طرف دیگر آن می شوند. در این نوع مخلوط کن ها، معمولاً محصول نهایی از کف و با استفاده از کف و با استفاده از تیغه مخلوط کن تخلیه می شود. در کارخانه های کوچک تولید غذای دام، اغلب مخلوط کن های عمودی مورد استفاده قرار می گیرند، در حالی که در تولید غذای آبزیان از مخلوط کن های افقی به علت کارایی بیشتر استفاده می شود؛ زیرا مخلوط کردن مقادیر اندک مایعات (مانند چربی های افزودنی) یا مخلوط کردن مواد با اندازه های متفاوت توسط مخلوط کن های افقی بهتر انجام می شود (فلاحتکار، ۱۳۹۴). در برخی مطالعات نیز از مخلوط کننده های عمودی به عنوان مخلوط کن های بهینه در صنعت تولید غذای آبزیان یاد می شود. مخلوط کننده های کاسه ای دارای پره با سرعت مخلوط سازی متفاوت، بهترین مخلوط کننده برای جیره های مرطوب محسوب می شود (افشار مازندران، ۱۳۸۱).

مرحله آماده سازی

یکی از مهم ترین مراحل، آماده سازی یا نیم پخت کردن خوراک مخلوط شده است. اضافه کردن مایعات (مانند ملاس و روغن مایع) و بخار آب در این مرحله صورت می گیرد. در این مرحله حدود ۱۶-۱۵ درصد رطوبت به دستگاه اضافه می شود تا نشاسته در مجاورت رطوبت (بخار آب تا ۱۶ درصد) و حرارت (بین ۷۵-۸۵ درجه سانتی گراد) تا حدودی پخته، شکسته و ژلاتینه شود.



در این حالت، قابلیت هضم نشاسته ۲۰-۳۰ درصد افزایش می یابد. همچنین از نفوذپذیری آب به داخل پلت کاسته می شود و ماندگاری آن را در آب افزایش می دهد (فلاحکار، ۱۳۹۴).

فرآیند ساخت غذا

در صنعت تولید غذای آبزیان جیره های غذایی به دو شکل تر (غذای مارماهی) و خشک عرضه می شوند. جیره های خشک به سه روش پلت (گرم و سرد)، اکسپند و اکستروود (جدول ۱ و ۲) تولید می گردند.

جدول ۱. ویژگی های فیزیکی انواع مختلف پلت غذای ماهی (Hardy and Barrows, 2002)

کمیت فیزیکی	پلت	اکسپند	اکستروود	روش استاندارد تولید پلت جهانی
چگالی (گرم بر لیتر)	۵۹۰	۶۸۰	۵۵۰-۴۰۰	۶۰۰-۴۰۰
دمای بیشینه (درجه سانتی گراد)	۹۵	۱۳۵	۱۵۰	۱۵۰
مدت زمان قرارگیری در معرض بخار (دقیقه)	<۱	<۱	۵-۲	۳-۲
ژلاتینه شدن نشاسته (درصد)	<۴۰	۷۰-۶۵	>۸۰	۸۰-۶۰
خاکه ی پلت (درصد)	۳-۲	<۱	<۱	<۱
حداکثر میزان چربی قابل استفاده (درصد)	۱۸	۲۵	۳۸	۳۰

جدول ۲. ویژگی های پلت تولیدشده توسط فرآیندهای مختلف ساخت (Hardy and Barrows, 2002)

کمیت فیزیکی	فشرده سازی	اکسپند	اکستروود	پخت پلت جهانی
قابلیت هضم نشاسته	کم	زیاد	زیاد	متوسط تا زیاد
شناوری پلت	پایین رونده	پایین رونده	شناور / پایین رونده	شناور / پایین رونده
پایداری در آب	کم	کم	زیاد	زیاد
طول عمر پلت در معرض هوا	کم	متوسط	زیاد	زیاد
تخریب مواد مغذی	کم	کم	متوسط	متوسط / کم
هزینه تولید پلت	کمترین	کم	بیشترین	زیاد

گرگان، میدان بسیج، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی (پردیس)، دانشکده شیلات و محیط زیست کد پستی:

۴۹۱۸۹ - ۴۳۴۶۴، تلفکس: ۳۲۲۳۷۵۴۲ - ۰۱۷

ایمیل: fisheries2019@gau.ac.ir سایت: <http://www.fisheriescongress.ir>



پلت سازی

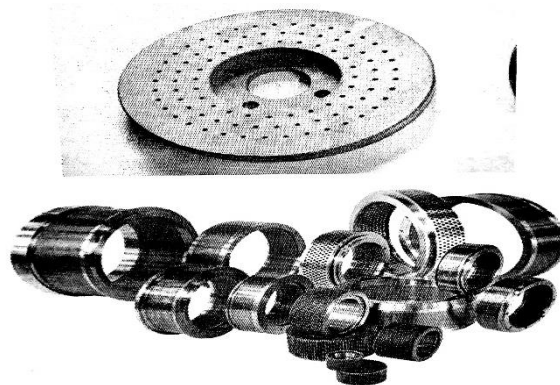
پلت کردن، عبور دادن غذای نرم توسط فشار از سوراخ های صفحه ای فلزی است تا به صورت رشته های به هم فشرده درآمده، بریده شده و در نهایت به اندازه از پیش تعیین شده دربیایند (فلاحکار، ۱۳۹۴). مخلوط غذایی به شکل پودر توسط غلتک هایی در امتداد قالب سوراخ دار مسطح یا حلقه مانند فشرده شده و در نتیجه فشار وارده به شکل قطعات استوانه ای کوچک (پلت ها) با ضخامت و طول مخصوص درمی آیند. ضخامت آن ها از ۶-۲/۵ میلی متر با توجه به اندازه و نوع گونه پرورشی متغیر است. طول پلت ها بر اساس تنظیم فاصله ی چاقوی برش دهنده پلت ها با لبه بیرونی قالب ها تعیین می شود و معمولاً ۲-۱/۵ برابر قطر پلت هاست. آب یا بخار آب قبل از شکل دهی غذا اضافه می شود. فرآیند متراکم سازی و شکل دادن مواد بسیار حساس می باشد. ویژگی محصول تولید شده به ترکیب فرمول، عملکردهای هر یک از عوامل فیزیکی، رطوبت و گرما، ترکیبات چسباننده و خصوصیات قالب مورد استفاده، بستگی دارد. غذای پلت باید به اندازه کافی در هوا به صورت چسبیده به هم باقی مانده و مقاومت خوبی در برابر آبشویی داشته باشد (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). این ویژگی ها را می توان از طریق کاهش مقدار چربی غذا (حداکثر ۳-۴ درصد) یا گنجاندن گلو تن گندم یا نشاسته ژلاتینه شده که چسبندگی ذره ها را در ترکیب افزایش می دهند، ایجاد کرد. همچنین، استفاده از قالب هایی با قدرت فشردن بیشتر، پلت های سفت و متراکم تری را ایجاد می کنند. افزودن مقادیر به نسبت بالای آب یا بخار (۶-۲ درصد) و نگهداری مخلوط در دمای بالا (۸۰-۶۰ درجه سانتی گراد) به مدت ۶-۲ دقیقه (به جای ۲۰-۱۵ ثانیه در روش قدیمی) سبب افزایش هماهنگی در توزیع آب و شکل پذیری بیشتر ذره های غذایی می شود. با متراکم سازی اولیه مخلوط، به منظور بهینه سازی سرعت نفوذ مایعات (چربی ها) به داخل منافذ بسیار کوچک ترکیبات پودری غذا نیز می توان پلت هایی با مقاومت بیشتری را تولید کرد. فرآیند متراکم سازی حدود دوسوم کل انرژی مورد نیاز برای ساخت غذا را مصرف می کند. این فرآیند به گرم شدن محصول منجر می شود به نحوی که دمای غذا هنگام خارج شدن از دستگاه ۸۵-۷۰ درجه سانتی گراد خواهد بود؛ بنابراین، به منظور جلوگیری از خطر کپک زدگی به خصوص در صورت وجود دما و رطوبت بالا، پلت ها باید سرد و خشک شوند (فلاحکار، ۱۳۹۴).

پلت زن ها

امروزه از ماشین آلات بسیار متنوعی در روش پلت کردن استفاده می شود. به طوری که در مورد کارایی بهتر هر کدام، اختلاف نظر وجود دارد. در قسمت های بالای اغلب دستگاه های پلت زن، بخشی نصب شده که مایعاتی مانند آب یا ملاس را برای خوش طعم کردن به غذا اضافه می کند. گاهی آب به صورت بخار افزوده می شود که سبب نرم شدن غذا و تا حدودی ژلاتینه کردن نشاسته موجود در اجزای تشکیل دهنده غذا و در نتیجه استحکام و ماندگاری بیشتر پلت در آب می شود. غذا را از محفظه ای به درون مرکز پلت زن می ریزند. در پلت زن، دو یا چند غلتک و سطح شیاردار موجود است که سبب راندن مواد از منافذ صفحات فلزی می شود. معمولاً، این صفحه خود به خود می چرخد و تیغه های ثابت موجود در طرف بیرونی آن، پلت را به اندازه های مشخص می برد و از آنجا وارد بخش بخاردهی می کند. مرحله پلت کردن شامل سه قسمت Die (شکل ۲) با سوراخ هایی به قطر ۲/۲-۲/۵ میلی متر، ویژه تولید خوراک میگو (قطر سوراخ ها از ۸-۲/۲ میلی متر قابل تنظیم است)، غلتک ها و تیغه های برش است. خوراک به آرامی از آماده ساز وارد دستگاه پلت می شود و با فشار از بین Roller و Die عبور می کند و در نتیجه شکل خاصی از سوراخ ها را می گیرد و پس از عبور خوراک های مرطوب شده با بخار از سوراخ های Die، با تیغه هایی که در خارج آن تعبیه شده اند



برش می‌خورند. فاصله و سرعت Roller با Die، ضخامت Die و تنظیم تیغه‌های برش بسیار مهم است چرا که نسبت طول پلت طبق استانداردهای غذایی آبریان باید تنظیم شود (فلاح‌تکار، ۱۳۹۴).



شکل ۲. انواع Die و Roll (فلاح‌تکار، ۱۳۹۴)

روش تولید پلت اکسترودر

این فرآیند شامل تحت تأثیر قرار گرفتن مخلوط غذایی توسط ترکیبی از دو عامل فشار (۳۰-۱۲۰ بار) و دما (۹۰-۱۸۰ درجه سانتی گراد) در یک دوره زمانی کوتاه (کمتر از ۳۰ ثانیه) و شکل‌گیری آن در نتیجه فشار وارد آمده از طریق یک یا چند منفذ خروجی (Die) است. دستگاه‌های اکسترودر بسیار متنوع‌اند و در اغلب مواقع محصولات تولیدی توسط هر یک از آن‌ها قابل مقایسه با یکدیگر نیستند. تفاوت آن‌ها گذشته از کار متراکم سازی و شکل‌دهی غذا، این است که شامل فرآیندهایی اساسی هستند که در طی آن‌ها برخی اجزا سازنده غذا می‌توانند به‌طور مطلوبی اصلاح شوند (نشاسته) یا اینکه به میزان قابل توجهی تغییر کنند (پروتئین‌ها، ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین C و اسیدهای چرب غیراشباع) که فرآیندی پرهزینه محسوب می‌شود (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). به دلیل قابلیت پایین انتشار حرارتی اجزای غذایی و چسبندگی بالای آن‌ها، با استفاده از اکسترودرهای یک یا دو محوری که در داخل یک محفظه قرار می‌گیرند، ترکیب باید به‌صورت یک‌لایه نازک درآید. در مورد اکسترودرهای تک‌محور (شکل ۳)، بین محور چرخشی و محفظه و در مورد اکسترودرهای دو محور، بین محورها اصطکاک به وجود می‌آید. به‌منظور افزایش تراکم محصول، با توجه به نوع ماشین، اشکال مختلفی از موانع در مقابل جریان حرکت غذا در امتداد محفظه قرار داده می‌شود. رطوبت ترکیب، شامل مایعات حاصل از ایجاد فشار و دمای بالاست. پس از عبور ترکیب از منافذ خروجی و قرار گرفتن در معرض فشار جو، بخش زیادی از این آب تبخیر می‌شود. این فرآیند به انبساط سریع و خروج بخار آب و ایجاد تخلخل در غذا می‌انجامد. محصول اکسترود شده، منبسط گردیده و توسط یک کارد مخصوص بریده شده و در شرایط رطوبت ۱۰-۱۲ درصد سرد و خشک می‌شود. زمانی که غذا قبل از اکسترود شدن با استفاده هم‌زمان از آب و بخار آب شکل می‌گیرد (اکسترودرهای تک‌محور)، در اصطلاح اکستروژن مرطوب نامیده می‌شود. در این حالت، رطوبت ترکیب طی یک دقیقه از ۷-۸ درصد به ۱۸-۱۹ درصد می‌رسد. اگر چربی غذا بالا باشد زمان طولانی‌تری به این کار نیاز است (برای نمونه حدود ۳ دقیقه برای ۷ درصد چربی). در مقابل، بعضی از دستگاه‌ها بدون افزودن آب عمل می‌کنند که در اصطلاح اکستروژن خشک نامیده می‌شود و در شیوه‌های حد واسط، آب یا بخار به‌طور مستقیم به داخل مخزن وارد می‌شود. گفتنی است مقدار چربی مخلوط به میزان زیادی تراکم پلت را

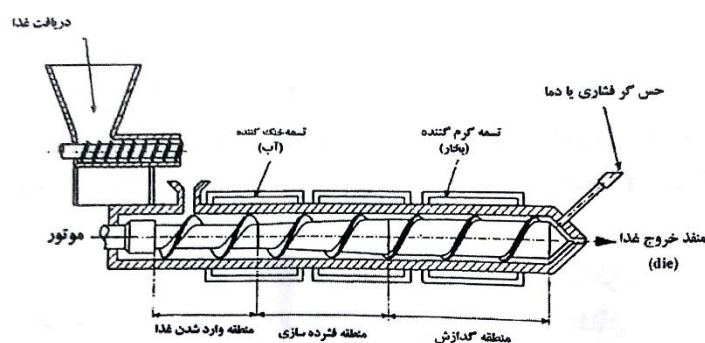
گرگان، میدان بسیج، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی (پردیس)، دانشکده شیلات و محیط زیست کد پستی:

۴۹۱۸۹ - ۴۳۴۶۴، تلفکس: ۳۲۲۳۷۵۴۲ - ۰۱۷

ایمیل: fisheries2019@gau.ac.ir سایت: <http://www.fisheriescongress.ir>



تحت تأثیر قرار می دهد و تأثیر مستقیمی بر ژلاتینه شدن نشاسته دارد. در نتیجه، میزان چربی در پلت شناور اکستروژد باید کاهش یابد. سیستم اکستروژن، فرآیند پیچیده ای است که به صورت همزمان فرآیندهای مخلوط کردن، پخت و تعیین ساختار بافت ترکیب را انجام می دهد. انجام همزمان این سه کارکرد، عامل ایجاد روش چندمنظوره با کارایی بسیار بالاست. به منظور ساخت غذاهایی با رطوبت متوسط (۳۸-۴۰ درصد)، محورهای منفرد یا دوقلوی موجود در سیستم اکستروژن مناسب اند اما ممکن است این غذاها پس از تولید به خشک کردن نیاز داشته باشند که در این صورت ترکیب به دست آمده ساختار ویژه خود را از دست می دهد و خصوصیات جدیدی کسب می کند. فرآیند اکستروژن غذا با گلو تن گندم در حضور رطوبت بالا و دمای پایین (کمتر از ۹۰-۸۰ درجه سانتی گراد)، از متلاشی شدن غذا در آب جلوگیری می کند و این امکان را به غذاهای ته نشین شده می دهد تا شکل فیزیکی خود را در آب برای چندین ساعت حفظ کنند تا توسط آبی استفاده شوند (مانند غذای میگوهای پنائیده). سرد کردن لحظه ای غذا به منظور جلوگیری از متلاشی شدن در بخش پایانی سیستم اکستروژن، آن را از سایر روش ها متمایز می کند. در مقابل، سطح پایین آبدار بودن در دماهای بالاتر (۱۶۰-۱۴۰ درجه سانتی گراد) و فشردگی و تراکم ترکیب، امکان تولید غذاهایی با ویژگی های منبسط شده، شناور یا کمی غوطه ور را فراهم می کند که متناسب با سطوح متفاوت جذب مجدد آب، می توانند برای گونه های مختلفی مانند گربه ماهی، ماهی آزاد یا قزل آلا دریایی به مصرف برسند. نوع نشاسته ای که تا سطح ۸-۱۲ درصد در غذا گنجانده و از قبل به صورت مطلوبی فرآوری شده، میزان انبساط و یکنواختی جذب مجدد آب توسط غذا را تنظیم می کند. دستگاه هایی که محورهای دوقلو دارند به دلیل اصول عملکردی آن ها و به منظور گنجاندن سطح بالایی از روغن (در عمل ۲۲ درصد) قبل از فرایند اکستروژن استفاده می شوند. اکستروژد کردن موجب برخی تغییرات مفید و مضر در ماهیت اولیه مواد غذایی می شود. این تغییرات شامل افزایش قابلیت هضم نشاسته، از بین بردن عوامل ضد تغذیه ای و میکروارگانیسم ها، افزایش قابلیت هضم پروتئین ها، کاهش قابلیت هضم لایزین و افزایش تخریب اسکوربیک اسید است (فلاحکار، ۱۳۹۴).



شکل ۳. نمایی از یک اکستروژر با محور منفرد (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷)

روش تولید اکسپندر

سیستم اکسپندر تقریباً شبیه اکستروژر است. ولی تفاوت های مهم و اساسی بین این دو دستگاه وجود دارد. اکسپنדרها بازده ظرفیتی ۲۰-۴۰ تن در ساعت دارند و از نظر زمانی چندین برابر سریع تر از اکستروژرها عمل می کنند. اکسپنדרها در مقایسه با اکستروژرها از نظر مصرف انرژی کم مصرف اند (معمولاً ۵-۱۵ کیلووات در ساعت). به کار بردن اکسپندر در تولید غذای آبزیان



پرورشی موجب افزایش قابلیت هضم مواد غذایی، بهتر شدن کیفیت پلت، بهبود شرایط بهداشتی غذا، افزایش بازده غذایی و در مجموع سودآوری بیشتر می شود. این روش، قابلیت هضم مواد مغذی اجزای سازنده را به علت عمل آوری غذا افزایش می دهد و زمان تجزیه اجزای سازنده مواد غذایی (پروتئین ها، آمینو اسیدها، لیپیدها، کربوهیدرات ها و ...) را در دستگاه گوارش کاهش می دهد؛ چون سطح تماس مواد غذایی با پرزهای روده ای بیشتر می شود، بنابراین، مقدار جذب مواد مغذی نیز افزایش می یابد. در اکسپندر، حرارت های بالا باعث غیرفعال شدن عوامل ضد تغذیه ای، پروتئین های بازدارنده و آنزیم های مضر مانند آنزیم های مضر مانند آنزیم هایی که چربی را شکسته و فاسد می کنند، می شود. با این عمل، استحکام چربی ها در پلت افزایش می یابد. همچنین سیستم اکسپندر باعث استریلیزاسیون و از بین رفتن میکروارگانیسم های موجود در غذا می شود. در روش اکسپندر تقریباً تمام نشاسته به ژلاتین تبدیل می شود؛ زیرا در این روش، مواد غذایی ابتدا کاملاً خمیری می شود. به علت اینکه رطوبت غذا بالاست (۵۰-۴۰ درصد)، گرانول های نشاسته در اثر جذب آب، ساختمان بلورین (کریستالی) اولیه خود را از دست می دهند و با حرارت (۱۲۰-۱۴۰ درجه سانتی گراد) متورم می شوند. در این حالت، خمیر اولیه به خمیر بسیار نرم تغییر شکل می دهد و بخش عمده نشاسته به ژلاتین تبدیل می شود که این امر قابلیت هضم نشاسته را در دستگاه گوارش آبزیان تا حدود زیادی افزایش می دهد. در روش اکسپندر نیازی به هم بندهای شیمیایی نیست؛ زیرا ژلاتینه شدن کامل نشاسته باعث چسبناک شدن و به هم پیوستن دیگر اجزای مواد مغذی پلت می شود و ماندگاری آن را در آب به حدود ۲۴-۲۰ ساعت افزایش می دهد (فلاحکار، ۱۳۹۴).

فرآیندهای تکمیلی

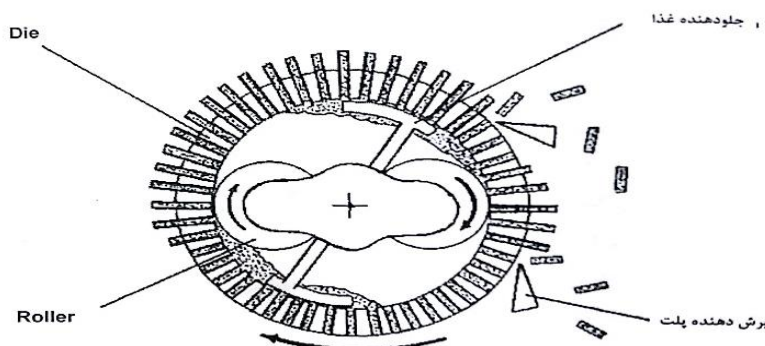
از فرآیندهای تکمیلی ساخت غذا می توان به خشک کردن- سرد کردن، خرد کردن، پوشش دار کردن، مرحله الک کردن، مرحله کرمبل (خرد) کردن، بسته بندی اشاره کرد.

خشک کردن- سرد کردن

سرد کردن از طریق ایجاد جریانی از هوا روی لایه ای از پلت های متحرک و غیر متحرک (در سردکننده های عمودی) یا قرار گرفته روی یک نوار نقاله (در سردکننده های افقی و مدور) انجام می شود (فلاحکار، ۱۳۹۴؛ گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷). معمولاً پس از خروج غذا از سردکننده ها، غذا الک شده و ذرات پلت نشده مجدداً به قسمت پرس فرستاده می شوند. در شرایط دمای محیطی، میزان رطوبت در مدت زمان ۱۴-۹ دقیقه از ۱۶-۱۵ درصد به ۹-۱۰ درصد کاهش می یابد. اگر جریان هوا گرم باشد (۴۰-۶۰ درجه سانتی گراد)، آب بیشتری از محصول گرفته می شود. با تشکیل یک لایه حفاظتی در اطراف پلت ها، فرآیند خشک کردن می تواند به میزان قابل توجهی بر بهبود ویژگی های مکانیکی پلت ها تأثیر گذار باشد. به منظور انسجام پلت ها باید زمان خشک کردن، از به هم زدن آن ها اجتناب شود که در این صورت پلت ها در آب مقاوم تر خواهند بود (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷).

خرد کردن

غذای پلت شده یا اکستروود شده معمولاً قطر کمی داشته و پس از خشک کردن و سرد شدن توسط سیلندرهای شیاردار (با فاصله ۳ میلی متر از یکدیگر) خرد می شوند و سپس مطابق با اندازه دهان آبزیان پرورشی مورد نظر الک می شوند (شکل ۴). در صورتی که هنگام الک کردن، بیش از ۳۵-۲۵ درصد غذا را ذرات خیلی ریز تشکیل دهند، این غذا قابل استفاده نیست و باید دوباره در چرخه تولید قرار گیرد (فلاحکار، ۱۳۹۴).



شکل ۴. برش ذره های غذا جهت پلت سازی پس از اکستروژن کردن (فلاحکار، ۱۳۹۴)

پوشش دار کردن

به منظور گنجاندن اسیدهای چرب ضروری، ویتامین های محلول چربی و حتی محلول در آب به صورت امولسیون (ویتامین C) درون جیره غذایی، محصولات پلت یا اکستروژن شده با استفاده از چربی ها پوشش دار می شوند. علاوه بر این، پوشش دار کردن به صورت یک لایه هیدروفوب خواهد بود تا سرعت حل شدن و آب شویی در آب کاهش یابد. چربی ها که در دمای معمولی به صورت مایع هستند روی ذرات غذایی سرد و خشک شده، اسپری شده و سپس در دستگاه های پوشش دهنده محور دار یا استوانه ای مخلوط می شوند. به این ترتیب، چربی ها به داخل حفره های خالی شده از آب نفوذ می کنند. بعضی از انواع غذاهای میگو، در دو مرحله متوالی پوشش دار می شوند. ظرفیت معمول پلت ها برای جذب روغن، تنها ۳-۴ درصد است در حالی که غذاهای منبسط و حجیم شده ظرفیت جذب بیشتری (بیش از ۱۰ درصد) دارند (فلاحکار، ۱۳۹۴). این مقدار به میزان کمی از طریق گنجاندن روغن در ترکیب افزایش می یابد (گالیوم و همکاران، ۲۰۰۷).

مرحله الک کردن

پس از اینکه پلت ها تا حد ممکن خشک شدند آن ها را از الک های مختلف (با توجه به ابعاد پلت ها) عبور می دهند تا خاکه پلت ایجاد شده را خارج کنند. این خاکه ها نباید دوباره در سیستم قرار گیرند و پلت شوند؛ زیرا از تعادل غذایی خارج شده اند و فرمول مورد نظر را ندارند. معمولاً تا ۵ درصد خاکه در پلت کردن با این روش ایجاد می شوند (فلاحکار، ۱۳۹۴).

بسته بندی

پلت ها یا گرانول های خشک نهایی را باید برای نگهداری در کیسه های مناسب قرار داد. روی کیسه ها نیز مشخصات محصول و تاریخ تولید آن ذکر می گردد (افشار مازندران، ۱۳۸۱). خوراک های پلت شده در کیسه های پروپیل ۲۰ یا ۲۵ کیلوگرمی و کرمبل ها در کیسه های ۱۰ یا ۱۵ کیلوگرمی بسته بندی شده و برای نگهداری به انبار منتقل می شود (فلاحکار، ۱۳۹۴).

انبار سازی

در حفظ کیفیت جیره، نگهداری مناسب اجزای جیره و جیره ی نهایی (پلت، گرانول یا برگه) قدم مهمی محسوب می شود. جیره های مرطوب و نیمه مرطوب و اجزای مرطوب و نیمه مرطوب باید تا حد ممکن در اولین فرصت به مصرف برسند. در صورت



نیاز به حمل و نقل یا نگهداری، منجمدسازی این نوع جیره ها ضروری است. برای پیشگیری از دستبرد، آسیب فیزیکی و شیمیایی، آلودگی با حشرات یا میکروارگانیسم ها و جوندگان (موش صحرایی)، باید جیره و اجزای آن را به خوبی انبار نمود. در مجموع تغییرات کیفی می توانند ضررهای اقتصادی فوق العاده ای را به همراه داشته باشند (افشار مازندران، ۱۳۸۱).

جمع بندی

امروزه صنعت آبزی پروری توجه ویژه ای به فن آوری های نوین تولید جیره غذایی آبزیان (پلت، اکسپند و اکستروود) نموده است. تولید جیره های غذایی با کمک با بهینه سازی میزان رطوبت خمیر غذایی و حرارت مورد نیاز می توان پلت های اکستروود با چگالی های متنوع از جمله شناور، غوطه ور و پایین رونده تولید نمود.

منابع

- ۱- فلاحتکار، ب. ۱۳۹۴. تغذیه و جیره نویسی آبزیان. انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی. تهران. ایران. ۳۳۴ ص.
- ۲- گالیوم، ج.، کاشیک، س.، برگات، پ. و متیلر، ر. ۱۳۸۸. تغذیه و غذادهی ماهی و سخت پوستان، ترجمه: علیزاده، م.، بمانی، الف و حافظی نژاد، ز. انتشارات علمی آبزیان. تهران. ایران. ۵۱۰ ص.
- ۳- افشار مازندران، ن. ۱۳۸۱. راهنمای عملی تغذیه و نهاده های غذایی و دارویی آبزیان در ایران. انتشارات نوربخش. تهران. ایران. ۲۱۶ ص.
- ۴- ناکاگاوا، ه.، مینورو، س. و دلبرت، گ. ۱۳۹۱. نقش استفاده از افزودنی های غذایی در سلامت و کیفیت آبزیان پرورشی، ترجمه: فرهنگی، م. و شکوه سلجوقی، ظ. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ایران. ۲۶۹ ص.
- ۵- سجادی، م.م. ۱۳۹۶. جیره نویسی کاربردی غذای آبزیان (استفاده از نرم افزارهای Excel، Solver Excel و Lingo در جیره نویسی). انتشارات دانشگاه گیلان. رشت. ایران. ۲۸۷ ص.
- ۶- فکر اندیش، ج.، عابدیان کناری، ع. ا.، منفرد، ن. و اسکندری، و. ۱۳۸۶. مقایسه تأثیر سه نوع همبند در پایداری غذای میگو در آب. پژوهش و سازندگی، ۷۷: ۱۷۴-۱۷۰

7-National Research Council (NRC). 1993. Nutrient Requirements of fish. National Academy Press. Washington DC. 114 p.

8- Golez, V.N.1996; Water stability test. SEAFDEC Aquaculture Department. 12 pp.

9- Hardy, R.W., Barrows, F. T. 2002. Diet Formulation and Manufacture. IN: Halver, J. E., Hardy, R.W(Eds). Fish Nutrition. Academic Press. New York. USA. 505-600.