دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره ششم، شماره چهارم، زمستان ۹۷
http://jair.gonbad.ac.ir

تأثیر گنجاندن سطوح مختلف مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس (Natuzyme plus) در جیره بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و میزان بازماندگی بچه فیل‌ماهی پرورشی *Huso huso* (Linnaeus, 1758)

حسین پناهی صاحبی[۱]، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی[۲*]، حسین اورجی[۲]، عبدالصمد کرامت امیرکلایی[۲]، علی طاهری میرقائد[۵]
[۱]کارشناس‌ارشد مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر آبزیان شهید رجایی ساری، ساری، ایران
[۲]دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۵]دانشیار، گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ ارسال: ۹۶/۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۸

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر گنجاندن سطوح مختلف مکمل آنزیمی خارجی ناتوزایم‌پلاس بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و میزان بازماندگی بچه فیل‌ماهی پرورشی (*H. huso*) انجام گرفت. بچه‌ماهیان (۲۱۰ قطعه، با تراکم ۱۷ قطعه به ازای هر تانک و وزن اولیه ۳۰ گرم) به طور کاملاً تصادفی در تانک‌های ۱۵۰ لیتری توزیع و در چهار تیمار (هر کدام در سه تکرار) شامل سطوح صفر، ۲، ۵ و ۱۰ درصد از مولتی آنزیم ترکیبی ناتوزایم‌پلاس در جیره به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که میزان بازماندگی بچه‌ماهیان در محدوده ۹۵-۸۳ درصد قرار گرفت و تفاوت معناداری بین تیمارها دیده شد. بالاترین میزان افزایش وزن بدن در ماهیان تغذیه شده با ۲ درصد آنزیم همراه با اختلافات معنادار با سایر گروه‌ها مشاهده شد. ضریب رشد ویژه در محدوده از ۱/۹۶ (۱۰ درصد آنزیم) تا ۲/۳۲ (۲ درصد آنزیم) متفاوت بود. ضریب تبدیل غذایی، میزان کارآیی پروتئین و نرخ رشد روزانه به صورت معناداری در تیمارهای حاوی آنزیم بیشتر از گروه شاهد بود و بهترین عملکرد در سطح ۲ درصد گنجاندن آنزیم به دست آمد. بیشترین میزان پروتئین لاشه (۶۹/۵ درصد) در تیمار ۲ درصد آنزیم دیده شد. بر اساس نتایج و نظر به بهبود عملکرد رشد و میزان بازماندگی در بچه فیل‌ماهیان پرورشی، افزودن ۲ درصد مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس در جیره پیشنهاد گردید.

*نویسنده مسئول: a.esmaeili@sanru.ac.ir

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

***واژه‌های کلیدی*: *H. huso*، مکمل آنزیمی خارجی، ناتوزایم‌پلاس، عملکرد رشد، ترکیب بدن، میزان بازماندگی.**

مقدمه

با کاهش ذخایر ماهیان خاویاری به علت عوامل مختلف در زیستگاه‌هایشان و هم‌چنین پیشرفت سریع در زمینه تکثیر مصنوعی، ضرورت امکان توسعه پرورش این ماهیان در بسیاری از کشورها آشکار شده است. با این حال به علت فقدان اطلاعات کافی در مورد شرایط بهینه پرورش و نیازهای غذایی آنها، فرموله‌کردن و ساخت غذاهای مصنوعی برای آنها در مقایسه با سایر آبزیان پرورشی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Hardy and Barrows, 2002). این امر موجب شد تا پرورش ماهیان خاویاری به خصوص در مراحل اولیه زندگی هنوز متکی به غذاهای طبیعی و در مرحله پرواری عمدتاً وابسته به غذاهای سایر ماهیان (از جمله آزاد ماهیان و کپور ماهیان) باشد. فیل‌ماهی (*H. huso*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های ماهیان خاویاری بوده که به لحاظ دارابودن شرایط خاص از جمله عادت‌پذیری به غذای کنسانتره، ظرفیت رشد بالا و داشتن مقاومت در برابر شرایط نامناسب محیطی به عنوان یکی از کاندیداهای مهم برای آبزی‌پروری به شمار می‌رود (Mohseni *et al.*, 2008). با توجه به افزایش تقاضا در پرورش این گونه برای صنعت آبزی‌پروری در سال‌های اخیر ضرورت داشته تا برای ارتقاء میزان مقاومت آنها و همچنین افزایش میزان رشد و بازماندگی تحت شرایط استرس‌زای پرورش، کیفیت غذا به روش‌های مختلف افزایش یافته تا در نهایت سبب بهبود راندمان اقتصادی تولید گردد.

مکمل‌های آنزیمی خارجی (Exogenous enzymes) به عنوان یکی از افزودنی‌های مهم در جیره غذایی دام، طیور و آبزیان با هدف بهبود قابلیت هضم، افزایش میزان رشد و راندمان اقتصادی تولید محسوب می‌گردند. مکمل‌های آنزیمی (Enzyme supplements) فرآورده‌هایی هستند که با هدف افزایش استفاده از مواد مغذی در جیره و بهبود راندمان هضم و جذب به صورت متعارف به جیره اضافه شده تا باعث افزایش استفاده از مواد اولیه ارزان‌تر و کمتر فرآوری شده و به تبع آن بهبود عملکرد رشد و ترکیب لاشه در مقایسه با منابع غذایی گران قیمت استفاده می‌شوند (Bedford and Classen, 1992; Gackson *et al.*, 1996; Bedford and Schulze, 1998; Yilmaz and Ikiz, 2006; Yildirim and Turan, 2010).

به‌طورکلی، تمامی موجودات زنده دارای یک‌سری آنزیم‌های هضم‌کننده هستند ولی در بعضی از موارد، آنزیم‌های مورد نیاز برای هضم کامل غذا یا تولید نمی‌شوند یا در مقادیر بسیار کم ترشح می‌گردند. این وضعیت در مراحل ابتدایی رشد و در ماهیان جوان که هنوز سیستم گوارشی آنها در حال تکامل است به وضوح دیده می‌شود. هدف اصلی از افزودن آنزیم‌های خارجی افزایش و تقویت مقادیر آنزیم‌های درونی دستگاه گوارش می‌باشد. این مکمل‌ها با نام‌های تجاری مختلف در صنعت دام، طیور و آبزیان استفاده می‌شوند. از جمله مهم‌ترین این آنزیم‌ها می‌توان آنزیم فیزایم، ایکس پی ۵۰۰۰ جی، آویزایم، برگازیم P و ناتوزایم‌پلاس را نام برد. مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس (Natuzyme plus) یک مولتی‌آنزیم تجاری و جزء

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

معدود آنزیم‌های فیتازدار و لیپازدار بوده که به همراه ۱۱ آنزیم دیگر از جمله سلولاز، بتاگلوکوناز، پکتیناز، آمیلوگلیکوزیداز، زایلاناز، آلفاآمیلاز، پروتئاز، همی‌سلولاز، پنتوزاناز و فسفاتاز در بازار عرضه می‌گردد. ساختار این مولتی‌آنزیم باکتریایی بوده و در پروسه تولید آن از پوشش خاصی استفاده شده که حتی در دماهای بالا در تهیه پلت (بالاتر از ۸۵ درجه) توانایی این آنزیم حفظ می‌گردد. پروتئاز موجود در ناتوزایم‌پلاس به عنوان نیرویی کمکی در جهت افزایش میزان آنزیم‌های پروتئاز در دستگاه گوارش نقش‌آفرینی می‌کند. هم‌چنین این ماده، بازدارنده‌های تریپسین، کموتریپسین، ساپونین و لکتین موجود در اقلام غذایی از جمله سویا که جزو مواد ضدتغذیه‌ای هستند و با اتصال به آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین از هضم پروتئین جلوگیری می‌نمایند را غیرفعال کرده و با کمک به سیستم گوارشی ماهی، قابلیت هضم پروتئینی این منابع را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر، آنزیم آمیلاز و لیپاز موجود در این مولتی‌آنزیم میزان هضم‌پذیری کربوهیدرات‌های موجود در غذا را افزایش داده و در نتیجه تولید انرژی برای انجام فعالیت‌های حیاتی موجود را بیشتر خواهد کرد.

با توجه به اهمیت ماهیان خاویاری به عنوان یکی از گروه‌های مهم آبزیان پرورشی کشور، در این مطالعه عملکرد افزودن مکمل آنزیمی نانوزایم‌پلاس به غذای کنسانتره در پرورش بچه فیل‌ماهی با هدف افزایش و بهبود کیفیت غذای کنسانتره و نتیجتاً بهبود عملکرد رشد، میزان بازماندگی و ترکیب لاشه بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تکثیر و پرورش و بازسازی ذخایر ماهیان شهید رجایی ساری در استان مازندران انجام گرفت. بدین منظور ابتدا مواد اولیه لازم جهت تهیه جیره‌های غذایی شامل پودر ماهی، پودر گوشت، آرد گندم، آرد ذرت، سبوس گندم، روغن ماهی، روغن سویا، مکمل ویتامینی، مکمل مواد معدنی، کولین کلراید، منوکلسیم فسفات، ویتامین C، ویتامین E و ضد قارچ تهیه و در جیره‌های آزمایشی به کار رفت. ابتدا براساس آنالیز مواد اولیه، جیره‌نویسی با کمک نرم‌افزار LINDO انجام و جیره‌ای با ۴۰٪ پروتئین، ۱۵٪ چربی و ۲۰٪ کربوهیدرات تنظیم شد (جدول ۱). کلیه مواد اولیه لازم برای ساخت جیره به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و به صورت جداگانه به مدت ۴ دقیقه با آب مخلوط گردید. سپس مخلوط حاصله از یک دستگاه چرخ گوشت با قطر چشمه ۲ میلی‌متر عبور کرده و غذاهای چرخ شده روی سینی پخش تا خشک شوند.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۱- فرمولاسیون و میزان محتویات اولیه خام تشکیل‌دهنده جیره پایه (بر حسب درصد)

محتویات اولیه تشکیل دهنده جیره	مقادیر
پودر ماهی	۳۷/۰۹
پودر گوشت	۲۰
آرد سویا	۲۰
آرد گندم	۱۱/۱
سبوس گندم	۰/۵
روغن ماهی	۰/۵
روغن سویا	۰/۵
مخلوط ویتامینی	۱
مخلوط مواد معدنی	۱
ویتامین C	۰/۱
ویتامین E	۰/۰۲
منو کلسیم فسفات	۱/۵

فیل‌ماهیان جوان با میانگین وزنی ۳۰ گرم از کارگاه شهید رجایی ساری تهیه و با تراکم ۱۷ قطعه (به ازای هر تکرار) به حوضچه‌های ونیرو ۱۵۰ لیتری ذخیره‌سازی شدند. در این تحقیق ۴ تیمار (هر کدام در ۳ تکرار) شامل سطوح مختلف آنزیم نانوزایم‌پلاس (صفر، ۲، ۵ و ۱۰ درصد در جیره) در نظر گرفته شد. غذادهی روزانه در دو نوبت ساعت ۱۰ صبح و ۴ بعد از ظهر و بر اساس ۴ درصد وزن بدن ماهیان در هر تانک انجام گرفت. تغییر میزان غذای مصرفی هر ۱۵ روز یک‌بار با انجام عملیات زیست‌سنجی انجام شد. برای عملیات زیست‌سنجی از داروی بیهوشی پودر گل میخک به مقدار ۵ گرم در ۱۰ لیتر آب استفاده شد. در پایان هر زیست‌سنجی با توجه به دمای آب و وزن ماهیان در هر تکرار نسبت به تعیین مقدار غذای روزانه اقدام شد. نظر به این که آب ورودی به حوضچه‌ها دائماً در جریان بوده، در طول دوره پرورش کیفیت آب در حد مطلوبی و تقریباً ثابت نگه داشته شد. هم‌چنین به منظور حفظ کیفیت آب در طول دوره پرورش هفته‌ای دو بار، ۵۰٪ از آب حوضچه‌ها تعویض و کف آن شستشو گردید. میزان دمای آب حوضچه‌ها در محدوده ۲۴-۲۳ درجه سانتی‌گراد بود. برداشت ماهیان پس از پایان دوره پرورش (۸ هفته) و پس از دو روز قطع غذا و اطمینان از تخلیه‌شدن محتویات شکمی ماهیان انجام شد. از هر تیمار ۴ قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و بلافاصله در دمای ۲۰- درجه فریز و جهت تجزیه لاشه به آزمایشگاه منتقل شد. در آغاز دوره پرورش زیست‌سنجی طول و وزن اولیه ماهیان انجام گرفته و طول و وزن نهایی ماهیان موجود در هر تکرار به صورت جداگانه در انتهای دوره پرورش انجام گرفت. آزمایشات تجزیه تقریبی لاشه از نظر پروتئین،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

چربی، رطوبت و خاکستر بر اساس روش AOAC (2005) انجام گرفت. برای بررسی شاخص‌های رشد، تغذیه و میزان بازماندگی ماهیان از روابط زیر استفاده شد:

- ضریب تبدیل غذایی (Feed conversation ratio):

FCR = مقدار غذای خورده شده (گرم) / افزایش وزن بدن (گرم)

-افزایش وزن (Weight gain):

افزایش وزن بدن (گرم) $= W_2 - W_1$

- ضریب رشد ویژه (Specific growth rate):

$SGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / T \times ۱۰۰$

- کارآیی پروتئین (Protein efficiency):

PER= مقدار پروتئین مصرفی به گرم / افزایش وزن بدن به گرم

- نرخ رشد روزانه (Daily growth rate):

$DGR = [(W_2 - W_1) /$ طول دوره پرورش$] \times ۱۰۰$

میزان بازماندگی (Survival rate):

Survival rate (%) = [تعداد اولیه ماهیان ذخیره‌سازی شده / تعداد ماهیان سالم باقیمانده] × ۱۰۰

در این فرمول‌ها، W_1 و W_2 به ترتیب وزن اولیه و نهایی بچه ماهیان و T طول دوره پرورش می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا داده‌های حاصل با روش کولموگروف- اسمیرنوف برای نرمال بودن بررسی شدند. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آنزیم از آزمون آنالیز تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین بین تیمارها براساس آزمون چند دامنه‌ای از تست جداساز دانکن استفاده شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار در سطح ۵٪ با استفاده از نرم‌افزار SPSS-21 بررسی شد.

نتایج

میانگین افزایش وزن بدن با افزایش سطح آنزیم تا سطح ۲ درصد افزایش و پس از آن روند کاهشی نشان داد. بیشترین میزان افزایش وزن در ماهیان تغذیه شده با ۲ درصد آنزیم و کمترین مقدار در تیمار شاهد همراه با اختلافات معنادار در بین تیمارها به دست آمد ($P\leq ۰/۰۵$). بهترین ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه شده با سطح آنزیم ۲ درصد حاصل شد و میزان این ضریب با افزایش سطوح بالاتر آنزیم به صورت معناداری بالاتر بود (جدول ۲) ($P\leq ۰/۰۵$).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۲- اثر سطوح مختلف مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس بر عملکرد رشد بچه فیل‌ماهی (*H. huso*) در طول دوره پرورش

سطوح آنزیم	تیمارهای تغذیه‌ای حاوی آنزیم			
شاخصه‌ها	صفر	۲ درصد	۵ درصد	۱۰ درصد
وزن اولیه (گرم)	۲۹/۵ ±۱/۲	۳۰/۲ ±۳/۳۲	۳۱/۴ ±۲/۲	۳۰/۸ ±۲/۳
وزن نهایی (گرم)	۱۰۴/۴۵ ±۴/۷ d	۱۳۸ ±۳/۵ a	۱۲۸/۹ ±۶/۳ b	۱۱۳/۸ ±۴/۶ c
افزایش وزن بدن (گرم)	۷۴/۹۷ ±۲/۲۷ d	۱۰۷/۷۱ ±۱/۵۷ a	۹۷/۴۸ ±۲/۱۹ b	۸۲/۹۴ ±۵/۳۹ c
میزان غذای مصرفی (گرم)	۲۲۸/۹۳ ±۱۸/۱۳ a	۲۱۶/۲۳ ±۱۳/۳ a	۲۰۵/۷ ±۱۲/۷۶ a	۲۰۰/۷ ±۷/۵۲ a
ضریب تبدیل غذایی	۳ ±۰/۳۲ a	۲ ±۰/۱۱ b	۲/۲۱ ±۰/۲۹ b	۲/۴۲ ±۰/۱۱ b
ضریب رشد ویژه	۲/۰۱ ±۰/۰۶ b	۲/۳۲ ±۰/۰۴ a	۲/۲۴ ±۰/۰۸ a	۱/۹۶ ±۰/۱۱ b
ضریب کارآیی پروتئین	۰/۹۴ ±۰/۰۹ b	۱/۴۲ ±۰/۰۸ a	۱/۳۹ ±۰/۲۹ a	۱/۱۸ ±۰/۰۵ ab
نرخ رشد روزانه	۳/۹۲ ±۰/۲ b	۵/۱ ±۰/۱۷ a	۴/۷۴ ±۰/۳۲ a	۳/۷۵ ±۰/۳۸ b
میزان بقاء (درصد)	۸۳/۳ ±۷/۷ b	۹۴/۹ ±۴/۸ a	۹۱/۱ ±۴/۶ ab	۹۵/۶۵ ±۳/۸ a

* حروف متفاوت در ردیف‌های افقی نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین تیمارهاست ($P\leq۰/۰۵$) (انحراف از معیار ± میانگین).

بیشترین سرعت رشد ویژه (۲/۳۲) در تیمار حاوی ۲٪ آنزیم مشاهده شد که با افزایش سطح آنزیم روند کاهشی نشان داد. چنین روندی به طور تقریبی در میزان کارآیی پروتئین هم مشاهده شد. بالاترین میانگین سرعت رشد روزانه در ماهیان تغذیه شده با سطح آنزیم ۲٪ و کمترین مقایر در گروه شاهد و سطح آنزیم ۱۰٪ دیده شد ($P\leq۰/۰۵$).

کلیه تیمارهای حاوی آنزیم بازماندگی بالاتری همراه با اختلافات معنادار در مقایسه با گروه شاهد داشتند ($P\leq۰/۰۵$). بیشترین میزان بازماندگی ماهیان در تیمار حاوی ۱۰٪ آنزیم به ثبت رسیده که با تیمارهای حاوی ۲ و ۵ درصد آنزیم تفاوت معناداری نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

آنالیز لاشه بچه فیل‌ماهیان نشان داد که در بین تیمارهای مختلف از نظر میزان خاکستر تفاوت معناداری دیده نشد. بیشترین و کمترین میزان خاکستر به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار حاوی ۲٪ آنزیم ثبت گردید. میزان پروتئین لاشه در بین تیمارها تفاوت معناداری نشان داد ($P\leq۰/۰۵$). به‌طوری‌که بیشترین مقادیر پروتئین در تیمار ۲٪ آنزیم بوده که با بقیه تیمارها تفاوت معناداری داشت

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

(P≤۰/۰۵). بالاترین میزان چربی در تیمار شاهد دیده شد که با افزایش سطح آنزیم در جیره روند کاهشی معناداری نشان داد (جدول ۳) (P≤۰/۰۵).

جدول ۳- تاثیر سطوح مختلف مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس در جیره بر ترکیب لاشه بچه فیل ماهیان (*H. huso*) در طول دوره پرورش

سطوح آنزیم	سطوح تیمارهای تغذیه‌ای حاوی آنزیم			
ترکیب لاشه	صفر درصد	۲ درصد	۵ درصد	۱۰ درصد
ماده خشک	۲۶/۷ ±۰/۲۲	۲۴/۷ ±۰/۲۱	۲۵/۱ ±۰/۰۴	۲۴/۶۶ ±۰/۲۹
پروتئین	۵۹/۵ ±۳/۳۷ [b]	۶۹/۵ ±۱/۸۸ [a]	۶۸/۴ ±۲/۳۳ [a]	۶۲/۸ ±۱/۱۸ [b]
چربی	۲۱/۵ ±۱/۳۵ [a]	۱۹/۴ ±۰/۳۱ [b]	۱۷/۲ ±۰/۳۵ [c]	۱۶/۴ ±۱/۳۵ [c]
خاکستر	۴/۵ ±۰/۲۱ [a]	۴/۱۴ ±۱/۰۸ [b]	۴/۴ ±۰/۰۹ [ab]	۴/۳ ±۰/۱ [ab]

* حروف متفاوت در ردیف‌های افقی نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین تیمارهاست (P≤۰/۰۵) (انحراف از معیار ± میانگین).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

بحث و نتیجه‌گیری

آنزیم‌ها در اکثر موارد به عنوان مکمل در جیره‌هایی با غالبیت منابع گیاهی (مانند سویا) استفاده شده تا باعث بهبود ارزش غذایی و حذف مواد ضد مغذی در آنها گردند. تأثیر مکمل‌های آنزیمی بر عملکرد رشد و میزان بازماندگی در گونه‌های متعدد از آبزیان پرورشی مشخص شده است. به‌طوری‌که اثرات مثبت آن در گونه‌هایی مانند گربه‌ماهی کانالی (*Pangasius pangasius*) (Debnath *et al.*, 2005)، گربه‌ماهی هیبرید *Clarias* (Giri *et al.*, 2003)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Drew *et al.*, 2005) و ماهی آزاد (Refstie *et al.*, 1999) گزارش شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس تأثیر مثبت بر میزان بازماندگی، عملکرد رشد و ترکیب بدن بچه فیل‌ماهیان پرورشی داشت. به‌طوری‌که با افزایش میزان آنزیم تا سطح ۲٪ در جیره، فاکتورهای رشد بهبود یافت و با افزایش بیشتر سطوح آنزیمی، روند کاهشی در نرخ رشد حاصل شد. بالاترین میزان افزایش وزن بدن (حدود ۱/۵ برابر گروه شاهد) در ماهیان تغذیه کرده از سطح ۲٪ آنزیم بود که نشان از عملکرد به مراتب مثبت گنجاندن این سطح از آنزیم در جیره داشت. سایر شاخص‌های تغذیه‌ای شامل میزان غذای مصرفی، ضریب تبدیل غذایی و کارآیی پروتئین روند بهتری در تمامی گروه‌های ماهیان تغذیه شده با آنزیم در جیره داشت. با این‌حال، مقادیر عملکردی بهتری در سطح ۲٪ به‌دست آمد. چنین روندی را می‌توان احتمالاً به عملکردهای فیزیولوژیکی گنجاندن آنزیم‌ها بر قابلیت بهتر و سریع‌تر در هضم محتویات مواد غذایی و بهبود ساختار باکتریال دستگاه گوارش ماهی نسبت داد. مکمل آنزیمی ناتوزایم‌پلاس دارای طیف وسیعی از آنزیم‌های مورد نیاز (شامل آنزیم‌های پروتئاز، لیپاز، فیتاز، زایلاناز، گلوکاناز، پنتوزاناز، آمیلاز، همی‌سلولاز، پکتیناز و سلولاز) بوده که هر یک از آنها در افزایش قابلیت هضم مواد غذایی (پروتئین، چربی و کربوهیدرات‌ها) موثر می‌باشند. از این نظر نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های قبادی و همکاران (Ghobadi *et al.*, 2009) مبنی بر اثرات مثبت گنجاندن مکمل آنزیمی (آویزایم) در غذا مطابقت دارد. این محققین عنوان کردند که با افزودن ppm ۱۰۰۰ مکمل آنزیمی آویزایم به جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌توان میزان پودر سویا در جیره ماهی را تا سطح ۳۹٪ بدون اثرات منفی بر عملکرد رشد و میزان بازماندگی افزایش داد. میزان پودر سویا در جیره فیل‌ماهی در مطالعه حاضر در محدوده ۲۰٪ بود. محققین (Pongmaneerat and Watanabe, 1992) عنوان نمودند که گنجاندن ۲۰٪ سویا در جیره باعث کاهش رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌گردد. لذا می‌توان عنوان کرد که کاهش سرعت و عملکرد رشد در فیل‌ماهیان گروه شاهد در مقایسه با سایر گروه‌های تغذیه شده با آنزیم ناتوزایم‌پلاس در مطالعه حاضر احتمالاً نشان از بهبود عملکردی وجود آنزیم‌ها در جیره است. یافته‌های محققین دیگر (Cheah *et al.*, 1989) نشان داد که آنزیم‌های آندوگلوکاناز و اگزوگلوکاناز موجود در قارچ‌های *Trichoderma* سبب هیدرولیز پیوندهای سلولزی پودر دانه پالم و

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

پلیمرهای گیزلان و نهایتا کاهش اندازه پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول در لوله گوارش می‌گردند. چنین نتایجی قبلا در مطالعه بوکانان و همکاران (Buchanan *et al.*, 1997) در تأثیر افزودن مکمل آنزیمی تجزیه‌کننده پلی‌ساکاریدها به آرد کانولا و تأثیر آن بر عملکرد رشد میگوی جوان ببری هم نشان داده شد به‌طوری‌که آنزیم‌های آندوگلوکاناز (مانند آندوگزیلاناز) نقش مؤثری در کاربرد مواد غذایی گیاهی در جیره سخت‌پوستان دارند. بات و همکاران (Bhatt et al., 2010) در تأثیر مکمل آنزیمی حاوی آنزیم گیزلاناز با منبع قارچی (تهیه شده از قارچ *Aspergillus foetidus*) برای دو جیره غذایی با پایه گیاهی (کنجاله بادام زمینی روغن‌کشی‌شده و سبوس برنج) عملکرد رشدی بالاتری همراه با بهبود ترکیب شیمیایی بدن در بچه‌ماهیان انگشت‌قد روهو (*Labeo rohita*) گزارش کردند که از این نظر یافته‌های مطالعه حاضر با آنها هم‌خوانی دارد.

افزایش ضریب رشد ویژه و بهبود ضریب تبدیل غذایی از مهم‌ترین شاخص‌هایی‌اند که در کارگاه‌های پرورش آبزیان به خصوص از نظر اقتصادی مورد توجه قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر ضریب رشد ویژه فیل‌ماهیان جوان تا سطح آنزیمی ۲٪ افزایش یافت ولی در سطوح خیلی بالا (۱۰٪) روند کاهشی معناداری را نشان داد. تاهول و همکاران (Tahoul *et al.*, 2009) در استفاده از مکمل آنزیمی حاوی فیتاز در سطوح صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم غذا بر عملکرد رشد و ترکیب بدن بچه‌ماهیان انگشت‌قد تیلاپیا نشان دادند که بهترین عملکرد رشد از نظر نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میزان غذای مصرفی به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی ۱۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم بود و این شاخص‌ها در سطوح بالاتر آنزیمی کاهش یافتند. مشابه با نتایج مطالعه حاضر، آی‌هان و همکاران (Ayhan *et al.*, 2008) در تأثیر مکمل آنزیمی در جیره‌هایی بر پایه پودر سویا بر عملکرد رشد، قابلیت هضم و میزان دفع نیتروژن و فسفر در ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) نشان دادند که در مجموع افزودن پروتئاز و فیتاز به جیره به طور معناداری باعث بهبود نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و فاکتور وضعیت شده و بیشترین قابلیت هضم در تیمار دارای پروتئاز دیده شد.

اثرات مثبت استفاده از مولتی‌آنزیم‌ها در تغذیه ماهیان به عوامل متعددی از جمله نوع آنزیم، نوع محتویات مواد اولیه بکار رفته در جیره غذایی، نوع گونه ماهی و احتمالا شرایط محیطی بستگی دارد. با توجه به این که در مطالعات مختلف از سطوح کاملاً متفاوتی از انواع آنزیم‌ها استفاده شد (همراه با نتایج متفاوت و حتی متناقض) لذا مقایسه نتایج حاصل از این مطالعه با سایر مطالعات به دلیل عدم وجود مطالعه‌ای در زمینه ماهیان خاویاری با مشکل مواجه می‌باشد. بررسی نتایج اکثر مطالعات انجام شده خصوصاً روی آزاد ماهیان نشان‌دهنده اثرات مثبت آنزیم‌های مکمل خارجی در بهبود قابلیت هضم منابع غذایی و شاخص‌های رشد داشت (Cheng and Hardy, 2002). به عنوان مثال، محققین در تأثیر گنجاندن مکمل کمپلکسی آنزیمی (حاوی گیزلاناز، گلوکاناز، پنتوزاناز، آمیلاز، همی‌سلولاز و سلوبیاز) بر عملکرد رشد

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) در سطوح صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم آنزیم به ازای هر کیلوگرم غذا بیان کردند که نرخ رشد در گروه‌های دارای آنزیم بهبود یافت و بهترین نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب تبدیل پروتئین و سایر فاکتورهای رشدی در بالاترین سطح (حاوی ۰/۷۵ گرم آنزیم) حاصل گردید (Yildirim and Turan, 2010).

در مطالعه حاضر عملکرد رشد فیل‌ماهیان با افزایش سطح آنزیم از ۲ به ۱۰ درصد روند کاهشی نشان داد. این نتایج با مطالعه چن و همکاران (Chen et al., 2009) در بررسی تاثیر افزودن پروتئاز طبیعی به جیره بر عملکرد رشد، هضم و ترکیب بدن بچه‌ماهیان کپور سیاه (*Mylopharyngodon piceus*) در سطوح ۰، ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد مطابقت دارد به‌طوری‌که آنها دریافتند که سطح ۱٪ از آنزیم بهترین عملکرد رشد را در تیمارها ایجاد کرد و با افزایش سطح آنزیم افزایشی در عملکرد رشد ایجاد نگردید ولی میزان هضم غذا افزایش و ضریب تبدیل غذایی کاهش یافت. همچنین آنها گزارش کردند که میزان فعالیت پروتئاز لوزالمعده با افزایش سطح آنزیم تا سطح ۱٪ افزایش یافت ولی در سطوح بالاتر روند ثابتی باقی ماند. این نتایج در مطالعه حاضر در فیل‌ماهی هم مشاهده شد به‌طوری‌که ضریب کارآیی پروتئین و میزان رشد در گروه‌های تغذیه شده با سطوح بالاتر آنزیم به طور معناداری کاهش یافت. احتمالاً سطوح بالای آنزیم اثر منفی بر عملکرد رشد داشته و نوعی فشار فیزیولوژیک بر سیستم گوارشی آبزیان ایجاد می‌کنند که صحت آن به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

از نظر ترکیب لاشه نتایج نشان داد که با افزایش سطح آنزیم در جیره تا سطح ۲٪ آنزیم، میزان پروتئین لاشه افزایش یافت و تمامی ماهیان دارای آنزیم در جیره غذایی‌شان از پروتئین بالاتری در مقایسه با گروه کنترل برخوردار بودند. میزان چربی لاشه با افزایش سطح آنزیم در جیره روند کاهشی معنادار نشان داد. به نظر می‌رسد با افزایش سطح آنزیم در جیره و افزایش قابلیت هضم مواد مغذی از جمله کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها، میزان انرژی مورد نیاز برای فیل‌ماهی به اندازه کافی تأمین شده و پروتئین بیشتری جهت فعالیت‌های آنابولیکی و تولید بافت جدید و رشد مصرف می‌شود.

به طور کلی پژوهش حاضر نشان داد که مولتی‌آنزیم ناتوزایم‌پلاس کارآیی مثبت در بهبود عملکرد رشد، ترکیب لاشه و میزان بازماندگی بچه فیل‌ماهیان پرورشی دارد. با توجه به نتایج، گنجاندن ۲٪ مولتی‌آنزیم ناتوزایم‌پلاس در جیره هم از نظر عملکردی و هم از نظر اقتصادی در کارگاه‌های پرورش بچه‌ماهیان خاویاری پیشنهاد می‌گردد.

منابع

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th edition. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg. USA. 2590 P.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

Ayhan V., Diler I., Arabaci M., Sevgili H. 2008. Enzyme supplementation to soybean based diet in Gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Effects on growth parameters and nitrogen and phosphorus excretion. Journal of the Faculty the Veterinary Medicine, 14(2): 161-168.

Bedford M.R., Classen H.L. 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. Journal of Nutrition, 122: 560-569.

Bedford M.R., Schulze H. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. Nutrition Research Reviews, 11: 91-114.

Bhatt S.S., Ghovatiya S.G., Shah A.R., Katakiya J.V. 2010. Effects of enzyme supplementation in practical diet for roho (*Labeo rohita*) fingerlings. Journal of Pure and Applied Sciences, 18: 9-12.

Buchanan J., Sarac H.Z., Poppi D., Cowan R.T. 1997. Effect of enzyme addition to canola meal in prawn diets. Aquaculture, 151(1-4): 29-35.

Cheah S.C., Ooi L.C.L., Ong A.S.H. 1989. Improvement in the protein content of palm kernel meal by solid state fermentation. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs. AOCS, Champaign, IL, pp: 98-99.

Chen J.M., Ye J.Y., Xu Y.X., Wang Y.H. 2009. Effect of adding neutral protease to diets on growth performance, digestion, and body composition of fingerling black carp (*Mylopharyngodon piceus*). Acta Hydrobiologica Sinica, 33(4): 726-731.

Cheng Z.J., Hardy R.W. 2002. Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured *in vivo* using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition, 8(4): 271-277.

Debnath D., Pal A.K., Sahu N.P., Jain K.K., Engkokpam S.Y., Mukherjee S.C. 2005. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* fingerlings. Aquaculture Research, 36: 180-187.

Drew M.D., Racz V.J., Gauthier R., Thiessen D.L. 2005. Effect of adding protease to co- extruded flax pea or canola pea products on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout. Animal Feed Science and Technology, 119: 117-128.

Gackson L.S., Li M., Robinson E.H. 1996. Use of microbial phytase in Channel catfish, *Ictalurus punctatus* diet to improve utilization of phytate phosphorus. Journal of the World Aquaculture Society, 27: 309-313.

Ghobadi Sh., Matinfar A., Nezami Sh.A., Soltani M. 2009. Influence of supplementary enzymes Avizyme on fish meal replacement by soy bean meal and its effects on growth performance and survival rate of rainbow trout

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]

(*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Scientific Fisheries Journal, 3(2): 11-22. (In Persian).

Giri S.S., Saho S.K., Sahu A.K., Meher P.K. 2003. Effect of dietary protein level on growth, survival, feed utilization and body composition of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias batrachus* × *Clarias gariepinus*). Animal Feed Science and Technology, 104(1-4): 169-178.

Hardy R., Barrows F.T. 2002. Diet preparation and manufacture. In: Halver J Hardy R (Eds.). Fish Nutrition. London, UK, Academic Press Inc., pp: 506-601.

Mohseni M., Ozorio R.O.A., Pourkazemi M., Bai S.C. 2008. Effects of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition in beluga sturgeon (*Huso huso*) juveniles. Journal of Applied Ichthyology, 24: 646-649.

Pongmaneerat J., Watanabe T. 1992. Utilization of soybean meal as protein source in diets for rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(9): 1761-1773.

Refstie S., Sahlstrom S., Brathen E., Baeverfjord G., Krogedal P. 1999. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and anti- nutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon. Aquaculture, 246: 331-345.

Tahoul A.M., Abo- State H.A., Hammouda Y.A. 2009. Effect of adding commercial phytase to DDGS based diets on the performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 5(4): 550- 555.

Yildirim B.Y., Turan F. 2010. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(2): 327-331.

Yilmaz M., Ikiz R. 2006. Effects of dietary enzyme supplement on growth of Gilthead sea bream. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23(1-2): 323-326.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-21]