



مجله علمی کاربردی آبزیان و منابع آبی

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵

<http://japu.gau.ac.ir>

## تأثیر استفاده از مولتی آنزیم ناتوزیم بر شاخص بقای ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در مواجهه با غلظت‌های مختلف سم آبامکتین

محمد فروهر واجارگاه<sup>۱</sup>، احمد محمدی یلسوئی<sup>۲</sup> و \*حسن رضائی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، اکولوژی آبزیان، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران،

<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری، تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

<sup>۳</sup>استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۲

### چکیده

برخی از آفت‌کش‌ها، همچون آبامکتین دارای توانایی نفوذ و جذب از طریق پوست یا دستگاه گوارشی هستند؛ از طرفی، استفاده از انواع مولتی‌آنزیم‌های خوراکی برای افزایش کارایی دستگاه گوارش آبزیان و افزایش فرآیند جذب رو به افزایش است. هدف از مطالعه حاضر بررسی استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی و تأثیر بر شاخص بقای ماهی در مواجهه با سم آبامکتین بود؛ به‌این منظور، ماهیان به دو تیمار با سه تکرار تقسیم شدند. هر گروه به‌مدت ۸ هفته با دو رژیم غذایی متفاوت دارای آنزیم و بدون آنزیم تغذیه شدند. ۲۱ ماهی به‌مدت ۹۶ ساعت در معرض غلظت ۱/۲۴۳ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین قرار گرفت. تمام شرایط فیزیکی و شیمیایی آب برای هر دو گروه در تمام مدت آزمایش مشابه بود و تنها تفاوت مربوط به رژیم غذایی می‌شد. در نهایت غلظت کشنده آبامکتین در انتهای ۹۶ ساعت تعیین شد. بدین منظور تعداد ۱۴۷ ماهی به‌مدت ۹۶ ساعت در معرض غلظت‌های مختلف آبامکتین قرار گرفتند. تعداد مرگ و میر در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد بین میزان مرگ و میر ماهیان در گروه اول نسبت به گروه دوم تفاوت معناداری داشت ( $p < 0/05$ ). بیشترین میزان مرگ و میر مربوط به گروه اول

\*مسئول مکاتبه: [hassanrezaei1979@gmail.com](mailto:hassanrezaei1979@gmail.com)

بود. میزان غلظت کشنده آبامکتین برای گروه اول در پایان ۹۶ ساعت برابر با ۰/۳۰۵ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج بیان‌کننده این موضوع بود که هرچند استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم منجر به افزایش رشد بچه ماهی کپور شده ولی به دلیل آزادسازی فسفر و نیتروژن در غلظت‌های بالای مورد استفاده، موجب کاهش سیستم ایمنی ماهی شده و در نتیجه شانس بقای ماهی کپور را در مواجهه با غلظت‌های کشنده آبامکتین کاهش داده و موجب افزایش تلفات گردید، لذا این مکمل در گونه‌های در معرض آلاینده‌های محیطی به‌خصوص سموم کشاورزی با نیمه عمر متفاوت پیشنهاد نمی‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** مولتی آنزیم ناتوزیم، سم آبامکتین، کپور معمولی، جیره غذایی

#### مقدمه

آنزیم‌ها دسته‌ای از ترکیبات طبیعی هستند که موجب افزایش سرعت و بازده انواع فرآیندهای شیمیایی یا متابولیکی در جانداران می‌شوند (مازندرانی و همکاران، ۲۰۰۹). در این میان با گسترش روز افزون صنعت و نیاز بازار استفاده از انواع آنزیم‌ها در جیره غذایی آبزیان به‌منظور افزایش بهره‌وری ضروری به‌نظر می‌رسد (عادلیان و همکاران، ۲۰۱۳). مولتی آنزیم‌ها ترکیبی از چندین نوع آنزیم می‌باشند بر انواع مختلفی از ترکیبات غذایی مؤثر هستند و باعث افزایش جذب آن‌ها می‌گردند؛ ناتوزیم از این دست ترکیبات است (البستر و لوید، ۱۹۸۲؛ بلا و پراساد، ۲۰۰۸؛ بوت و همکاران، ۱۹۹۵). مولتی آنزیم ناتوزیم دارای پروتئاز، لیپاز، فیتاز، آلفا آمیلاز، سلولاز، آمیلوگلوکوسیداز، بتاگلوکاناز، پنتوسوناز، همی سلولاز، زایلاناز، پکتیناز، اسید فسفاتاز و اسید فیتاز است (قمی و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات گذشته نشان داده است استفاده از انواع مولتی آنزیم و آنزیم تأثیر مثبت بر روی رشد ماهیان دارد (هدایتی و همکاران، ۲۰۱۴). مولتی آنزیم‌های خوراکی باعث افزایش کارایی دستگاه گوارش جانداران و افزایش بازده عمل گوارش می‌شود؛ این به‌علت ویژگی کاتالیزوری آنزیم‌ها است؛ آنزیم‌ها می‌توانند غلظت مواد غذایی (بهم پیوستگی) را کاهش دهند و با شکستن ترکیبات جذب آن‌ها را آسانتر کنند (هیدالگو و همکاران، ۱۹۹۹؛ لین و همکاران، ۲۰۰۷؛ لومارت و اروسینی، ۲۰۰۲). انواع آفت‌کش‌ها می‌توانند از طریق حمل به وسیله آبیاری، بارنگی و یا نفوذ در خاک موجب آلودگی منابع آبی شوند (نظیفی و همکاران، ۲۰۰۰). این آلاینده‌ها با انباشت در بافت آبزیان در طول

زنجیره غذایی حرکت می‌کنند و می‌توانند منجر به تهدید سلامت آبزیان و محصولات تولیدی گردد (موری و همکاران، ۱۹۹۳). در این میان سلامت تولیدات آبی اهمیت فراوانی می‌یابد.

آبامکتین از انواع آفت‌کش‌های دفع حشرات است که نوعی قارچ با نام علمی *Streptomyces avermitilis* منشا می‌گیرد (مک‌کلر و بنچاو، ۱۹۹۶). امروزه از این ترکیب به شکل گسترده در مزارع کشاورزی برای دفع آفات استفاده می‌شود؛ این موضوع می‌تواند موجب تهدید سلامت محیط و اکوسیستم گردد. با توجه انحلال کم آبامکتین در آب توزیع آن در خاک محدود است. اما با توجه به ویژگی لیپو فسفلیته خود می‌تواند همچون دیگر آفت‌کش‌ها باعث آلودگی محیط زسیت و چرخه غذایی موجودات به‌ویژه مهرهداران و ماهیان شود (موری و همکاران، ۱۹۹۳). مطالعات بسیاری در مورد سمیت غلظت‌های مختلف سم آبامکتین برای آبزیان انجام شده است؛ به‌عنوان مثال، (هدایتی و همکاران، ۲۰۱۴)، روی سمیت غلظت‌های مختلف آبامکتین در ماهی کپور معمولی مطالعه کردند. همچنین (نوول و همکاران، ۲۰۱۱) روی سمیت سم آبامکتین در گونه‌های مختلف دافنی مطالعه کرد. ماهی کپور معمولی یکی از قدیمی‌ترین گونه‌های پرورشی در جهان است که از گذشته دور در مزارع پرورش آبزیان نگهداری و تولید می‌شد؛ در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۳ درصد از تولیدات ماهیان آب‌شیرین در سطح جهان متعلق به این گونه است (نوول و همکاران، ۲۰۱۱) و این مقدار همچنان در حال رشد است. کپور معمولی، گونه‌ای گند خوار است و علاوه بر گیاهان، لارو حشرات، زئوپلانکتون‌ها و موجودات کفزی از اجساد افتاده بر کف محیط آبی نیز تغذیه می‌کند؛ این گونه می‌تواند بازه وسیعی از تغییرات دمایی را تحمل کند (۳۱-۱۵ درجه سانتی‌گراد) و pH مناسب برای آن حدود ۶/۵-۸/۵ است. این گونه آب‌شیرین توانایی تحمل شوری حدود ۵ درصد و غلظت کم اکسیژن تا ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر را دارد (پترسون و امان، ۱۹۸۹).

آنزیم با تأثیر بر خصوصیات گوارشی و بهبود میزان کارایی جذب مواد غذایی موجب کاهش بهم پیوستگی مواد غذایی و افزایش سطح تماس می‌گردد (البستر و لوید، ۱۹۸۲). از طرفی، سم آبامکتین می‌تواند از طریق غشای سلولی، پوست، سیستم گوارشی و چشم جذب و وارد بدن آبزیان گردد (مک‌کلر و همکاران، ۱۹۹۶). مواجهه با آلاینده‌های محیطی به‌خصوص سموم کشاورزی در ماهیانی که با مولتی‌آنزیم تغذیه می‌شوند ممکن است ایجاد حساسیت بیشتر نموده و حتی باعث تشدید تأثیرات کشندگی گردد. هدف این مطالعه بررسی این موضوع است که آیا استفاده از مولتی آنزیم بر شانس

بقای ماهی کپور در مواجهه با غلظت‌های مختلف آبامکتین تأثیرگذار است و منجر به تشدید اثرات کشندگی سم می‌گردد.

### مواد و روش

برای شروع آزمایش، ابتدا تعداد ۴۰۰ عدد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزنی  $7 \pm 1$  گرم از مزارع تکثیر و پرورش ماهیان گرم آبی واقع در استان گلستان تهیه شد و به محیط آزمایش انتقال یافت (سالن ونیرو، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران). ماهیان برای دو هفته در مخازن ۲۸ لیتری آب به‌منظور سازگاری با شرایط آزمایشگاه نگهداری شدند. در این مدت تراکم و شرایط فیزیکوشیمیایی آب در تمام مخازن یکسان بود (دما  $18 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد، میزان pH  $7.5 \pm 0.5$ ، اکسیژن محلول ۹-۷ میلی‌گرم در لیتر و میزان آمونیاک محلول کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. همچنین سختی آب  $210 \pm 8$  میلی‌گرم در لیتر بود). در این مدت تمام ماهیان معادل ۳ درصد وزن بدن سه بار در روز غذادهی شدند.

پس از زمان سازگاری ماهیان به دو گروه مساوی تقسیم شدند. گروه اول (تیمار ۱) به‌مدت ۸ هفته سه بار در روز معادل سه درصد از وزن بدن با جیره غذایی حاوی ۷۵۰ میلی‌گرم ناتوزیم در هر کیلوگرم جیره تغذیه شد. گروه دوم (تیمار ۲) به‌مدت ۸ هفته با همان جیره غذایی منتهی بدون هیچ‌گونه مولتی‌آنزیمی تغذیه شد. انتخاب غلظت آنزیم و مدت تغذیه ماهیان با جیره غذایی بر اساس مطالعات (مازندرانی و همکاران، ۲۰۱۳) بود. در تمام مدت شرایط فیزیکی شیمیایی آب مشابه دوره سازگاری بود.

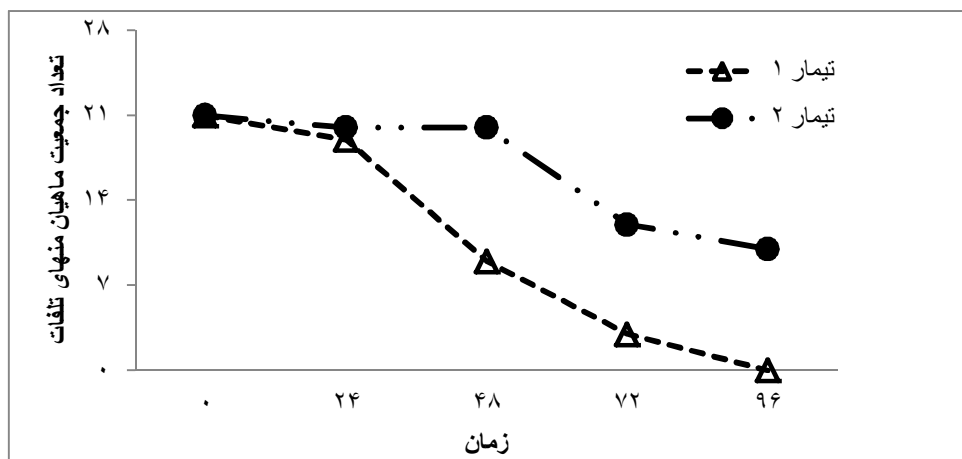
پس از هشت هفته، ۴۲ ماهی از هر گروه به تفکیک به روش کاملاً تصادفی انتخاب شدند و در دو گروه مجزا به‌مدت ۹۶ ساعت در برابر غلظت ۰،  $1/243$  میلی‌گرم در لیتر آمونیاک قرار گرفتند (هر غلظت دارای ۳ تکرار و هر تکرار دارای ۷ عدد ماهی). تعداد تلفات ماهیان در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت شمارش شد و پس از هر شمارش تلفات از مخازن خارج گشت. در ادامه آزمایش به منظور یافتن  $LC_{50}$  سم آبامکتین در پایان ۹۶ ساعت ۱۴۷ ماهی را از میان تیمار ۱ به روش کاملاً تصادفی انتخاب شد و به‌مدت ۹۶ ساعت در مواجهه با غلظت‌های ۰، ۰/۳۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین قرار گرفتند (هر غلظت دارای سه تکرار بود و در هر تکرار ۷ عدد ماهی وجود داشت). تعداد تلفات ماهیان در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت شمارش شد و پس از هر شمارش تلفات از مخازن خارج شد. در تمام مدت آزمایش به‌جز غلظت سم تمام شرایط فیزیکی

شیمیایی آب مشابه دوره سازگاری بود. در این مرحله هیچگونه غذادهی صورت نگرفت و انتقال ماهیان ۲۴ ساعت قبل از آزمون سم بود. انتخاب میزان غلظت آبامکتین برای تیمارها بر اساس مطالعات هدایتی و همکاران (۱۱) بود.

برای مقایسه داده‌ها بین تیمارها به تفکیک زمان و همچنین برای مقایسه داده‌های به دست آمده از هر یک از تیمارها با گذشت زمان، از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) استفاده گردید؛ همچنین با استفاده از نرم‌افزار SPSS مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح اطمینان ۰/۰۵ صورت گرفت. برای بررسی میزان سمیت آبامکتین (۵۰ درصد مرگ‌ومیر) در غلظت‌های مختلف سم به تفکیک زمان (۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت) از آزمون پروبیت با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

### نتایج

نتایج نشان داد بین مرگ و میر ماهیان در تیمارها مختلف تفاوت معناداری وجود داشت؛ بیشترین میزان تلفات ماهیان در غلظت ۱/۲۴۳ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین در میان اعضای تیمار ۱ مشاهده شد (شکل ۱)؛ در هیچکدام از تیمارها در غلظت ۰ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین تلفاتی مشاهده نشد. بیشترین میزان تلفات ماهیان در تیمار ۲ مربوط به ۴۸ ساعت انتهایی آزمایش بود (حدود ۹۱ درصد تلفات ماهیان)؛ در حالی که بیشترین میزان تلفات ماهیان در تیمار ۱ مربوط به ۴۸ ساعت ابتدایی آزمایش بود (حدود ۵۷ درصد تلفات). با گذشت زمان از شیب نمودار کاهش جمعیت کاسته شد.



شکل ۱- تغییرات جمعیت تیمار ۱ (مولتی‌آنزیم دریافت کرده‌اند) و تیمار ۲ (مولتی‌آنزیم دریافت نکرده‌اند) در مواجهه با غلظت ۱/۲۴۳ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک است.

بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۵)، شماره (۴) زمستان ۱۳۹۵

در طول آزمایش هیچگونه تلفاتی در گروه شاهد (غلظت ۰ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین) مشاهده نشد؛ تعداد تلفات روزانه ماهیان در تیمار ۱ در غلظت‌های مختلف آبامکتین در «جدول ۱» آمده است. نتایج نشان داد؛ میزان LC<sub>50</sub> آبامکتین در پایان ۹۶ ساعت برای این گروه معادل ۰/۳۰۵ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲).

جدول ۱- میزان مرگ و میر ماهیان (تیمار ۱- مولتی آنزیم دریافت کرده‌اند) در مواجهه با غلظت‌های مختلف سم آبامکتین است.

تعداد مرگ و میر (تلفات)				تعداد ماهیان	غلظت آبامکتین (mg/l)
۹۶ ساعت	۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت		
۰	۰	۰	۰	۲۱	۰
۷	۲	۰	۰	۲۱	۰/۲۵
۱۸	۴	۰	۰	۲۱	۰/۵
۲۱	۶	۲	۱	۲۱	۱
۲۱	۱۹	۱۷	۵	۲۱	۲
۲۱	۲۱	۱۹	۷	۲۱	۳
۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۶

جدول ۲- غلظت‌های کشنده آبامکتین برای تیمار ۱ (ماهستانی که مدت ۸ هفته مولتی آنزیم دریافت کرده بودند).

	غلظت‌های آبامکتین (mg/l)			
	۹۶ ساعت	۷۲ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت
LC <sub>10</sub>	۰/۱۷۳	۰/۳۸۱	۰/۹۶۲	۱/۵۶۷
LC <sub>20</sub>	۰/۲۱۰	۰/۵۲۲	۱/۱۴۲	۱/۹۴۹
LC <sub>30</sub>	۰/۲۴۲	۰/۶۵۴	۱/۲۹۳	۲/۲۸۲
LC <sub>40</sub>	۰/۲۷۳	۰/۷۹۳	۱/۴۳۷	۲/۶۱۱
LC <sub>50</sub>	۰/۳۰۵	۰/۹۵۰	۱/۵۸۶	۲/۹۶۱
LC <sub>60</sub>	۰/۳۴۱	۱/۱۳۸	۱/۷۵۱	۳/۳۵۸
LC <sub>70</sub>	۰/۳۸۴	۱/۳۸۰	۱/۹۴۶	۳/۸۴۲
LC <sub>80</sub>	۰/۴۴۲	۱/۷۳۰	۲/۲۰۲	۴/۴۹۸
LC <sub>90</sub>	۰/۵۳۷	۲/۳۶۶	۲/۶۱۵	۵/۵۹۷
LC <sub>95</sub>	۰/۶۳۰	۳/۰۶۵	۳/۰۱۳	۶/۷۰۴

در نهایت ماهیانی که در مواجهه با غلظت‌های مختلف آبامکتین قرار داشتند نشانه‌هایی مانند اضطراب، شنای سریع، افزایش حرکت سرپوش آبششی، تیرگی رنگ و در نهایت مرگ با دهان باز بودند (در هر دو تیمار مشاهده شد). این نشانه‌ها در گروه شاهد وجود نداشت (غلظت ۰ میلی‌گرم در لیتر آبامکتین).

بین میانگین وزنی ماهیان در تیمار ۱ نسبت به تیمار ۲ در پایان ۸ هفته تفاوت معناداری وجود داشت ( $p < 0/05$ ). میانگین وزنی ماهیان در انتهای ۸ هفته در تیمار ۱ معادل  $1,25 \pm 0,20$  و در تیمار ۲ معادل  $1,42 \pm 0,15$  گرم بود.

### بحث و نتیجه‌گیری

امروزه با افزایش آلودگی محیط زیست و رشد روز افزون صنعت، آلودگی منابع آبی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (پوریچ، ۲۰۱۰). امروزه انواع مختلفی از سم آبامکتین (مانند ایوامکتین و دورامکتین) به شکل گسترده در مزارع پرورش خوک، گاو و گوسفند استفاده می‌شود (ریترز و همکاران، ۱۹۹۵)؛ تحقیقات گذشته نشان داده است که تا ۹۸ درصد این ترکیبات بدون تغییر ماهیت سمی خود در بافت این جانداران انباشته می‌شود (استیل و واردهاف، ۲۰۰۲؛ سوارز، ۲۰۰۲؛ تیسلر و ارزن، ۲۰۰۶). ورود این ترکیبات سمی به محیط‌های آبی می‌تواند حیات آبریان را به خطر اندازد (یونارویچ و همکاران، ۲۰۱۱؛ زقاری و همکاران، ۲۰۰۸).

در رابطه با مطالعه اثر استفاده از انواع مولتی‌آنزیم‌ها در جیره غذایی ماهیان روی شانس بقای آن‌ها در مواجهه با غلظت‌های کشنده انواع آفت‌کش‌ها مطالعه مشابهی یافت نشد؛ از این نظر مطالعه حاضر منحصربه‌فرد بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد هرچند استفاده از انواع مولتی‌آنزیم‌ها در جیره غذایی آبریان منجر به افزایش عملکرد دستگاه گوارش و رشد می‌شود ولی، شانس بقای ماهیان را در مواجهه با آلودگی‌های محیطی (سم آبامکتین) کاهش می‌دهد. غلظت کشنده آبامکتین ( $96h LC_{50}$ ) برای ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) در این آزمایش ۰/۳۰۶ بود.

هدایتی و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند غلظت کشنده آبامکتین ( $96h LC_{50}$ ) برای ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) برابر با ۱/۲۴۳ میلی‌گرم در لیتر است. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه آنان مغایرت داشت. شرایط آزمایش ما مشابه مطالعه هدایتی و همکاران بود و عمده تفاوت ناشی از استفاده ماهیان از مولتی‌آنزیم ناتوزیم می‌شد.

مازندرانی و همکاران (۲۰۰۹) روی استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم در جیره غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و تأثیر آن بر شاخص گنادو ماتیک مطالعه کردند. آن‌ها برای این منظور ماهیان را به مدت ۸ هفته با مولتی‌آنزیم ناتوزیم در پنج مقدار ۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم جیره تغذیه کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد ماهی‌هایی که مقدار ۷۵۰ میلی‌گرم ناتوزیم به ازای هر کیلوگرم غذا دارای بالاترین میزان رشد و رسیدگی جنسی (GSI) بودند که همچنین آنان اعلام داشتند ماهیانی که مولتی‌آنزیم دریافت کرده‌اند نسبت به گروه شاهد (غلظت ۰ میلی‌گرم ناتوزیم به ازای هر کیلوگرم غذا) دارای رشد بهتری بودند؛ این بخش از نتایج مطالعه آن‌ها با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت.

هیدالگو و همکاران (۱۹۹۹)، تأثیر استفاده از مولتی‌آنزیم‌های گوارشی را در گونه‌های مختلف ماهیان که دارای رژیم‌های غذایی متفاوتی بودند مطالعه کردند. آن‌ها برای این منظور انواع مختلف ماهیان از جمله کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مار ماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*) و ماهی قرمز (*Carassius auratus*) را با مقادیر مختلف مولتی‌آنزیم تغذیه کردند. در نهایت آن‌ها بیان داشتند استفاده از مولتی‌آنزیم در جیره غذایی ماهی‌ها منجر به افزایش میزان رشد می‌شود. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه (هیدالگو و همکاران، ۱۹۹۹) مطابقت داشت.

عادلیان و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر مولتی‌آنزیم ناتوزیم بر شاخص گنادوسوماتیک ماهی کپور معمولی پرداختند و دریافتند که بهترین غلظت جهت ایجاد بیشترین شاخص گنادوسوماتیک، ۷۵۰ میلی‌گرم از این مولتی‌آنزیم به ازای هر کیلوگرم از جیره غذایی بوده و به کارگیری این مولتی‌آنزیم در غلظت‌های بالاتر اثرات نامطلوب داشته و نشان دهنده اثرات متفاوت ناتوزیم در غلظت بالای استفاده می‌باشد.

وجود مواد ضدتغذیه بسیار و متفاوت در اقلام خوراکی مورد استفاده در جیره، امروزه استفاده از آنزیم‌های خارجی در جیره‌های آن‌ها امری رایج شده است. استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم (آنزیم چندگانه) انرژی‌زایی و قابلیت هضم پروتئین و در نتیجه بازده استفاده از انرژی قابل سوخت و ساز و پروتئین جیره را بهبود می‌بخشد. با افزایش مقدار انرژی‌زایی و همچنین قابلیت هضم پروتئین و احتمالاً سایر مواد مغذی، بازده استفاده از انرژی قابل سوخت و ساز بهبود می‌بخشد. به دلیل وجود چندین ماده ضدتغذیه‌ایی استفاده از آنزیم‌های چندگانه نسبت به آنزیم‌های منفرد بسیار مؤثر و



کارآمدتر می‌باشد. آنزیم چندگانه ناتوزیم با داشتن مخلوطی از ۱۳ آنزیم کاملاً متفاوت و فعال، قابلیت فراوانی در جیره داشته و به آزادسازی انرژی پنهان و سایر مواد مغذی جیره (از جمله فسفر فیتات، سایر اسیدآمینها، محتویات محصور در دیواره‌های سلولی) منجر می‌شود. ناتوزیم، به دلیل وجود مقدار کافی آنزیم فیتاز و پروتئاز به آزادسازی و جذب فسفر و نیتروژن موجود در جیره کمک می‌کند (زقاری و همکاران، ۲۰۰۸) اما به دلیل آزادسازی فسفر و نیتروژن در غلظت‌های بالای مورد استفاده، موجب کاهش سیستم ایمنی و در نتیجه حساسیت بیشتر ماهی به آلاینده‌های محیطی می‌گردد.

نتایج مطالعه حاضر به روشنی بیان‌کننده این موضوع بود که هرچند استفاده از مولتی‌آنزیم ناتوزیم منجر به افزایش رشد بچه ماهی کپور شده ولی به دلیل آزادسازی فسفر و نیتروژن در غلظت‌های بالای مورد استفاده، موجب کاهش سیستم ایمنی ماهی شده و در نتیجه شانس بقای ماهی کپور را در مواجهه با غلظت‌های کشنده آبامکتین کاهش داده و موجب افزایش تلفات ماهی گردید، لذا این مکمل غذایی در گونه‌های در معرض آلاینده‌های محیطی به خصوص سموم کشاورزی با نیمه عمر متفاوت پیشنهاد نمی‌گردد. تأثیر استفاده از دیگر انواع آنزیم‌ها و مکمل‌های گوارشی در جیره غذایی ماهیان در مواجهه با غلظت‌های کشنده دیگر سموم از زمینه‌های مطالعات بیشتر است.

### سپاسگزاری

این مطالعه با تکیه بر امکانات آموزشی و آزمایشگاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به ثمر رسیده است. در این میان از همراهی و کمک جناب آقای دکتر رسول قربانی و جناب آقای مهندس جعفر کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### منابع

1. Adilian, M. Taghizadeh, Imanpour, M. Mazandarani, M. 2013. The use of Natuzyme multi-enzyme in common crap (*Cyprinus carpio*) diet and its effect on gonadosomatic index. Second National Conference on Fisheries and Aquaculture, Iran.
2. Alabaster, J.S., and Lloyd, R. 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Second edition. Butterworth Scientific, London, England. 359p.
3. Bela, Z., and Prasad, R. 2008. Impact of pollution on fresh and marine water resources. Journal of Pollution Research, 273: 461-466.

4. Bogut, I., Opačak, A., and Stević, I. 1995. "The influence of poly-enzymes added to the food on the growth of carp fingerlings (*Cyprinus carpio* L)." *Aquaculture* 129(1): 252.
5. Ghomi, M.R., Shahriari R., Faghani H., Nikoo M., and Elert E.V. 2012. Effects of exogenous dietary enzyme on growth, body composition, and fatty acid profiles of cultured great sturgeon *Huso huso* fingerlings. *Aquaculture International*, Vol. 20(2): 249–254.
6. Hedayati A., Forouhar M., Mohamadi A., Abarghoei S., and Hajiahmadyan M. 2014. Acute toxicity test of pesticide abamectin on common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(11): 841-844.
7. Hidalgo, M.C., Urea, E., and Sanz, A. 1999. "Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities." *Aquaculture* 170(3): 267–283.
8. Lin, Shimei, Kangsen Mai, and Beiping Tan. 2007. "Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*." *Aquaculture research*. 38(15): 1645–1653.
9. Lumaret, J.P., and Errouissi, F. 2002. Use of anthelmintic in herbivores and evaluation of risks for the non-target fauna of pastures. *Veterinary Research*, Vol. 33: 547–562.
10. Mazandarani, M., Taghizadeh, A., Adelian, M. and Imanpour, M. 2009. The use of Natuzyme multi-enzyme in common carp (*Cyprinus carpio*) diet and its effect on gonadosomatic index. Second National Conference on Fisheries and Aquaculture in Iran, Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch, Iran.
11. McKellar, QA, and Benchaoui, HA. 1996. Avermectins and milbemycins. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 19: 331-351.
12. Moore, JC., DeRuiter, PC., Hunt, HW. 1993. Soil invertebrate/microinvertebrate interactions: disproportionate effects of species on food web structure and function. *Veterinary Parasitology*, 48: 247–260.
13. Moran, Edwin, T., and James, McGinnis, 1968. "Growth of chicks and turkey poults fed western barley and corn grain-based rations: Effect of autoclaving on supplemental enzyme requirement and asymmetry of antibiotic response between grains." *Poultry Science* 47(1): 152–158.
14. Nazifi, S., Firoozbakhsh, F., and Bolouki, M. 2000. Evaluation of serum biochemical parameters in experimental intoxication with trichlorofon in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes). *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 55: 55-60.
15. Novelli, A., Vieira, B.H., Cordeiro, D., Cappelini, L.T.D., Vieira, E.M., and Espíndola, E.L.G. 2011. Lethal effects of abamectin on the aquatic organisms *Daphnia similis*, *Chironomus xanthus* and *Danio rerio*. *Journal of Chemosphere*, Accepted 28 August 2011.

16. Pettersson, D., and Åman, P. 1989. "Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat." *British journal of Nutrition*. 62(01): 139–149.
17. Purich D.L. 2010. *Enzyme Kinetics: Catalysis and Control: A Reference of Theory and Best-Practice Methods*. Elsevier Science, 32 Jamestown road, London, UK. 920 pages.
18. Ritz, C.W., Hulet, R.M., Self, B.B., and Denbow, D.M. 1995. "Growth and intestinal morphology of male turkeys as influenced by dietary supplementation of amylase and xylanase." *Poultry science*. 74(8): 1329–1334.
19. Steel, JW, Wardhaugh, KG. 2002. Ecological impact of macro-cyclic lactones on dung fauna. In: Verduyn J, Rew RS (eds) *Macrocyclic lactones and anti-parasitic therapy*. CAB International, Wallingford, Pp: 141–162.
20. Suarez, V.H. 2002. Helminthic control on grazing ruminants and environmental risks in South America. *Veterinary Research*, 33: 563–573.
21. Tišler, T., and Eržen, N.K. 2006. Abamectin in the aquatic environment. *Journal of Ecotoxicology*, 15: 495-502.
22. Woynarovich, A., Bueno, P.B., Altan, O., Jeney, Zs., Reantaso, M., Xinhua, Y., and Van Anrooy, R. 2011. Better management practices for carp production in central and eastern Europe, the Caucasus and central Asia. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical*, No. 566. Ankara, FAO. 2011. 153p.
23. Zaghari, M., Majdeddin, M., Taherkhani, R., and Moravej, H. 2008. Estimation of nutrient equivalency values of natuzyme and its effects on broiler chick performance. *Journal Applied Poultry Research*, 17: 446-453.
24. Zamini, A.A., Kanani, H., Esmaili, A., Ramezani, S., and Zorie Zahara, S. 2012. "Effects of two dietary exogenous multi-enzyme supplementation, Natuzyme® and beta-mannanase (Hemicell®), on growth and blood parameters of Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*)." *Comparative Clinical Pathology*: 1–6.

