شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱۶۳-۱۵۳

تغییرات شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*) تغذیه شده با جیره غذایی آلوده به سطوح مختلف سموم آفلاتوکسین ب۱ و زیرالنون

سلیمان حسن‌پور[۱]، کوروش سروی مغانلو[۲]*، مزدک رازی[۳]، احمد ایمانی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه شیلات و آبزیان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۲] دانشیار گروه شیلات و آبزیان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳] دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۸

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات آفلاتوکسین ب۱ و زیرالنون بر تغییرات شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه ماهی کاراس طلایی انجام گرفت. بدین منظور ۶۷۵ قطعه بچه ماهی به وزن تقریبی ۰/۱۲±۶/۲۵ گرم در قالب ۹ تیمار آزمایشی با جیره‌های غذایی حاوی سه سطح آفلاتوکسین ب۱ (AF) (۰ ppb، ۵۰ و ۱۰۰) و سه سطح زیرالنون (ZER) (۰ ppb، ۵۰۰ و ۱۰۰۰) به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. سپس شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه مورد سنجش قرار گرفت. بر اساس نتایج ، شاخص افزایش وزن در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی $AF_{۵۰}.ZER_{۱۰۰۰}$ و $AF_{۱۰۰}..ZER_{۱۰۰۰}$ (تیمارهای ۷ و ۹) نسبت به گروه شاهد کاهش یافته است ($p < ۰/۰۵$). گروه‌هایی که با جیره حاوی $AF_{۵۰}.$، $AF_{۱۰۰}..ZER_{۵۰۰}.$ و $AF_{۱۰۰}..ZER_{۱۰۰۰}$ تغذیه شده بودند، افزایش وزن کمتری را نشان دادند ($p < ۰/۰۵$). ضریب رشد ویژه در سطوح $AF_{۵۰}.$، $AF_{۱۰۰}..$ و $ZER_{۱۰۰۰}$ و تیمارهای ترکیبی دو سم کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به گروه شاهد داشت ($p < ۰/۰۵$). اگرچه در مورد شاخص ضریب تبدیل غذایی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت ولی کمترین مقدار در گروه فاقد سم (تیمار ۱) و بیشترین مقدار در تیمار ۹ ($AF_{۱۰۰}..ZER_{۱۰۰۰}$) مشاهده شد ($p > ۰/۰۵$). کمترین پروتئین لاشه در تیمار ۶ ($ZER_{۵۰۰}.$ و $AF_{۵۰}.$) مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). همچنین پایین‌ترین چربی لاشه در تیمار ۴ ($ZER_{۵۰۰}.$) دیده شد ($p < ۰/۰۵$). کمترین رطوبت هم در تیمار ۷ ($AF_{۵۰}.ZER_{۱۰۰۰}$) مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که هم آفلاتوکسین ب۱ و هم زیرالنون هر کدام به تنهایی باعث کاهش در شاخص‌های رشد و تغییرات ترکیب لاشه می‌شوند، اما حضور هم‌زمان دوسم بیشترین تاثیر را در این شاخص‌ها دارند.

واژگان کلیدی: شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، ماهی کاراس طلایی، آفلاتوکسین ب۱، زیرالنون

* نویسنده مسئول: کوروش سروی مغانلو
Email: k.sarvimoghanlou@urmia.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 1, Spring 2021
pp. 153-163

Alterations in growth indices and body composition of goldfish (*Carassius auratus*) fed on diets contaminated with different levels of Aflatoxin B_1 and Zearalenone toxins

Soleiman Hasanpour[1], Kourosh Sarvi Moghanlou[2*], Mazdak Razi[3], Ahmad Imani[2]

[1] Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Urmia, Urmia, Iran
[2] Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Urmia, Urmia, Iran
[3] Associate Professor, Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, University of Urmia, Urmia, Iran

Received: 05-Feb-2021 **Accepted: 26-Feb-2021**

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effects of aflatoxin B_1 and zearalenone in regards to changes in growth indices and body composition of gold fish. For this purpose, 675 juvenile fish weighing approximately 6.25±0.12 grams in the form of 9 experimental treatments with diets containing three levels of Aflatoxin B_1 (AF) (0, 50 and 100 ppb) and three levels of Zearalenone (ZER) (0, 500 and 1000 ppb) and they were fed for 60 days. Then, growth indices and body composition were measured. Based on the results, the weight gain in juveniles fed diets containing AF_{50} with ZER_{1000} and $AF_{100}ZER_{1000}$ (treatments 7 and 9) decreased compared to the control group ($p<0.05$). Groups fed with diet containing AF_{50}, $AF_{100}ZER_{500}$, and $AF_{100}ZER_{1000}$ showed lower weight gain ($p<0.05$). Specific growth rate at levels of AF_{50}, AF_{100}, ZER_{1000} and combination treatments of two toxins had a significant decrease compared to the control group ($p <0.05$). Although there was no significant difference between treatments in indices of feed conversion ratio, the lowest value was observed in the group without toxin (treatment 1) and the highest value was observed in treatment 9 ($AF_{100}ZER_{1000}$) ($p >0.05$). The lowest body protein was observed in treatment 6 ($AF_{50}ZER_{500}$) ($p <0.05$). Also, the lowest body fat was observed in treatment 4 (ZER_{500}) ($p <0.05$). The lowest moisture was observed in treatment 7 ($AF_{50}ZER_{1000}$) ($p <0.05$). It can be concluded that both Aflatoxin B_1 and Zearalenone alone, reduce growth indices and changes in body composition, but the simultaneous presence of two toxins has the greatest effect on these indices.

Keywords: Growth indices, Body composition, Goldfish, Aflatoxin B_1, Zearalenone

Corresponding author: Kourosh Sarvi Moghanlou Email: k.sarvimoghanlou@urmia.ac.ir

۱. مقدمه

روند رو به رشد جایگزینی نهاده اولیه غذایی دریایی در خوراک آبزیان و حل مشکلات مربوط به تامین جیره‌های غذایی اقتصادی، موجب بروز معضل دیگری تحت عنوان افزایش احتمال آلودگی جیره‌های غذایی آبزیان با سموم (مایکوتوکسین‌ها) و متابولیت‌های قارچی ناشی از مواد اولیه گیاهی موجود در جیره‌های غذایی آبزیان شده است، که با اهداف توسعه پایدار این صنعت مغایرت دارد (Marroquín-Cardona *et al*., 2014). سموم قارچی گروه مجزایی از متابولیت‌های ثانویه قارچ‌ها می‌باشند (Anater *et al*., 2016). که در گونه‌های خاصی از قارچ‌ها و طی متابولیسم اجزای ماده غذایی ترشح شده و باعث بروز عوارضی در جانوران می‌گردند (Yiannikouris and Jouany, 2002; Bennett and Klich, 2003). این سموم اغلب در اجزای خوراک دام‌ها قابل شناسایی هستند و عامل اصلی گسترش بروز آن‌ها نحوه نامناسب انبار کردن نهاده‌های غذایی و غذا می‌باشد (Anater *et al*., 2016). افزایش نسبت ترکیبات گیاهی در جیره غذایی ماهیان نیز سبب افزایش احتمال آلودگی جیره‌های غذایی به سموم و متابولیت‌های قارچ‌ها و مایکوتوکسین‌ها شده است (Sahoo and Mukherjee, 2001; Abu-Elala *et al*., 2016; Gonçalves *et al*., 2017). وقوع چنین رخدادی در گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (Woźny *et al*., 2013; Mahfouz and Sherif, 2015; Woźny *et al*., 2015; Gonçalves *et al*., 2018). در میان انواع مایکوتوکسین‌ها، آفلاتوکسین ب۱ سمی‌ترین و قوی‌ترین سم سرطان‌زای طبیعی تلقی می‌شود (Binder *et al*., 2007; Ayyat *et al*., 2013) که توسط گونه‌های مختلف آسپرژیلوس[1] (آسپرژیلوس فلاووس[2]، آسپرژیلوس پارازیتیکوس[3]، آسپرژیلوس نومینوس[4]) و برخی گونه‌های جنس پنسیلیوم[5] تولید می‌شوند (Bennett and Klich, 2003). حساسیت حیوانات مختلف به سم آفلاتوکسین به‌طور قابل توجهی متفاوت بوده و به گونه، سن، جنس، غلظت سم و مدت زمان تغذیه حیوان بستگی دارد. تغذیه مداوم با جیره‌های آلوده به سطح پایین آفلاتوکسین‌ها ممکن است صدمات فیزیولوژیک قابل مشاهده‌ای ایجاد نکند، اما این مقادیر کم می‌تواند موجبات پایین آمدن عمل‌کرد حیوان و در نتیجه منجر به ضرر اقتصادی قابل توجه شوند (Anater *et al*., 2016). آفلاتوکسین ب۱ منجر به کاهش رشد، اختلالات رفتاری، مهار سیستم ایمنی، مرگ هپاتوسیت‌های کبدی، انباشتگی این سموم در کبد و دیگر بافت‌های خوراکی و البته تاثیر منفی بر تولیدمثل ماهی می‌شود (Groopman *et al*., 1996; Sahoo and Mukherjee, 2001; Bintvihok *et al*. 2002; Farabi *et al*., 2006; Binder *et al*., 2007; Deng *et al*., 2010). تغییر در سطح فعالیت آنزیم‌های دستگاه گوارش ماهیان توسط آفلاتوکسین ب۱ نشان داده است که سنتز و ترشح آنزیم‌ها و در ادامه، هضم مواد غذایی و مکانیزم رشد دچار اختلال شده است (Sunde *et al*., 2001; Grenier and Applegate, 2013). زیرالنون (ZEA) نیز نوعی سم قارچی است که اغلب توسط گونه‌هایی از قارچ فوزاریوم، مانند فوزاریوم گرامینارووم[6] و فوزاریوم کالموروم[7] تولید می‌شود. در واقع سموم مهمی که این گونه‌های قارچی تولید می‌کنند شامل deoxynivalenol (DON)، (T-2) toxin T-2 و Zearalenone (ZEA) می باشند (Marroquín-Cardona *et al*., 2014). اثرات زیستی زیرالنون در گونه‌های مختلف ماهی شامل ماهی آزاد اقیانوس اطلس[8]، قزل‌آلای رنگین‌کمان[9] و کپورمعمولی[10] مشاهده شده است (Metzler *et al*., 2010; Valtchev *et al*., 2015). همچنین اثر بر عملکرد تغذیه‌ای و اختلالات رشد از دیگر عوارض جدی این سم می باشد

[1] *Aspergillus*
[2] *Aspergillus flavus*
[3] *Aspergillus parasiticus*
[4] *Aspergillus nominus*
[5] *Penicilum*
[6] *graminearum Fusarium*
[7] *Fusarium culmorum*
[8] *Salmo salar*
[9] *Oncorhynchus mykiss*
[10] *Cyprinus carpio*

(Woźny *et al*., 2010).

ماهی کاراس طلایی یا قرمز از خانواده کپورماهیان است. این گونه شباهت زیادی از لحاظ زیستی و تغذیه‌ای به ماهی کپورمعمولی دارد (وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۳). این ماهیان در مناطق معتدل و گرمسیری در سن ۱ تا ۲ سالگی به بلوغ می‌رسند. این گونه به‌عنوان الگوی مطالعات پژوهشی در زمینه رشد، تولیدمثل و کنترل هورمونی شناخته می‌شود (Bjerselius *et al*, 1995).

به دلیل وجود مایکوتوکسین‌ها در خوراک و اقلام غذایی و همچنین محیط‌های آبی، حساسیت بیشتری نسبت به تاثیر این سموم بر ماهیان معطوف شده است و درک بهتر این اثرات جهت بهینه‌سازی فرایند اقتصادی مزارع تکثیر آبزیان یک ضرورت محسوب می‌شود. لذا پژوهش حاضر سعی دارد اثر آلودگی همزمان جیره‌های غذایی با سموم طبیعی یاد شده بر تغییرات شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه را در ماهی کاراس طلایی بررسی کند. چنین درکی در ارائه راهکارهای آتی جهت کنترل آثار سوء ناشی از سموم یاد شده نقش کلیدی دارد.

۲. مواد و روش کار

۱.۲. تهیه ماهی و شرایط انجام آزمایش

تعداد ۶۷۵ قطعه بچه‌ماهی قرمز با میانگین وزنی ۶/۲۵±۰/۱۲ گرم از مزارع تکثیر ماهی قرمز واقع در استان گیلان، رشت، روستای سقالسکار تهیه و به سالن پرورش دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه منتقل و با محلول نمک ۳ درصد ضد عفونی شدند (Amend and Pietsch, 1972). ماهی‌ها پس از گذراندن دو هفته دوره سازگاری با محیط جدید، با تراکم ۲۵ قطعه به‌صورت تصادفی در مخازن ۱۰۰ لیتری در قالب ۹ تیمار و ۳ تکرار با میانگین دمای آب ۰/۵± ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد، ذخیره شدند. در طول دوره پرورش به‌صورت روزانه ۷۰ درصد از آب مخازن تعویض می‌شد. اکسیژن محلول ۰/۵±۷/۸ و pH ۷/۶-۷/۹ بود. جیره تجاری ماهی کپور معمولی شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران (Manaaqua)، سایز پیش آغازین (پروتئین ۲±۳۵، چربی خام ۲±۱۰، فیبر خام <۳، خاکستر <۱۲، رطوبت <۱۰ و فسفر ۱/۱) تهیه و در ادامه آفلاتوکسین ب۱ (۰، ۵۰ و ۱۰۰ppb) (Imani *et al*., 2017) و زیرالنون (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ppb) (Pietsch, 2017) با خالص‌سازی ۹۸ درصد (TLC و HPLC، سیگما آلمان) با توجه به تیمارهای غذایی، دوزهای مورد نظر با الکل خالص به حجم رسانده شده و بر روی غذاها اسپری گردید. پس از خشک شدن غذاها در دمای اتاق، به منظور محافظت غذاها و جلوگیری از رها شدن سموم و ورود آنها به محیط آب، توسط لایه‌ای از ژلاتین گاوی (محلول ۱۰درصد) پوشانده شدند (Diaz-Sanchez *et al*., 2015) (جدول ۱).

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی

	تیمارها	آفلاتوکسین ب۱ (ppb)	زیرالنون (ppb)
۱	کنترل	۰	۰
۲	$AF_{۵۰}$	۵۰	۰
۳	$AF_{۱۰۰}$	۱۰۰	۰
۴	$ZER_{۵۰۰}$	۰	۵۰۰
۵	$ZER_{۱۰۰۰}$	۰	۱۰۰۰
۶	$AF_{۵۰}.ZER_{۵۰۰}$	۵۰	۵۰۰
۷	$AF_{۵۰}.ZER_{۱۰۰۰}$	۵۰	۱۰۰۰
۸	$AF_{۱۰۰}.ZER_{۵۰۰}$	۱۰۰	۵۰۰
۹	$AF_{۱۰۰}.ZER_{۱۰۰۰}$	۱۰۰	۱۰۰۰

در ادامه پس از خشک شدن، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و به مدت ۶۰ روز جهت تغذیه ماهیان استفاده گردید. غذادهی روزانه ماهیان به صورت ۳ درصد وزن بدن و در سه نوبت (۸، ۱۴ و ۲۰) انجام و مقدار مصرف غذای روزانه و غذای مصرف نشده برحسب گرم یادداشت شد. هر دو هفته یکبار ماهیان زیست سنجی شده و مقدار غذا متناسب با بیومس موجود در مخازن توزیع شد.

۲.۲. محاسبه شاخص‌های رشد

جهت بررسی تغییرات شاخص‌های رشد، در پایان دوره پرورش ماهیان زیست‌سنجی شدند. بدین منظور ابتدا به مدت ۲۴ ساعت غذادهی قطع گردید. در ادامه تمامی ماهیان هر تیمار توسط ساچوک جمع‌آوری شده و در محلول پودر گل میخک با غلظت ۲۵۵ ppm (Akhlaghi and Mirab Brojerdi, 1997) بیهوش شدند. و ماهیان توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ بر حسب گرم توزین شدند. در انتها شاخص‌های رشد بر اساس روابط زیر محاسبه شد (Gonçalves *et al*., 2018).

افزایش وزن بدن (WG, g) = میانگین وزن نهایی - میانگین وزن اولیه

درصد افزایش وزن بدن (WG, %) =
{میانگین وزن اولیه/ (میانگین وزن اولیه- میانگین وزن نهایی)}×۱۰۰

$$\text{ضریب رشد ویژه (SGR, \% d}^{-1}\text{)} = \frac{\text{لگاریتم میانگین وزن نهایی} - \text{لگاریتم میانگین وزن اولیه}}{\text{تعداد روزهای دوره پرورش}} \times 100$$

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = مقدار غذای خورده شده / افزایش وزن بدن

۳.۲. سنجش ترکیب لاشه

آنالیزهای تقریبی لاشه با استفاده از روش استاندارد AOACحداقل با ۳ تکرار انجام گرفت. برای این منظور ۳ قطعه ماهی از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و تا زمان انجام آنالیزهای مربوطه در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. میزان رطوبت به وسیله خشک کردن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد. میزان پروتئین خام با ضریب محتوی نیتروژن نمونه در۶/۲۵ و به روش کجدال اندازه‌گیری شد. میزان چربی خام به شیوه سوکسله و با استفاده از حلال هگزان تعیین گردید. خاکستر به وسیله سوزاندن نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد توسط کوره در مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000).

۴.۲. آنالیز آماری

مطالعه حاضر به صورت یک آزمایش دو عاملی و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها و همچنین همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنف و لون بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک آنالیز واریانس دوطرفه (One-way ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین توکی (Tukey' HSD test) در محیط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت. سطح معنی‌داری تمام آزمون‌ها کمتر از ۵ درصد در نظر گرفته شد و نتایج نهایی به‌صورت Mean±SE گزارش گردید.

۳. نتایج

۱.۳. شاخص‌های رشد

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های مربوط به شاخص وزن نهایی بدن (W_F) مطابق جدول ۳ نشان داد که تیمار ۷ و ۹ با گروه شاهد (تیمار۱) و تیمار ۷ با تیمارهای ۲ و ۴ اختلاف معنی‌دار دارند ($p \leq ۰/۰۵$). پایین‌ترین وزن بدن در تیمار ۷ ($AF_{۵۰}ZER_{۱۰۰۰}$)، و بالاترین وزن بدن در تیمار ۱ که فاقد سموم بود، مشاهده شد. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های مربوط به شاخص افزایش وزن بدن (WG) مطابق جدول ۳ نشان داد که تیمار ۷، ۸ و ۹ با گروه شاهد (تیمار۱) اختلاف معنی‌دار دارند ($p \leq ۰/۰۵$). کمترین افزایش وزن بدن در تیمار ۷ ($AF_{۵}.ZER_{۱...}$) و بالاترین وزن بدن در تیمار ۱ که فاقد سموم بود، مشاهده شد. همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین ها در شاخص

درصد افزایش وزن بدن (WG%) بر اساس جدول ۳، نشان داد که تیمارهای ۳، ۵، ۷، ۸ و ۹ با تیمار ۱ اختلاف معنی‌دار دارند ($p \leq ۰/۰۵$). کمترین درصد افزایش وزن بدن در تیمار ۷ ($AF_{۵}.ZER_{۱...}$) و بالاترین آن در تیمار ۱ (فاقد سموم) مشاهده شد. در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد دیده نشد ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۳- تغییرات شاخص‌های وزن بدن (W_1 و W_F)، افزایش وزن بدن (WG) و درصد افزایش وزن بدن (WG%) برای تیمارهای مختلف پرورشی، (Mean ± SE, n=3)

تیمار	W_1(وزن اولیه)	W_F	WG	WG%
۱	۶/۱۴±۰/۰۷^{a}	۱۴/۰۲۳±۰/۷۲۵^{a}	۷/۸۸۳±۰/۶۵۵^{a}	۱۲۸/۲۸±۹/۲۰^{a}
۲	۶/۱۱±۰/۰۱^{a}	۱۳/۲۹۸±۰/۳۵۱^{ab}	۷/۱۸۸±۰/۳۴۱^{ab}	۱۱۷/۶۳±۵/۳۸^{ab}
۳	۶/۳۶±۰/۱۴^{a}	۱۱/۹۸۷±۰/۵۵^{abc}	۵/۶۲۷±۰/۴۱۰^{abcd}	۸۸/۳۸±۴/۵۰^{bcd}
۴	۶/۲۲±۰/۰۱^{a}	۱۳/۰۸۷±۰/۹۹۸^{ab}	۶/۸۷۰±۱/۰۱۰^{abc}	۱۱۰/۴±۱۶/۴^{ab}
۵	۶/۳۵±۰/۰۵^{a}	۱۱/۸۵۶±۰/۳۱۷^{abc}	۵/۵۰۶±۰/۲۶۷^{abcd}	۸۶/۶۸±۳/۵۳^{bcd}
۶	۶/۱۷±۰/۰۸^{a}	۱۱/۸۹۹±۰/۲۲۸^{abc}	۵/۷۲۹±۰/۱۴۸^{abcd}	۹۲/۸۳±۱/۱۹^{abc}
۷	۶/۲۹±۰/۰۹^{a}	۹/۶۱۴±۰/۱۵۸^{c}	۳/۳۱۹±۰/۲۵۳^{d}	۵۲/۷۹±۴/۸۱^{d}
۸	۶/۳۶±۰/۳۴^{a}	۱۱/۵۰۶±۰/۶^{abc}	۵/۱۴۶±۰/۲۶۰^{bcd}	۸۰/۹۲۱±۰/۲۳۲^{bcd}
۹	۶/۲۵±۰/۰۵^{a}	۱۰/۶۵۲±۰/۶۰۳^{bc}	۴/۴۰۲±۰/۰۱۰^{cd}	۷۰/۴۳۵±۰/۳۹۸^{cd}

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها در شاخص ضریب رشد ویژه (SGR) بر اساس جدول ۴، اختلاف معنی‌دار تیمارهای ۳، ۵، ۷، ۸ و ۹ با تیمار ۱ را نشان داد ($p \leq ۰/۰۵$). پایین‌ترین میزان ضریب رشد ویژه در تیمار ۷ ($AF_{۵}.ZER_{۱...}$) و بالاترین آن در تیمار ۱ (فاقد سموم) مشاهده شد. در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ اختلاف معنی داری با گروه شاهد دیده نشد ($p > ۰/۰۵$). اگرچه نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های مربوط به شاخص ضریب تبدیل غذایی (FCR) مطابق جدول ۴ نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p > ۰/۰۵$)، اما کمترین ضریب تبدیل غذایی برای گروه شاهد و بیشترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۶ (AF۵۰ZER۵۰۰) مشاهده شد.

جدول ۴- تغییرات ضریب رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) برای تیمارهای مختلف پرورشی، (Mean ± SE, n=3)

تیمار	SGR	FCR
۱	۱/۳۷۴±۰/۰۶۷^{a}	۲/۷۱۶±۰/۱۱۷^{a}
۲	۱/۲۹۶±۰/۰۴۱^{ab}	۳/۰۴۴±۰/۲۹۸^{a}
۳	۱/۰۵۵±۰/۰۳۹^{bc}	۳/۳۰۱±۰/۹۹۴^{a}
۴	۱/۲۳۵±۰/۱۳۰^{ab}	۳/۱۰۱±۰/۲۱۳^{a}
۵	۱/۰۴۰±۰/۰۳۱^{bc}	۳/۰۴۲±۰/۰۵۴^{a}
۶	۱/۰۹۴±۰/۰۱۰^{abc}	۳/۲۳۲±۰/۲۲۶^{a}
۷	۰/۷۰۶±۰/۰۵۲^{d}	۳/۳۱۱±۰/۱۷۵^{a}
۸	۰/۹۸۸±۰/۰۰۲^{bcd}	۳/۲۳۴±۰/۲۷۴^{a}
۹	۰/۸۸۸±۰/۰۰۴^{cd}	۳/۳۰۹±۰/۲۷۸^{a}

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های مربوط به شاخص ترکیب لاشه (جدول ۵) نشان داد که پروتئین در تیمارهای ۴، ۶ و ۷ با تیمار ۱ اختلاف معنی‌داری دارند ($p \leq ۰/۰۵$). کمترین پروتئین لاشه در تیمار ۶ ($AF_{۵}.ZER_{۵..}$) و بیشترین در تیمار ۱ مشاهده شد. کمترین چربی لاشه در تیمار ۴ ($AF_{۱..}$) و بیشترین آن در تیمار ۱ (فاقد سم) و تیمار ۳ ($ZER_{۱...}$) دیده شد ($p \leq ۰/۰۵$). همچنین بیشترین رطوبت لاشه در تیمار ۷ ($AF_{۵}.ZER_{۱...}$) مشاهده شد ($p \leq ۰/۰۵$). برای خاکستر و مواد آلی لاشه اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۵- تغییرات ترکیبات لاشه برای تیمارهای مختلف پرورشی، (Mean ± SE, n=3)

تیمار	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	مواد آلی
۱	۱۹/۷۳۵±۰/۰۵۵^{a}	۱/۸۵۵±۰/۰۲۵^{a}	۷۶/۶۹±۰/۰۳^{bcd}	۱/۴۴±۰/۰۲^{a}	۹۸/۵۶±۰/۰۲^{a}
۲	۱۹/۴۶۵±۰/۱۰۵^{ab}	۱/۸۱۵±۰/۰۱^{ab}	۷۶/۹۵±۰/۰۷^{abc}	۱/۴۲±۰/۱^{a}	۹۸/۵۸±۰/۱^{a}
۳	۱۹/۴۰۰±۰/۱۶^{ab}	۱/۸۷±۰/۰۴^{a}	۷۶/۵۴±۰/۰۸^{cd}	۱/۴۳±۰/۰۵^{a}	۹۸/۵۷±۰/۰۵^{a}
۴	۱۹/۰۸۰±۰/۱۴^{b}	۱/۶۸±۰/۰۲^{b}	۷۷۱/۱±۰/۱۲^{ab}	۱/۳۸۵±۰/۰۲۵^{a}	۹۸/۶۱۵±۰/۰۲۵^{a}
۵	۱۹/۲۶۵±۰/۰۸۵^{ab}	۱/۸۴±۰/۰۲۵^{ab}	۷۶/۴۸۵±۰/۰۶۵^{d}	۱/۳۴۵±۰/۰۲۵^{a}	۹۸/۶۵۵±۰/۰۲۵^{a}
۶	۱۸/۹۹۰±۰/۱۴^{b}	۱/۷۳۵±۰/۰۰۵^{ab}	۷۷/۰۷۵±۰/۰۴۵^{ab}	۱/۵۲۵±۰/۰۱۵^{a}	۹۸/۴۷۵±۰/۰۱۵^{a}
۷	۱۹/۱۳۰±۰/۰۵^{b}	۱/۷۸۵±۰/۰۵^{ab}	۷۷/۲۳±۰/۰۹^{a}	۱/۵۰۵±۰/۰۵۵^{a}	۹۸/۴۹۵±۰/۰۵۵^{a}
۸	۱۹/۱۹۵±۰/۰۳۵^{ab}	۱/۸±۰/۰۵^{ab}	۷۶/۸۸±۰/۰۶^{abcd}	۱/۴۶۵±۰/۰۵۵^{a}	۹۸/۵۳۵±۰/۰۵۵^{a}
۹	۱۹/۲۹۰±۰/۰۶^{ab}	۱/۷۸۵±۰/۰۳۵^{ab}	۷۶/۷۷۵±۰/۰۸۵^{bcd}	۱/۴۷۵±۰/۰۹۵^{a}	۹۸/۵۲۵±۰/۰۹۵^{a}

۴. بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی‌های مایکوتوکسینی از جمله آفلاتوکسین‌ب۱ و زیرالنون همواره برای منابع غذایی مورد استفاده در صنعت آبزی‌پروری مشکل‌ساز بوده‌اند (Khani *et al*., 2016) و سبب بروز اثرات فیزیولوژیکی متعددی مانند تغییرات در سطح فعالیت آنزیم‌های گوارشی، اختلال در مکانیسم هضم و اختلال در عملکرد کبد و روده شده‌اند (Sunde *et al*., 2001; Grenier and Applegate, 2013). هر کدام از این مشکلات در نهایت تاثیر مستقیم بر رشد آبزیان خواهند داشت. در تحقیق حاضر، شاخص وزن بدن در تیمارهای ۷ ($AF_{۵}.$ و $ZER_{۱...}$) و ۹ ($AF_{۱..}ZER_{۱...}$) کاهش یافته است. نتایج بررسی تاثیر آفلاتوکسین ب۱ بر رشد بچه‌ماهیان کاراس[1] توسط Han و همکاران (۲۰۱۰)، نشان داد که کاهش رشد در انتهای دوره در تیمارهای تغذیه شده با جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین ب۱ اتفاق افتاده است. Cagauan و همکاران (۲۰۰۴)، طی مطالعه‌ای گزارش کردند که افزودن آفلاتوکسین ب۱ به جیره غذایی ماهیان تیلاپیای نیل[2] با کاهش رشد آن‌ها همراه بوده است. همچنین Santacroce و همکاران (۲۰۰۸)، نتایجی از تاثیر سم زیرالنون بر شاخص رشد بچه‌ماهیان کپورمعمولی ارائه داده‌اند. در این بررسی کاهش رشد بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی زیرالنون مشاهده شده است. نتایج مطالعات ذکر شده با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارند. کاهش اشتها، تاثیر بر سطح فعالیت آنزیم‌های گوارشی و افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها توسط سموم مایکوتوکسینی از علت‌های کاهش رشد ماهیان در مواجهه با این سموم می‌باشد (Santacroce *et al*, 2008). اما برخی مطالعات نشان از عدم تاثیر این سموم بر رشد و تغذیه ماهیان دارند. در

[1] *Carassius gibelio*
[2] *Oreochromis niloticus*

بررسی تاثیر جیره آلوده به آفلاتوکسین ب۱ در غلظت‌های ۰، ۲۰۰ و ۲۰۰۰ppb روی ماهی قرمز اثری بر کارایی تغذیه‌ای و رشد دیده نشد (Huang *et al*., 2014). همچنین مطالعه Pietsch و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تغذیه بچه‌ماهیان کپورمعمولی با جیره حاوی زیرالنون (۳۳۲، ۶۲۱ و ۷۹۷ ppb) تاثیری در شاخص های رشد ندارد. این دو مطالعه مغایر با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. وجود تفاوت در مطالعات مختلف را می‌توان در مدت زمان تغذیه با سموم، نوع گونه و اندازه ماهی جستجو کرد. کاهش قابلیت جذب مواد غذایی به مدت زمان مواجهه در برابر سموم بستگی دارد، از طرفی اندازه و مقاومت گونه نیز از دیگر عوامل مهم برای تاثیر مایکوتوکسین‌ها می‌باشد (Applegate *et al*., 2009).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاخص افزایش وزن بدن (WG) در تیمار ۷، ۸ و ۹ کاهش داشته است. در همه این تیمارها هر دو سم حضور همزمان داشته‌اند. همچنین شاخص درصد افزایش وزن بدن (WG%) در تیمارهای ۳، ۵، ۷، ۸ و ۹ کاهش یافته است. تمامی این تیمارها بالاترین غلظت آفلاتوکسین ب۱ یا زیرالنون و یا هر دو سموم را داشته‌اند. نتایج مطالعه Farabi و همکاران (۲۰۰۶) هم نشان داد که این شاخص‌ها در تاس‌ماهی هیبرید تغذیه شده با جیره آلوده به آفلاتوکسین ب۱ کاهش داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین بررسی این شاخص‌ها در ماهی کپور معمولی که با جیره حاوی زیرالنون تغذیه شده بودند، نشان داد که این سم تاثیری بر شاخص‌های افزایش وزن بدن نداشته است (Huang *et al*., 2014). نهاده‌های غذایی آلوده به سموم مایکوتوکسین با اثر بر مکانیسم هضم و جذب و اختلال در عملکرد بافت‌های کبد و روده، باعث کاهش رشد و تغییرات در افزایش وزن بدن ماهیان می‌شوند. به نظر می‌رسد تغییر در سطح ترشح آنزیم‌های گوارشی از علت های این تغییرات باشد (Sunde *et al*., 2001; Grenier and Applegate, 2013; Vosughi and Mostagir, 2001).

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، شاخص ضریب رشد ویژه (SGR) در تیمارهای ۳، ۵، ۷، ۸ و ۹ کاهش یافته است. تمامی این تیمارها، بالاترین غلظت آفلاتوکسین ب۱ یا زیرالنون و یا هر دو سموم را داشته‌اند. بررسی اثر آفلاتوکسین ب۱ بر شاخص ضریب رشد ویژه ماهیان تیلاپیای نیل توسط Cagauan و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که در پایان دوره پرورش این شاخص کاهش یافته است. نتایج این بررسی با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد. Farabi و همکاران (۲۰۰۶)، با بررسی اثر آفلاتوکسین ب۱ در فیل‌ماهی[1] مشاهده کردند که این سم تاثیری در شاخص ضریب رشد ویژه نداشته است که نتایج آن‌ها مغایر با نتایج این مطالعه می باشد. کاهش ضریب رشد ویژه در این تحقیق می‌تواند ناشی از اختلال در متابولیسم طبیعی ماهیان در مواجهه با سموم مایکوتوکسین در طول دوره پرورش باشد (Santacroce *et al*., 2008).

در پژوهش حاضر شاخص ضریب تبدیل غذایی اگرچه تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی تغذیه ماهیان با جیره آلوده به آفلاتوکسین ب۱ و زیرالنون منجر به افزایش این شاخص شده است. بررسی‌های این شاخص در ماهی کاراس طلایی تغذیه شده با جیره حاوی آفلاتوکسین ب۱ و بچه‌ماهی کپورمعمولی تغذیه شده با زیرالنون با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد (Huang *et al*., 2014; Pietsch *et al*, 2015). اما افزایش ضریب تبدیل غذایی فیل‌ماهی و تاس‌ماهی هیبرید (Farabi *et al*., 2006) و تیلاپیای نیل (Mahfouz and Sherif, 2015) در مواجهه با جیره غذایی آلوده به آفلاتوکسین ب۱ گزارش شده است. تاثیر مایکوتوکسین‌ها با مدت زمان دوره پرورش ارتباط دارد. در قزل‌آلای رنگین‌کمان اثرات این سم بر ضریب تبدیل غذایی در ماه سوم پرورش به اوج رسیده است. همچنین تاثیر این سموم بر شاخص‌های رشد و تغذیه در ماهی کاراس نشان داد که تا هفته دهم پرورش تغییراتی مشاهده نشد، در صورتیکه با افزایش دوره پرورشی افزایش ضریب تبدیل غذایی دیده شد (Han *et al*., 2009;

[1] *Huso huso*

.(Deng *et al*., 2010; Hung *et al*., 2011

بر اساس نتایج ترکیب لاشه در این آزمایش کمترین پروتئین در تیمارهای $ZER_{۵۰}$.، $AF_{۵}.ZER_{۵۰}$.. و $AF_{۵}.ZER_{۱۰۰}$... مشاهده شد. همچنین کمترین چربی در تیمار $ZER_{۵۰}$.. دیده شد. کمترین رطوبت هم فقط در تیمار ترکیبی $AF_{۵}$. با $ZER_{۱۰۰}$... به‌دست آمد. کاهش پروتئین و چربی لاشه در تیلاپیای نیل تغذیه شده با آفلاتوکسین ب۱ توسط Abdelhamid و همکاران (۲۰۰۷) با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد. همچنین Cagauan و همکاران (۲۰۰۴) نیز کاهش پروتئین و چربی لاشه تیلاپیای نیل را در بچه‌ماهیانی که از جیره آلوده به آفلاتوکسین ب۱ تغذیه کرده بودند را گزارش کرده‌اند. از نظر بیوشیمیایی، مایکوتوکسین‌ها می‌توانند بر متابولیسم انرژی، کربوهیدرات، چربی، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین تاثیر بگذارند. جذب سموم مایکوتوکسین در بافت ماهیان باعث تاثیر در سنتز پروتئین و متابولیسم چربی ترکیب بدن می‌شوند (Ellis *et al*, 1991). از طرفی کاهش در پروتئین و چربی لاشه ماهی ممکن است به دلیل کاهش جذب پروتئین و چربی جیره با اختلال در آنزیم‌های پروتئاز و لیپاز روده باشد (Johri *et al*, 1989). محققین بر این باور هستند که با افزایش پروتئین جیره می‌توان آفلاتوکسیکوز را مهار کرد (Waldroup, 1997). این بررسی بر پروتئین بدن جوجه‌های گوشتی نتایج موثری داشته است (Abdelhamid *et al*, 1994).

به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان چنین بیان نمود که هم آفلاتوکسین ب۱ و هم زیرالنون هر کدام به تنهایی باعث کاهش در شاخص‌های رشد و تغییرات ترکیب لاشه می‌شوند، اما حضور هم‌زمان دو سم بیشترین تاثیر را مخصوصا در شاخص‌های رشد داشته است.

۵. منابع

References

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. Horwitz W. 18th edition 2000, Washington, DC. 10-18.

Abdelhamid, A.M., Dorra, T.M., Mansy, S.E., Sallam, A.E., 1994. Effect of raising dietary protein, amino acids and/or energylevels as an attempt to alleviate severity of the chronicaflatoxicosis by broiler chicks. *Archives of animal nutrition* 46, 339-345

Abdelhamid, A.M., Salem, M.F.I., Mehrim, A.I., El-Sharawy, M.A.M., 2007. Nutritious attempts to detoxify aflatoxic diets of tilapia fish: 1-Fish performance, feed and nutrients utilization, organs indices, residues and blood parameters. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 10, 205-223.

Abu-Elala, N., Galal, M., Abd-Elsalamm, R., Mohey-Elsaeed, O., Ragaa, N., 2016. Effects of dietary supplementation of *Spirulina platensis* and garlic on the growth performance and expression levels of immune-related genes in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Research and Development* 7, 433-442.

Akhlaghi, M., Mirab Brojerdi, M., 1997. Investigating the effect of anesthetizing clove in fish and determining its LC50. *Journal of Veterinary Research* 54(2), 49-52.

Amend, D.F., Pietsch, J.P., 1972. Virucidal activity of two iodophors to salmonid viruses. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 29(1), 61-65.

Anater, A., Manyes, L., Meca, G., Ferrer, E., Luciano, F.B., Pimpão, C.T., Font, G., 2016. Mycotoxins and their consequences in aquaculture: A review. *Aquaculture* 451, 1-10.

Applegate, T.J., Schatzmayr, G., Pricket, K., Troche, C., Jiang, Z., 2009. Effect of aflatoxin culture on intestinal function and nutrient loss in laying hens. *Poultry Science* 88(6), 1235-1241.

Ayyat, M.S., Abd Rhman, G.A., El-Marakby, H. I., Mahmoud, H. K., Hessan, A. A. A., 2013. Reduction the aflatoxin toxicity in Nile tilapia fish. *Nutrition and Feeds* 16(2), 469-479.

Bennett, J.W., Klich, M., 2003. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews* 16(3), 497-516.

Binder, E.M., Tan, L.M., Chin, L.J., Handl, J., Richard, J., 2007. Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feeds and feed ingredients. *Animal Feed Science and Technology* 137(3), 265-282.

Bintvihok, A., Thiengnin, S., Doi, K., Kumagai, S., 2002. Residues of aflatoxins in the liver, muscle and eggs of domestic fowls. *Journal of Veterinary Medical Science* 64(11), 1037-1039.

Bjerselius, R., Olsen, K.H., Zheng, W., 1995. Endocrine, gonadal and behavioral responses of male crucian carp *Carassius carassius* to the hormonal pheromone 17,20-dihydroxy-4-pregnen-3-one. *Chemical Senses* 20, 221-230.

Cagauan, A.G., Ayaban, R.H., Somga, J., Bartolome, R.M., 2004. Effect of Aflatoxin-contaminated feeds in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)', Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, (ISTA 6) Section: *Health Management and Diseases Manila, Philippines* 12, 172–178.

Deng, S.X., Tian, L.X., Liu, F.J., Jin, S.J., Liang, G.Y., Yang, H.J., Du, Z.Y., Liu, Y.J., 2010. Toxic effects and residue of aflatoxin B1 in tilapia (Oreochromis niloticus × O. aureus). *Aquaculture* 307, 233–240.

Diaz-Sanchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., Hanning, I., 2015. Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry science* 94(6), 1419-1430.

Ellis, W.O., Smith, J.P., Simpson, B.K., Oldham, J.H., Scott, P.M., 1991. Aflatoxin in food: Occurrence, biosynthesis, effects on organisms, detection and methods of control. Crit. Rev. *Food Science & Nutrition* 30, 403-439.

Farabi, S. M. V., Yousefian, M., Hajimoradloo, A., 2006. Aflatoxicosis in juvenile *Huso huso* fed a contaminated diet. *Journal of Applied Ichthyology* 22(1), 234-237.

Gonçalves, R.A., Navarro-Guillén, C., Gilannejad, N., Dias, J., Schatzmayr, D., Bichl, G., Mackenzie, S., 2018. Impact of deoxynivalenol on rainbow trout: growth performance, digestibility, key gene expression regulation and metabolism. *Aquaculture* 490, 362-372.

Gonçalves, R.A., Schatzmayr, D., Hofstetter, U., Santos, G.A., 2017. Occurrence of mycotoxins in aquaculture: preliminary overview of Asian and European plant ingredients and finished feeds. *World Mycotoxin Journal* 10(2), 183-194.

Grenier, B., Applegate, T.J., 2013. Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins* 5 (2), 396–430.

Groopman, J. D., Wang, J.S., Scholl, P., 1996. Molecular biomarkers for aflatoxins: from adducts to gene mutations to human liver cancer. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 74(2), 203-209.

Han, D., Xie, S., Zhu, X., Yang, Y., Guo, Z., 2009. Growth and hepatopancreas in gibel carp fed diets containing low levels of aflatoxin B1. *Aquaculture Nutrition* 16 (4), 335–342.

Han, D., Xie, S., Zhu, X., Yang, Y., Guo, Z., 2010. Growth and hepatopancreas performances of gibel carp fed diets containing low levels of aflatoxin B1. *Aquaculture Nutrition* 16(4), 335-342.

Huang, Y., Han, D., Xiao, X., Zhu, X., Yang, Y., Jin, J., Xie, S., 2014. Effect of dietary aflatoxin B1 on growth, fecundity and tissue accumulation in gibel carp during the stage of gonad development. *Aquaculture* 428, 236-242.

Huang, Y., Han, D., Zhu, X.M., Yang, Y.X., Jin, J.Y., Chen, Y.F., Xie, S.Q., 2011. Response and recovery of gibel carp from subchronic oral administration of aflatoxin B1. *Aquaculture* 319, 89–97.

Imani, A., Salimi Bani, M., Noori, F., Farzaneh, M., Moghanlou, K.S. 2017. The effect of bentonite and yeast cell wall along with cinnamon oil on aflatoxicosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestive enzymes, growth indices, nutritional performance and proximate body composition. *Aquaculture* 476,160-167.

Johri, T.S., Agarwal, R., Sadfagopan, V.R., 1986. Surveillanceof aflatoxin B1 content of poultry feedstuffs in andaround Bareilly district of Uttar Pradesh. *Indian Journal of Poultry Science* 21, 227-230.

Khani, S., Sarvi Moghanlou, K., Imani, A., Agh, N., Razi, M., 2016. Capability of dietary supplementation of composite toxin binder in reducing aflatoxin B_1 toxicity and its immunomodulation in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 114, 173-182.

Mahfouz, M.E., Sherif, A.H., 2015. A multiparameter investigation into adverse effects of aflatoxin on *Oreochromis niloticus* health status. *The Journal of Basic and Applied Zoology* 71, 48-59.

Marroquín-Cardona, A.G., Johnson, N.M., Phillips, T.D., Hayes, A. W., 2014. Mycotoxins in a changing global environment - A review. *Food and Chemical Toxicology* 69, 220-230.

Metzler, M., Pfeiffer, E., Hildebrand, A.A., 2010. Zearalenone and its metabolites as endocrine disrupting chemicals. *World Mycotoxin Journal* 3(4), 385–401.

Pietsch, C., Kersten, S., Valenta, H., Dänicke, S., Schulz, C., Burkhardt-Holm, P., Junge, R., 2015. Effects of dietary exposure to zearalenone (ZEN) on carp (*Cyprinus carpio* L.). *Toxins* 7(9), 3465-3480.

Sahoo, P.K., Mukherjee, S.C., 2001. Effect of dietary β-1, 3 glucan on immune responses and disease resistance of healthy and aflatoxin B1-induced immunocompromised rohu (*Labeo rohita* Hamilton). *Fish and Shellfish Immunology* 11(8), 683-695.

Santacroce, M.P., Conversano, M.C., Casalino, E., Lai, O., Zizzadoro, C., Centoducati, G., Crescenzo, G., 2008. Aflatoxins in aquatic species: metabolism, toxicity and perspectives. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18(1), 99-130.

Sunde, J., Taranger, G.L., Rungraungsak-Torrissen, K., 2001. Digestive protease activities and free amino acids in white muscle as indicators for feed conversion efficiency and growth rate in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *Fish Physiology and Biochemistry* 25, 335–345.

Valtchev, I., Koynarski, T., Sotirov, L., Nikolov, Y., Petkov, P., 2015. Effect of Aflatoxin B_1 on Moulard Duck's Natural Immunity. *Pakistan Veterinary Journal* 35(1), 67-70.

Vosughi,G.H., Mostagir,B., 2001. Freshwater fishes, University of Tehran Publisher, Iran. Pp239.

Waldroup, P.W., 1997. Managing molds and mycotoxins in poultryfeeds. ASA Technical Bulletin Vol. PO33-1997, AmericanSoybean Association, Singapore, 17 p.

Wo´zny, M., Brzuzan, P., Wolinska, L., Góra, M., Luczynski, K.M., 2010. Preliminary evaluation of ER and AhR-mediated gene expression patterns in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver after short-term exposure to zearalenone in binary mixtures. *Environmental Biotechnology* 6(1), 16–23.

Woźny, M., Dobosz, S., Obremski, K., Hliwa, P., Gomułka, P., Łakomiak, A., Brzuzan, P., 2015. Feed-borne exposure to zearalenone leads to advanced ovarian development and limited histopathological changes in the liver of premarket size rainbow trout. *Aquaculture* 448, 71-81.

Woźny, M., Obremski, K., Jakimiuk, E., Gusiatin, M., Brzuzan, P., 2013. Zearalenone contamination in rainbow trout farms in north-eastern Poland. *Aquaculture* 416, 209-211.

Yiannikouris, A., Jouany, J. P., 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: *a review. Animal Research* 51(2), 81-99.