# اثرات سطوح مختلف عصاره یوکا (*Yucca schidigera*) بر عملکرد رشد، ایمنی غیر اختصاصی و کیفیت آب محیط پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در سیستم بازگردشی آب

**سید حامد معصومی، حسین آدینه *، محمد هرسیج، حجت ا... جعفریان، حسنا قلی‌پور کنعانی**

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

*نویسنده مسئول: adineh.h@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۹

**چکیده**

مطالعه حاضر با هدف تعیین تاثیر رژیم غذایی حاوی عصاره یوکا بر رشد و تغذیه، ایمنی غیر اختصاصی و کیفیت آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. ماهیان با میانگین وزنی ۱/۶۵±۱۸/۸۹ گرم و میانگین طولی ۰/۷۷±۱۲/۴۰ سانتی‌متر در ۴ تیمار آزمایشی و هر یک با ۳ تکرار به‌مدت ۶۰ روز (دوره اول آزمایش: ۵۰ روز بدون استرس آمونیاک) و (دوره دوم آزمایش: ۱۰ روز تحت استرس آمونیاک به میزان ۰/۰۲۴ میلی‌گرم در لیتر) مورد آزمایش قرار گرفتند. سطوح مختلف عصاره گیاهی به میزان ۰٪ (شاهد)، ۰/۵ (Y1)، ۱ (Y2) و ۱/۵ (Y3) درصد بر روی غذای تجاری اسپری شد. نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده در تیمار Y3 از نظر وزن نهایی، افزایش وزن، درصد رشد روزانه و سرعت رشد ویژه در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0/05$). کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) در رژیم غذایی حاوی ۱٪ عصاره گیاهی (Y2) مشاهده شد. در پایان دوره آزمایش، ۲۴ ساعت تعویض آب انجام نشد. در این مدت، نمونه‌برداری از آب محیط پرورش هر ۴ ساعت یکبار صورت گرفت. آمونیاک آب از ساعت ۱۶ تا ۲۴ افزایش یافت. نتایج نشان داد که غلظت‌های مختلف عصاره یوکا بر عملکرد رشد و آمونیاک آب اثر می‌گذارد. بر اساس نتایج سنجش فاکتورهای ایمنی غیر اختصاصی می‌توان اظهار داشت که عصاره یوکا باعث تحریک ایمنی شده اما در برخی موارد تاثیر معنی‌دار آماری نداشته است که نیاز به مطالعات جامع‌تری دارد.

**واژگان کلیدی:** عصاره یوکا، پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، سیستم بازگردشی آب، پارامترهای رشد و ایمنی.

**مقدمه**

صنعت آبزی‌پروری طی دهه‌های اخیر به‌منظور تامین نیاز پروتئینی جهان، به‌خصوص در کشورهای توسعه یافته، از رشد نسبتاً بالایی برخوردار بوده است (Mahanand *et al.*, 2013). آبزی‌پروری در کنار رشد قابل‌توجه، همواره با مشکلاتی روبرو بوده که از جمله می‌توان به تغییرات کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد، به‌گونه‌ای که شیوع بیماری‌ها به‌عنوان مشکل عمده آبزی‌پروری می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که بعضی از آنتی‌بیوتیک‌ها باعث تضعیف سیستم ایمنی آبزیان می‌شوند و آن‌ها را در مقابل بیماری‌ها حساس‌تر می‌سازند (Harikrishnan *et al.*, 2011). این موارد باعث شده تا قوانین در راستای استفاده کمتر از آنتی‌بیوتیک‌ها وضع شود. سیاست داروسازی نوین نیز در طی دو دهه اخیر به شکل قابل‌توجهی به‌سوی گیاهان دارویی و درمان با داروهای گیاهی و طبیعی پیش رفته است. آمار جهانی نشان می‌دهد که مصرف سالیانه گیاهان دارویی به‌دلیل افزایش مقاومت عوامل بیماری‌زا به داروهای مصنوعی در کشورهای اروپایی و نیز کشورهای درحال‌توسعه در سال‌های اخیر پیشرفت چشمگیری داشته است (قاسمی پیر بلوطی، ۱۳۸۸).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های تجاری آزادماهیان در جهان است. نیاز مبرم به آب در آبزی‌پروری و کاهش منابع آبی، بسیاری از متخصصان را بر آن داشته تا در پی یافتن راهکارهایی جهت به حداقل رسانیدن مصرف آب در فرایند پرورش آبزیان باشند. استفاده از فناوری‌های جدید مثل پرورش متراکم آبزیان در سیستم‌های مداربسته نقش به‌سزایی در بالا بردن راندمان تولید آن‌ها داشته است. استفاده از سیستم مداربسته (RAS= Recirculating Aquaculture System) برای پرورش متراکم ماهی قزل‌آلا دارای فوائد می‌باشد که می‌توان به کاهش مصرف آب و افزایش تراکم تولید

اشاره کرد. تراکم ذخیره‌سازی تاثیر زیادی بر سوخت‌وساز بدن، رشد و استرس دارد (Braun *et al.*, 2010). با افزایش تراکم در سیستم پرورش، میزان غذادهی افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش آمونیاک آب می‌گردد. حد مجاز آمونیاک کل ($NH_3$ و $NH_4^+$) بر اساس $LC_{50}$ به‌مدت ۹۶ ساعت بین ۰/۱۶ تا ۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر برای ماهی قزل-آلای رنگین کمان در آب‌های معمولی گزارش شده است. ترکیبات نیتروژنی موجود در آب به دو شکل مولکولی یا آمونیاک ($NH_3$) و فرم یونیزه یا آمونیوم قابل‌مشاهده است و همواره امکان تبدیل این دو شکل به یکدیگر تحت شرایط محیطی وجود دارد به‌طوری-که با افزایش دما و پی‌اچ میزان شکل‌گیری آمونیاک از آمونیوم افزایش می‌یابد (Robert *et al.*, 1997). آمونیاک مولکولی برخلاف آمونیوم به‌دلیل قابلیت نفوذپذیری بسیار بالا از طریق اپیتلیوم آبشش ماهیان و اثرات سمی بر سیستم عصبی و دستگاه گردش خون به‌شدت مسمومیت‌زاست و در مقادیر حاد از کشندگی بالایی برخوردار است (Shingles *et al.*, 2001).

در سال‌های اخیر محققین برای کنترل و کاهش آمونیاک آب و تقویت سیستم گوارش آبزیان استفاده از برخی گیاهان محرک رشد و تقلیل‌دهنده آمونیاک مانند گیاه یوکا را در جیره غذایی پیشنهاد داده‌اند. گیاه یوکا (*Yucca schidigera*) گیاهی علفی از خانواده آگاواسه، بومی بیابان‌های جنوب غربی ایالات متحده و شمالی مکزیک می‌باشد (Cheeke, 1999). که دارای دو جزء ساپونین استروئیدی و گلیکو می‌باشد (Cheeke, 2000; Kaya *et al.*, 2003). ساپونین‌های استروئیدی ۱۰ درصد ماده خشک ساقه گیاه یوکا را شامل می‌شود، که آن را یکی از غنی‌ترین منابع ساپونینی می‌سازد. ساپونین‌ها به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی و پلی‌فنول‌ها دارای اثرات زیادی از جمله کاهش غلظت آمونیاک و تحریک سیستم ایمنی و جذب مواد غذایی می‌باشد (Cheeke *et al.*, 2006). عمده مطالعات انجام شده در مورد عملکرد بیولوژیکی یوکا در رژیم غذایی بر دام و طیور متمرکز شده است (Gaber, 2006). در این ارتباط، بررسی اثر سطوح مختلف عصاره یوکا و آنتی بیوتیک بر برخی از عملکردهای سیستم ایمنی در جوجه گوشتی مورد بررسی قرار گرفت (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳). در آبزیان مطالعات محدودی صورت گرفته است که می‌توان به اثرات افزودن عصاره الکلی یوکا را بر رشد و متابولیسم ماهی کپور معمولی (Francis, 2001)، تاثیر سطوح مختلف عصاره یوکا بر عملکرد رشد، راندمان تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کیفیت آب محیط پرورش (آدینه و همکاران، ۱۳۹۷)، بررسی اثرات عصاره گیاه یوکا بر رشد، میزان دفع و سمیت آمونیاک در گربه ماهی کانالی (Kelly and Kohler, 2003)، بررسی گیاه یوکا بر کیفیت آب و کارایی رشد بچه ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (El-Saidy and Gaber, 2004)، بکارگیری سطوح مختلف عصاره یوکا بر عملکرد رشد، بهره‌وری تغذیه، ترکیبات بدن، ترشح آمونیاک و پارامترهای خونی گربه ماهی (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Güroy *et al.*, 2014) اشاره کرد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر سطوح مختلف عصاره گیاه یوکا بر روند رشد و تغذیه، ایمنی غیر اختصاصی و کیفیت آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بود.

## مواد و روش‌ها

**تهیه ماهی و طراحی سیستم بازگردشی آب:** تعداد ۱۶۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۱/۶۵±۱۸/۸۹ گرم از مرکز پرورش ماهیان سردآبی آقای یوسفی شهرستان ساری خریداری شد. ماهیان با تانکر مخصوص حمل بچه ماهی مجهز به مخزن اکسیژن به آزمایشگاه مهندسی آبزیان دانشگاه گنبدکاووس منتقل و به‌مدت یک هفته در دو مخزن بتونی ۴۰۰ لیتری قرنطینه شد. پس از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی، ماهیان با محلول ۲ درصد نمک ضدعفونی شدند. ماهیان در قالب طرح کاملاً تصادفی بین چهار تیمار آزمایشی هر یک با ۳ تکرار ذخیره‌سازی شدند. برای این آزمایش ۱۲ مخزن ۵۰ لیتری آماده و در هر مخزن ۱۰ قطعه ماهی قرار داده شد. برای استفاده بهینه از آب، سیستم بازگردشی آب استفاده شد، بدین طریق که خروجی آب پرورش هر تیمار (۳ مخزن- تکرار) وارد مخزن مرکزی ۱۰ لیتری شده در آن‌جا توسط پمپ

جدول ۱- آنالیز تقریبی خوراک اکسترود ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

| ترکیبات بیوشیمیایی | پیش‌پرواری | | پرواری |
|---|---|---|---|
| | $FFT_1$ | $FFT_2$ | $GFT_1$ |
| پروتئین خام | ۴۴- ۴۰ | | ۴۲- ۳۸ |
| چربی خام | ۱۶- ۱۲ | | ۱۷- ۱۳ |
| فیبر خام | ۴- ۲ | | ۴- ۲ |
| خاکستر | ۱۱- ۷ | | ۱۱- ۷ |
| رطوبت | ۱۱- ۵ | | ۱۱- ۵ |
| فسفر | ۱/۵- ۱ | | ۱/۵- ۱ |
| وزن ماهی (گرم) | ۲۵-۱۵ | ۵۰-۲۵ | ۱۰۰-۵۰ |

دارای فیلتر از جنس ابر متخلخل عمل جذب مواد معلق، باقی‌مانده غذا و مدفوع انجام شد. در طول دوره آزمایش ۲۲ درصد تعویض آب انجام شد. آب فیلتر شده همراه با آب تازه توسط یک پمپ به ۳ مخزن پرورشی هر تیمار پمپاژ شد. به‌طور کلی ۴ سیستم مجزا برای ۴ تیمار آزمایشی طراحی و اجراء گردید.

**تهیه عصاره هیدروالکلی و آماده‌سازی جیره غذایی:** گیاه یوکا از گل‌فروشی تهیه و جهت گرفتن عصاره از آن به آزمایشگاه مهندسی آبزیان انتقال داده شد. برای عصاره‌گیری، برگ‌های گیاه را از سایر قسمت‌ها جدا و پس از شستشو در آون با دمای ۳۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار داده شد. برگ خشک گیاه توسط آسیاب کاملاً خرد گردید و به نسبت ۱ : ۱۰ با اتانول ۹۸ درصد درون ارلن ریخته و درب آن بسته شد. برای ترکیب و استخراج مواد موثره، به‌مدت ۷۲ ساعت بر روی دستگاه شیکر قرار داده شد. محتویات ارلن از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور تا عصاره از پودر برگ جدا شود. عصاره یوکا با کمک دستگاه روتاری مدل HS2005S ساخت کشور کره در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ شد. عصاره به‌دست آمده در ظرف شیشه‌ای تیره رنگ درون یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای افزودن به جیره غذایی تجاری نگهداری گردید (Lee *et al.*, 2012). غذای تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از شرکت فرادانه با ترکیب تقریبی (بر حسب درصد) تهیه شد که در جدول ۱ آورده شده است.

سطوح مختلف عصاره یوکا به‌ترتیب ۰ (شاهد)، ۰/۵ (Y1)، ۱ (Y2) و ۱/۵ (Y3) درصد به جیره پایه تهیه شده از شرکت فرادانه توسط ژلاتین ۴ درصد اتصال یافت. برای یکسان شدن شرایط آماده‌سازی غذا به تیمار شاهد تنها ژلاتین اضافه شد. پس از خشک شدن غذا، جیره‌های غذایی به‌طور مجزا در کیسه‌های زیپ‌دار پلاستیکی بسته‌بندی شماره‌گذاری شده و در دمای یخچال نگهداری شد. هر ۳ روز یکبار آماده‌سازی جیره برای تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد انجام شد. مقدار غذای مصرفی بر اساس دمای آب و وزن ماهی محاسبه و به‌میزان سیری در اختیار ماهیان پرورشی قرار داده شد. غذادهی در ۴ نوبت تا حد سیری (ساعات ۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۰) به‌مدت ۶۰ روز انجام شد.

**استرس مزمن آمونیاک ($NH_4CL$):** در طی ۶۰ روز دوره آزمایش ماهیان با سطوح مختلف عصاره هیدروالکلی یوکا تغذیه شدند و برای بررسی تغییرات ایمنی غیر اختصاصی ۱۰ روز پایان آزمایش تحت تاثیر دوز مزمن آمونیاک قرار گرفتند. برای تعیین غلظت مزمن ابتدا پیش تست انجام شد و میزان حساسیت ماهیان به آمونیاک محاسبه گردید و ۱۰٪ غلظت میانه کشنده آمونیاک غیریونیزه برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در حدود ۰/۰۲۴ میلی‌گرم در لیتر تعیین شد. پس از مواجهه ماهی با غلظت مزمن آمونیاک به‌دلیل وجود استرس پوست آن‌ها تغییر و از رنگ روشن به خاکستری مات تبدیل شد.

**آنالیز کیفیت آب محیط پرورش:** هر سه روز یک‌بار برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول، پی‌اچ، هدایت الکتریکی با دستگاه Hack (Model 2000) اندازه‌گیری شد. در پایان دوره آزمایش، ماهیان به‌مدت ۲۴ ساعت در شرایط بدون تعویض آب قرار گرفتند. در هر ۴ ساعت نمونه‌برداری از آب محیط پرورش (زمان‌های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) انجام شد. آنالیز فاکتورهای آمونیاک و نیترات از طریق روش کار استاندارد آزمایشگاهی ارائه شده توسط انجمن

بهداشت عمومی آمریکا صورت گرفت (APHA, 2005).

**اندازه‌گیری پارامترهای رشد و تغذیه:** به‌منظور انجام زیست‌سنجی در خاتمه دوره پرورش ۶۰ روزه، غذادهی به ماهیان به‌مدت ۲۴ ساعت قطع گردید. وزن کل توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و طول کل به‌وسیله خط‌کش مدرج با دقت ۱ میلی‌متر محاسبه گردید. شاخص‌های رشد شامل: افزایش وزن، درصد رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی، ضریب تبدیل غذایی و کارایی تبدیل غذا بر اساس فرمول‌های زیر برای هر تیمار محاسبه شد که به شرح ذیل بود:

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

میانگین رشد روزانه (ADG, ٪) = (وزن نهایی- وزن اولیه)/ مدت زمان پرورش × ۱۰۰

ضریب رشد ویژه (SGR, $\%day^{-1}$) = ln وزن نهایی (گرم)- ln وزن اولیه (گرم)/ مدت زمان پرورش (روز) × ۱۰۰

ضریب چاقی (CF) = وزن نهایی (گرم)/ توان سوم طول کل ماهی (سانتی متر) × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = [مقدار غذای مصرف شده (گرم)/ (وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم))]

کارایی تبدیل غذا (FCE, %) = وزن به‌دست آمده/ مقدار غذای مصرف شده (گرم) × ۱۰۰

نسبت کارایی پروتئین (PER) = وزن به‌دست آمده (گرم)/ مقدار مصرف پروتئین (گرم)

نسبت کارایی چربی (LER) = وزن به‌دست آمده (گرم)/ مقدار مصرف چربی (گرم)

**ایمنی‌سنجی ماهیان:** پایان دوره آزمایش همزمان با زیست‌سنجی، از ورید ساقه دمی ۴ ماهی از هر تکرار توسط سرنگ خونگیری شد. برای جداسازی پلاسما، نمونه خون هر تکرار در سانتریفیوژ یخچال‌دار با دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ rpm قرار داده و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰- درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تعیین میزان فعالیت لیزوزیم سرم از روش ارائه شده توسط ELLIS (۱۹۹۰) استفاده شد. بدین منظور از لیزوزیم سفیده تخم‌مرغ (1 mg/ Lysozyme.mL$^{-1}$) به‌منظور ترسیم منحنی به‌عنوان استاندارد استفاده شد. مقدار ۲۵ میکرولیتر از پلاسما و سپس مقدار ۱۷۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی میکروکوکو سلیزودیکتیکوس (*Micrococcus lysodeikticus*) اضافه شد. با استفاده ازدستگاه الایزاریدر جذب نوری اولیه در طول‌موج ۵۳۰ nm اندازه‌گیری و پس از یک ساعت نگهداری در دمای ۲۲ درجه‌سانتی‌گراد اتاق، مجدداً جذب نوری اندازه‌گیری شد. مقدار ایمونوگلوبولین با روش ارائه شده توسط Siwicki و Anderson (۱۹۹۳) سنجیده شد. بر این اساس ۰/۱ میلی‌لیتر از سرم با ۰/۱ میلی‌لیتر پلی‌اتیلن گلیکول ۱۲ درصد مخلوط و به‌مدت ۲ ساعت انکوباته شده تا مولکول‌های ایونوگلوبولین ته‌نشین شود. سپس در دمای ۴ درجه‌سانتی‌گراد و با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد. کورتیزول بر اساس پروتوکل ارائه شده توسط Molinero و Gonzalez (۱۹۹۵) با استفاده از کیت آزمایشگاهی پارس آزمون و با دستگاه اسپکتو-فتومتری اندازه‌گیری شد. پروتئین تام سرم خون به روش بیورت (Lawrence, 1986) با استفاده از کیت آزمایشگاهی زیست شیمی در طول موج ۵۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتری سنجیده شد. برای سنجش آنزیم‌های کبدی در سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از کیت تشخیص کمی شرکت پارس آزمون با روش فتومتریک بر اساس روش پیشنهادی DGKC (استاندارد انجمن بیوشیمی آلمان) برای آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP)، روش پیشنهادی IFCC (فدراسیون بین المللی شیمی بالینی و طب آزمایشگاهی) برای آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) انجام شد (Moss *et al.*, 1999).

**تجزیه و تحلیل آماری:** قبل از تجزیه و تحلیل آماری، نرمال بودن داده‌ها با تست Shapiro Wilk بررسی شد. آنالیز داده‌های حاصل از این تحقیق با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین تیمارها به وسیله آزمون توکی (Tukey) صورت گرفت. کلیه آنالیزهای آماری در سطح معنی‌دار $P<0/05$ صورت گرفت و میانگین داده ها به همراه خطای معیار (mean±SD) ارائه شده است. کلیه آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.

جدول ۲- عملکرد رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره یوکا.

| | شاهد | Y1 | Y2 | Y3 |
|---|---|---|---|---|
| وزن اولیه (گرم) | ۱۸/۸۷±۱/۵۹$^{a}$ | ۱۸/۹۰±۱/۷۱$^{a}$ | ۱۸/۷۲±۱/۸۲$^{a}$ | ۱۹/۰۹±۱/۵۱$^{a}$ |
| وزن نهایی (گرم) | ۹۵/۰۸±۱۰/۷۷$^{b}$ | ۱۱۴/۹۹±۱۶/۶۶$^{ab}$ | ۱۰۵/۴۰±۱۵/۳۹$^{ab}$ | ۱۲۱/۳۳±۱۶/۱۰$^{a}$ |
| وزن به‌دست آمده (گرم) | ۷۶/۲۱±۱۰/۷۷$^{b}$ | ۹۶/۰۷±۱۶/۶۲$^{ab}$ | ۸۶/۶۸±۱۶/۳۰$^{ab}$ | ۱۰۲/۲۴±۱۵/۵۵$^{a}$ |
| درصد رشد روزانه | ۶/۷۸±۱/۲۵$^{a}$ | ۸/۵۲±۱/۷۲$^{a}$ | ۷/۸۴±۱/۹۳$^{a}$ | ۸/۹۴±۱/۴۲$^{a}$ |
| نرخ رشد ویژه | ۲/۶۹±۰/۲۲$^{a}$ | ۲/۹۹±۰/۲۶$^{a}$ | ۲/۸۷±۰/۳۴$^{a}$ | ۳/۰۷±۰/۲۱$^{a}$ |
| ضریب چاقی | ۱/۲۳±۰/۱۱$^{a}$ | ۱/۲۵±۰/۱۱$^{a}$ | ۱/۲۸±۰/۱۰$^{a}$ | ۱/۲۶±۰/۰۵$^{a}$ |
| ضریب تبدیل غذایی | ۱/۲۵±۰/۱۶$^{a}$ | ۱/۰۰±۰/۱۶$^{ab}$ | ۱/۱۲±۰/۲۰$^{ab}$ | ۰/۹۸±۰/۱۶$^{b}$ |
| کارایی تبدیل غذا | ۸۰/۷۵±۱۱/۴۱$^{b}$ | ۱۰۱/۸۰±۱۷/۶۱$^{a}$ | ۹۱/۸۴±۱۶/۲۷$^{ab}$ | ۱۰۳/۹۱±۱۶/۴۷$^{a}$ |
| نسبت کارایی پروتئین | ۲/۲۶±۰/۲۵$^{b}$ | ۲/۷۳±۰/۳۹$^{ab}$ | ۲/۵۰±۰/۳۶$^{ab}$ | ۲/۸۸±۰/۳۸$^{a}$ |
| نسبت کارایی چربی | ۶/۳۳±۰/۷۱$^{b}$ | ۷/۶۶±۱/۱۱$^{ab}$ | ۷/۰۲±۱/۰۲$^{ab}$ | ۸/۰۸±۱/۰۷$^{a}$ |

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P<۰/۰۵$).

جدول ۳- خصوصیات کمی و کیفی آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته تحت استرس آمونیاک.

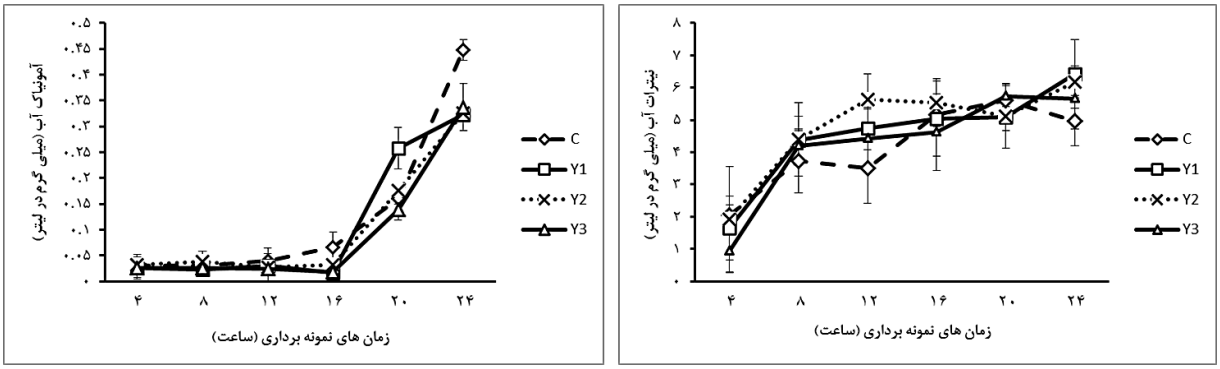
| | شاهد | Y1 | Y2 | Y3 |
|---|---|---|---|---|
| درجه حرارت (سانتی‌گراد) | ۱۷/۲۰±۱/۳۷ | ۱۷/۵۰±۰/۸۵ | ۱۶/۹۳±۰/۹۰ | ۱۶/۵۶±۱/۳۰ |
| پی‌اچ | ۸/۱۵±۰/۱۴ | ۸/۱۲±۰/۲۷ | ۸/۱۰±۰/۲۱ | ۸/۱۰±۰/۲۰ |
| هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) | ۸۷۴/۲۰±۲۰/۴۹ | ۸۷۹/۰۰±۱۶/۵۹ | ۸۷۷/۶۰±۱۳/۱۲ | ۸۷۵/۸۰±۱۹/۵۷ |
| کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم در لیتر) | ۴۲۸/۸۰±۱۰/۴۲ | ۴۳۱/۰۰±۷/۸۱ | ۴۳۰/۴۰±۶/۳۸ | ۴۲۹/۴۰±۹/۸۳ |
| اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) | ۸/۶۹±۰/۶۰ | ۷/۷۳±۱/۳۶ | ۷/۶۲±۱/۴۴ | ۸/۷۱±۰/۹۱ |

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P<۰/۰۵$).

## نتایج

آنالیز عملکرد رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره یوکا در جدول ۲ ارائه شده است. شروع آزمایش ماهیان با میانگین وزنی ۱/۶۵±۱۸/۸۹ گرم و میانگین طول کل ۰/۲۳±۱۲/۴۰ سانتی‌متر بودند. در پایان ۶۰ روز پرورش در سیستم بازگردشی آب، وزن نهایی بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) به‌طوری‌که بیشترین وزن در تیمار Y3 (۱۶/۱۰±۱۲۱/۳۳ گرم) و کمترین وزن در تیمار شاهد (۱۰/۷۷±۹۵/۰۸ گرم) به‌دست آمد. درصد رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی بین تیمار شاهد و تیمارهای مصرف کننده عصاره یوکا تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار مصرف کننده ۱/۵ درصد عصاره یوکا (Y3) برابر ۰/۹۸±۰/۱۶ و بیشترین مقدار این معیار در تیمار بدون مصرف عصاره یوکا (شاهد) برابر ۱/۲۵±۰/۱۶ بود. زمانی‌که ضریب تبدیل غذایی کاهش می‌یابد، به‌طور معکوس کارایی تبدیل غذا رو به افزایش است که در این آزمایش بیشترین مقدار این فاکتور در تیمار Y3 (۱۶/۴۷±۱۰۳/۹۱) به ثبت رسید. نسبت کارایی پروتئین و چربی بین تیمارهای مختلف آزمایشی تفاوت آماری معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) به‌طوری‌که بیشترین مقادیر آنها در تیمار Y3 و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

میانگین برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب مانند درجه حرارت (۱/۱۰±۱۷/۰۴ سانتی‌گراد)، پی‌اچ (۰/۲۰±۸/۱۱)، هدایت الکتریکی (۱۷/۴۴±۸۷۶/۶۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کل مواد جامد محلول (۸/۶۱±۴۲۹/۹) و اکسیژن محلول (۱/۰۷±۸/۱۸ میلی‌گرم در لیتر) در جدول ۳ آورده شده است. این فاکتورها بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت و در دامنه مناسب برای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان قرار داشت.




شکل ۱ - میانگین میزان آمونیاک و نیترات محیط پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف عصاره یوکا در سیستم بازگردشی آب.

جدول ۴- پارامترهای ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره یوکا تحت استرس آمونیاک.

| | شاهد | Y1 | Y2 | Y3 |
|---|---|---|---|---|
| ایمنوگلوبولین کل(میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) | ۱۷/۲۶±۰/۲۵$^{b}$ | ۲۲/۷۹±۰/۹۷$^{a}$ | ۲۱/۶۷±۱/۱۲$^{a}$ | ۲۱/۹۰±۰/۳۵$^{a}$ |
| فعالیت لیزوزیم (واحد/ میلی‌لیتر/ دقیقه) | ۳۶/۶۴±۳/۱۳$^{a}$ | ۴۶/۱۴±۴/۵۶$^{a}$ | ۳۹/۸۰±۵/۵۲$^{a}$ | ۴۴/۰۱±۳/۲۸$^{a}$ |
| کورتیزول (نانوگرم/ میلی‌لیتر) | ۵۱/۵۰±۳/۱۹$^{a}$ | ۴۲/۵۰±۳/۲۷$^{ab}$ | ۳۵/۸۴±۲/۶۶$^{b}$ | ۴۱/۵۸±۷/۳۸$^{ab}$ |
| پروتئین کل (گرم/ دسی‌لیتر) | ۳/۲۶±۰/۰۷$^{b}$ | ۴/۰۶±۰/۱۳$^{a}$ | ۴/۳۴±۰/۵۲$^{a}$ | ۴/۱۵±۰/۰۷$^{a}$ |
| آلکالین فسفاتاز (واحد بین‌المللی/ لیتر) | ۳۲۲/۷۷±۱۲/۶۳$^{b}$ | ۵۴۷/۴۶±۴۹/۰۶$^{a}$ | ۵۳۸/۹۲±۳۰/۲۳$^{a}$ | ۴۹۴/۶۵±۱۳/۸۷$^{ab}$ |
| آلانین آمینوترانسفراز (واحد بین‌المللی/ لیتر) | ۱۰/۰۴±۱/۷۰$^{a}$ | ۷/۵۷±۰/۳۹$^{ab}$ | ۵/۹۸±۱/۰۰$^{b}$ | ۵/۴۵±۰/۶۲$^{b}$ |
| آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد بین‌المللی/ لیتر) | ۵۹۱/۱۶±۳۴/۸۱$^{a}$ | ۳۷۶/۹۸±۳۱/۷۵$^{b}$ | ۳۹۶/۶۳±۲۴/۷۷$^{b}$ | ۳۶۴/۲۴±۳۵/۱۳$^{b}$ |

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P$<۰/۰۵).

در خاتمه دوره آزمایش ۲۴ ساعت آب محیط پرورش ماهی قزل‌آلا در سیستم بازچرخشی بدون تعویض باقیماند. آنالیز کیفیت آب در زمان‌های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ صورت گرفت (شکل ۱). از زمان شروع آزمایش تا ساعت ۱۶ نمونه‌برداری، میزان آمونیاک آب در همه تیمارهای آزمایشی در محدوده ۰/۰۱۵ تا ۰/۰۶۶ میلی‌گرم در لیتر بود اما بعد از آن با گذشت زمان میزان آمونیاک افزایش یافت. مقدار آمونیاک آب محیط پرورش در تیمار شاهد (۰٪) نسبت به تیمارهای مصرف کننده عصاره یوکا (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) بیشتر بود که برابر ۰/۴۴۸ میلی‌گرم در لیتر به ثبت رسید. مقدار نیترات از زمان ۴ نمونه-برداری تا زمان ۸ افزایش چشمگیری داشت. از زمان ۲۰ تا ۲۴ تقریباً روند افزایش چشمگیری نداشت. در بین تیمارهای آزمایشی، تیمارهای Y1 و Y2 نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند. بیشترین و کمترین مقدار نیترات بین تیمارها در محدوده‌ی ۰/۹۳ (زمان ۴ تیمار Y3) تا ۶/۴۳ (زمان ۲۴ تیمار Y1) میلی‌گرم در لیتر بود.

فاکتورهای ایمنی غیراختصاصی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره یوکا در سیستم بازگردشی آب در جدول ۴ آورده شده است. ایمنوگلوبولین کل بین تیمار شاهد و تیمارهای مصرف کننده عصاره یوکا اختلاف معنی-داری داشت ($P$<۰/۰۵) اما بین سطوح مختلف استفاده از عصاره هیچ تفاوتی مشاهده نشد. بیشترین و کمترین مقدار این معیار بترتیب در تیمارهای Y1 (۲۲/۷۹±۰/۹۷ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) و شاهد (۱۷/۲۶±۰/۲۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) به‌دست آمد. فعالیت لیزوزیم بین تیمارهای مختلف آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت ($P$>۰/۰۵) اما از نظر عددی بیشترین آن در تیمار Y1 (۴۶/۱۴±۴/۵۶ واحد/ میلی‌لیتر/ دقیقه) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۳۶/۶۴±۳/۱۳ واحد/ میلی‌لیتر/ دقیقه) به ثبت رسید. آنالیز آماری نشان داد که مقدار کورتیزول بین تیمار شاهد با تیمار Y2 تفاوت معنی‌داری داشت

($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار بدون یوکا در جیره برابر ۳/۱۹±۵۱/۵۰ نانوگرم/ میلی‌لیتر و کمترین مقدار آن در تیمار ۱ درصد یوکا در جیره برابر ۲/۶۶±۳۵/۸۴ نانوگرم/ میلی‌لیتر به‌دست آمد. پروتئین کل در سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره یوکا و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) بین تیمار شاهد و تیمارهای مصرف کننده عصاره یوکا تفاوت معنی‌دار آماری داشتند ($P<۰/۰۵$). تیمار شاهد بیشترین مقدار ALT برابر ۱/۷۰±۱۰/۰۴ واحد بین‌المللی در لیتر و بیشترین مقدار AST برابر ۳۴/۸۱±۵۹۱/۱۶ واحد بین‌المللی در لیتر بود.

## بحث

ساپونین‌های موجود در گیاه یوکا می‌تواند با کاهش کشش سطحی شیره موجود در دستگاه گوارش مانند معده و روده (مخلوط غذا و آنزیم‌های گوارشی) موجب نفوذ بیشتر آنزیم‌ها در غذا شده و از این طریق هضم‌پذیری و کارایی تبدیل غذا افزایش دهد (Ramachandran *et al.*, 2005). گزارش‌های متعددی از اثربخشی عصاره و پودر گیاه یوکا در جیره دام، طیور و آبزیان از جمله کپورماهیان، گربه‌ماهیان، تیلاپیا و میگو وجود دارد (آدینه و همکاران، ۱۳۹۷؛ Yang *et al.*, 2015; Hernández-Acosta *et al.*, 2016) که دلیل آن نوع رژیم غذایی، روش تغذیه و کیفیت آب محیط پرورش آن‌ها می‌باشد. اگرچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از نظر رژیم غذایی و روش تغذیه مانند گونه‌های فوق الذکر نمی‌باشد، اما پرورش این گونه در سیستم‌های بازچرخشی آب موجب می‌شود تا کیفیت آب محیط پرورش کاهش پیدا کند که در این تحقیق با افزودن سطوح مختلف عصاره یوکا به جیره غذایی اهدافی دنبال شد، اولاً ساپونین موجود در عصاره یوکا می‌تواند باعث بهبود رشد و تغذیه و همچنین ایمنی غیراختصاصی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان شود و ثانیاً این ساپونین می‌تواند باعث بهبود کیفیت آب در سیستم بازچرخشی آب طی ۲۴ ساعت بدون تعویض شود.

مطالعه حاضر نشان داد که وزن به‌دست آمده بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت. بر خلاف نتایج حاضر، چگینی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش دادند که افزودن مکمل ساپونین تام کویلاجا (*Quillaja saponaria*) در جیره غذایی لارو ماهی قزل‌آلا تاثیری بر شاخص‌های رشد و تغذیه ندارد. لارو ماهیان گوشتخوار مانند قزل‌آلای رنگین کمان قابلیت بسیار کم در هضم و جذب مواد کربوهیدرات را دارند بنابراین این ماده نمی‌تواند بر عملکرد رشد و تغذیه تاثیر مثبت معنی‌داری داشته باشد. اما در این مطالعه، استفاده از سطوح مختلف عصاره یوکا (حاوی ساپونین) در جیره ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان در مرحله پیش‌پرواری و پرواری باعث افزایش معنی‌دار در فاکتورهای رشد و بهبود تغذیه گردد. در پرورش ماهیان سردآبی (قزل‌آلای رنگین کمان) برای کاهش هزینه تولید توجه به ضریب تبدیل غذایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مقایسه میانگین ضریب تبدیل غذایی نشان از اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی داشت، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین مقدار این معیار به‌ترتیب در تیمارهای Y3 (۰/۱۶±۰/۹۸) و شاهد (۰/۱۶±۱/۲۵) به‌دست آمد. بهبود عملکرد رشد و تغذیه حیوانات ممکن است در نتیجه فعالیت ساپونین‌های استروئیدی و سایر مواد فعال سطحی باشد که می‌تواند ساختار غشای سلولی سلول‌های اپیتلیال دستگاه گوارش حیوان را تغییر دهد و در نتیجه باعث کاهش تنش‌های سطحی در روده و افزایش جذب مواد مغذی شود (Citarasu, 2010). گزارش شده است که تحریک‌کنندگی رشد ساپونین‌ها همانند آنتی‌بیوتیک می‌باشد، بنابراین این ترکیبات می‌توانند خاصیت ضد میکروبی داشته که از بروز عفونت در روده جلوگیری کند. ساپونین‌ها از طریق خواص شویندگی و اثر متقابل با غشای اپیتلیالی نفوذپذیری را افزایش می‌دهند که می‌توانند موجب

افزایش تحریک سیستم ایمنی گردند (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳). در این تحقیق برخی از فاکتورهای ایمنی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. اگرچه شاخص‌های ایمنوگلوبولین کل و پروتئین سرم خون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بین تیمارهای مصرف کننده عصاره یوکا تفاوت نداشت، اما بین شاهد و تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. هورمون کورتیزول به‌عنوان یک هورمون استروئیدی گلوکوکورتیکوئیدی و مهم‌ترین هورمون مترشحه از بخش قدامی کلیه است که به‌عنوان شاخص اولیه استرس در ماهیان نیز شناخته می‌شود و عمدتاً با قرارگیری موجود زنده در معرض عوامل استرس‌زای حاد یا مزمن، مقدار آن افزایش می‌یابد (Ramsay *et al.*, 2006). در مطالعه حاضر، استفاده از سطوح مختلف عصاره گیاه یوکا نتوانست بر سیستم ایمنی غیراختصاصی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در مواجهه با استرس مزمن آمونیاک تاثیر مثبت معنی‌داری گذارد و تنها مقدار کورتیزول بین تیمار شاهد (۵۱/۵۰±۳/۱۹ نانوگرم بر میلی‌لیتر) و تیمار Y2 (۳۵/۸۴±۲/۶۶ نانوگرم بر میلی‌لیتر) تفاوت معنی‌دار داشت. کورتیزول در تیمار شاهد به بیشترین میزان خود رسید که دلیل آن می‌تواند به‌خاطر عدم تطابق فیزیولوژیکی ماهی در مواجهه با وجود استرس مزمن آمونیاک در محیط پرورشی باشد. نتایج تحقیق حاضر با گزارشات حاصله از تحقیقات Sinha و همکاران (۲۰۱۲) بر ماهی گلدفیش و Metwally و Wafeek (۲۰۱۴) بر ماهی تیلاپیا همخوانی داشت. در ماهی، کورتیزول باعث آزاد شدن سلول‌های کرومافین و کاتکول‌آمین شده که این امر موجب افزایش تجزیه گلیکوژن می‌شود. این فرایندها مقدار گلوکز را افزایش می‌دهد تا انرژی مورد نیاز بدن تأمین شود بنابراین، پس از پاسخ اولیه ماهی به استرس‌های وارد شده، یکسری پاسخ‌های ثانویه ازقبیل افزایش میزان قندخون، افزایش لاکتات، افزایش کلسترول، تغییر در فعالیت آنزیم‌های پلاسمای خون و غلظت یون‌ها، کاهش مقدارگلیکوژن ماهیچه و کبد، افزایش نرخ متابولیسم و تغییرات در پروفایل خون‌شناسی و ظرفیت ایمنی‌شناسی در خون و بافت‌های ماهی ایجاد می‌شود (Staurnes *et al.*, 1994).

در مراحل اولیه استرس افزایش میزان ترانس آمینازها مانند آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) نشان از یک مکانیسم ایمنی است چراکه این آنزیم‌ها شرایط لازم و کافی جهت فرآیند گلوکونئوژنز و تامین انرژی مورد نیاز جانور در شرایط اولیه استرس فراهم می‌کنند که باید به حالت طبیعی برگردد (Lin *et al.*, 1997). با گذشت زمان از بروز استرس در صورتی‌که مقادیر به‌دست آمده از آنزیم‌های کبدی بالا بود نشان از وجود آسیب بافتی در بدن می‌باشد. در این مطالعه ماهیان به‌مدت ۱۰ روز تحت استرس مزمن آمونیاک قرار گرفتند و مقادیر به‌دست آمده از آنزیم‌های AST و ALT نشان داد که عصاره یوکا به‌طور معنی‌داری باعث کاهش این آنزیم‌های در مقایسه با تیمار شاهد شد. شرایط استرس‌زای محیط پرورش مانند تراکم بالای ذخیره‌سازی ماهی، تغییرات دمایی و استرس‌های ناشی از دستکاری‌ها، پایین بودن کیفیت آب به‌دلیل وجود آمونیاک، می‌توانند باعث کاهش شدید فاکتورهای ایمنی ذاتی شوند، اما برای کنترل و جلوگیری از بروز این آسیب‌ها محققین استفاده از افزودنی‌های خوراکی و محرک‌های ایمنی که توانایی بهبود عوامل دخیل در ایمنی ذاتی دارند را توصیه می‌نمایند (Magnadottir, 2010). در موافقت با تحقیق حاضر مشخص شده که بکارگیری عصاره یوکا در جیره میگوی پا سفید باعث بهبود سیتم ایمنی غیر اختصاصی می‌شود. به‌طوری‌که استفاده از ۰/۲ درصد عصاره منجر به افزایش میزان پروتئین و آلکالین فسفاتاز شد (Yang *et al.*, 2015). گزارش محققین حاکی از این است که بکارگیری ساپونین در جیره غذایی باعث کاهش آمونیاک تولیدی حاصل از هیدرولیز اوره در مخاط روده شده که این فرایند می‌تواند از آسیب‌دیدگی سطح سلول‌ها جلوگیری نماید (Wrong, 1981). از طرفی به‌نظر می‌رسد که کاهش

آمونیاک و اوره در دستگاه گوارشی و به طبع کاهش این معیارها در خون می‌تواند منجر به توسعه سلامت حیوان و افزایش رشد گردد (Johnston *et al.*, 1981).

یکی از فاکتورهای محدودکننده افزایش تولید در واحد سطح، افزایش ترکیبات ازته و کاهش اکسیژن آب می‌باشد. ترکیبات فعال در ساپونین می‌تواند با آمونیوم تشکیل پیوند داده و در طول دوره پرورش ماهی از میزان آزادسازی غلظت آن در آب محیط پرورش بکاهد (Makkar *et al.*, 1999). آمونیاک از مهمترین و خطرناک‌ترین ترکیبات نیتروژنی است که با ایجاد اختلالات عصبی، تنفسی و کبدی باعث کاهش اشتها به غذا و در نتیجه کاهش رشد و ایمنی می‌گردد بنابراین کنترل و مدیریت آن در صنعت آبزی‌پروری بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد (Benli *et al.*, 2008). در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر عصاره یوکا افزوده شده در غذای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر کیفیت آب محیط پرورش، به‌مدت ۲۴ ساعت تعویض آب انجام نشد. نتایج حاصل از نمونه‌برداری در زمان‌های مختلف (زمان‌های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴) نشان داد که تا قبل از ساعت ۱۶، آمونیاک مترشحه ماهیان به‌تدریج در آب حل شده اما با افزایش زمان به‌طور طبیعی به‌دلیل تجمع ترکیبات نیتروژنی دفعی ماهیان، میزان آمونیاک ترشحی در آب محیط پرورش از زمان ۱۶ تا ۲۴ رشد صعودی چشمگیری دارد. این میزان ترشح و افزایش آن (۸۰-۶۰ درصد) از کاتابولیسم آمینواسیدها، پورسن‌ها و پریمیدین‌ها حاصل می‌شود (Salin and Williot, 1991). بر اساس نتایج می‌توان بیان داشت که ترکیبات فعال در ساپونین موجود در عصاره یوکا توانستند در مقایسه با تیمار شاهد در کاهش میزان آمونیاک آب اثربخش باشند. اما با گذشت زمان (زمان ۱۶ به بعد) به‌دلیل زیاد شدن میزان ترکیبات نیتروژنی، دیگر ترکیبات ساپونین قادر به تشکیل پیوندهای بیشتر برای حذف آمونیاک نیستند. بنابراین مشاهده می‌گردد که میزان آمونیاک افزایش یافته است. اما با این حال به میزان قابل توجه کمتر از مقدار آمونیاک موجود در تیمار شاهد است. نیترات در تمامی تیمارها همواره دارای نوساناتی بوده است. عمده نیترات تولیدی در آب مخازن پرورش ماهی ناشی از عملکرد باکتری‌های هتروتروف تجزیه‌کننده مواد آلی نیتروژن‌دار و نیز باکتری‌های نیتریفایر (تبدیل آمونیاک به نیترات، طی عمل نیتریفیکاسیون) می‌باشد (Davidson *et al.*, 2014). با افزایش آمونیاک آب، نیترات نیز به تبع آن افزایش یافته است. نیترات گروه شاهد از سطح پایین‌تری نسبت به سایر گروه‌ها برخوردار بود، همچنان‌که میزان آمونیاک آن بالاتر از سایرین است. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که باکتری‌های نیتریفایر توانایی یا فرصت تبدیل آمونیاک به نیترات را پیدا نکرده‌اند. احتمالاً ترشح بیشتر آمونیاک توسط این گروه (به‌دلیل عدم وجود عصاره یوکا در جیره)، این پدیده را تشدید نموده است. اما در مورد سایر گروه‌ها این پدیده برعکس رخ داده است. آمونیاک موجود در این تیمارها کمتر از شاهد بوده و در عین حال، نیترات آن‌ها بالاتر است. به بیان دیگر تبدیل آمونیاک به نیترات با سرعت و سهولت بیشتری انجام شده است. این عمل (نیتریفیکاسیون) یک عمل مطلوب در مخازن به شمار می‌آید چراکه یک ترکیب شدیداً سمی (آمونیاک) به یک ترکیبی با سمیت بسیار کمتر (نیترات) تبدیل شده است. در همین راستا، Tidwell و همکاران (۱۹۹۲) گزارش دادند که افزودن ۷۵۰ میلی‌گرم یوکا بر کیلوگرم جیره غذایی ماهی تیلاپیای نیل باعث کاهش آمونیاک و نیتریت آب و افزایش عملکرد رشد و بهره‌وری تغذیه ماهی تیلاپیا شد. مشابه با گزارش قبلی، کیفیت آب و عملکرد رشد بچه‌ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با گیاه یوکا نشان داد که افزودن ۷۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم یوکا به جیره در سیستم پرورش متراکم می‌تواند باعث کاهش سطح آمونیاک و نیتریت آب و همچنین تحریک رشد برای بهبود کارایی رشد و بهره‌وری تغذیه گردد (El-Saidy and Gaber, 2004). موافق با نتایج تحقیق

حاضر، گزارش‌ها نشان از تاثیر بکارگیری عصاره یوکا بر کیفیت آب محیط پرورش ماهی انگشت‌قد تیلاپیای نیل بوده است به‌طوری‌که استفاده از ۱ گرم در کیلوگرم غذا و به‌ویژه میزان ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر لیتر باعث کاهش میزان آمونیاک و نیتریت و افزایش نیترات آب شد (Khalil *et al.*, 2015). در همین راستا، گزارشات حاکی از این است که بکارگیری مخلوط عصارهای یوکا (*Y. schidigera*) و سنبله آبی (*Quillaja saponaria*) در رژیم غذایی گربه ماهی *Pangasianodon hypophthalmus* باعث کاهش آمونیاک محیط پرورش می‌شود (Güroy *et al.*, 2014). همچنین نتایج به‌دست آمده از افزودن ۲ گرم بر کیلوگرم عصاره یوکا در جیره میگوی وانامی نشان از ارتقاء رشد و کاهش آمونیاک کل در محیط پرورش میگو می‌باشد (Martínez *et al.*, 2008).

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان یکی از گونه‌های اصلی و مهم پرورشی در ایران می‌باشد که در سال‌های اخیر با توجه به کاهش ذخایر آبی بایست به دنبال استفاده از تکنیک‌هایی باشیم که بتوان از طرفی سیستم ایمنی ماهی را به‌طور طبیعی تقویت کرد تا رشد ماهی در زمان کوتاه انجام شود و اطرف دیگر کیفیت آب در زمان پرورش در سیستم‌های بازچرخشی دچار نوسانات شدید کیفی نگردد. بنابراین این تحقیق نشان داد که افزودن ۱/۵ درصد عصاره یوکا در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای پرواری می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد، تغذیه شود. با این‌که رشد ماهی در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای آزمایشی بسیار کمتر بود اما میزان آمونیاک در این تیمار (شاهد) بیشتر شد. برای این‌که تاثیر این گیاه بر ایمنی ماهی به‌طور کامل مشخص گردد نیاز به انجام مطالعات تخصصی و جامع‌تر می‌باشد.

## منابع


آدینه ح.، هرسیج م.، ناظر ع. ۱۳۹۷. تاثیر سطوح مختلف عصاره یوکا (*Yucca schidigera*) بر عملکرد رشد، راندمان تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کیفیت آب محیط پرورش. *مجله علمی شیلات ایران*، ۲۷(۳): ۲۱-۱۱.

چگینی ح.ر.، کرامت امیرکلایی ع.، جعفرپور س.ع.، فیروزبخش ف. ۱۳۹۱. اثر سطوح مکمل ساپونین (*Quillaja saponaria*) بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی لاشه لاروهای قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). *مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱(۱): ۱۴-۱.

رنجبر ز.، شریعتمداری ف.، کریمی ترشیزی م.ا. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف عصاره یوکا و آنتی‌بیوتیک بر بعضی از عملکردهای سیستم ایمنی و فاکتورهای خونی در جوجه‌های گوشتی. *مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۰(۵): ۶۸۲-۶۷۵.

قاسمی پیربلوطی ع. ۱۳۸۸. گیاهان دارویی و معطر (شناخت و بررسی اثرات آنها). شهر کرد، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، ۵۰۰ صفحه.

American Public Health Association (APHA), 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. Washington, USA.

Benli A.C.K., Koksal G., Ozkul A. 2008. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Effects on gill, liver and kidney histology. *Chemosphere* 72, 1355-1358.

Braun N., Lima de Lima R., Baldisserotto B. Dafre A.L., Pires de Oliveira Nuner A. 2010. Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling. *Aquaculture* 301, 22-30.

Cheeke P.R. 2000. Actual and potential applications of *yucca schidigera* and *quillaja saponaria saponins* in human and animal nutrition. *Proceedings American Society of Animal Science* 45, 241-254.

Cheeke P.R. 1999. Actual and potential applications of *yucca schidigera* and *quillaja saponaria saponins* in human and animal nutrition. *American Society of Animal Science, Corvallis* 1-3.

Cheeke P.R., Piacente S., Oleszek W. 2006. Anti-Inflammatory and anti-arthritic effects of *yucca schidigera*: a review. *Journal of Inflammation* 3, 1-7.

Citarasu T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry.

1-15.

Hernández-Acosta M., Gutiérrez-Salazar G.J., Guzmán-Sáenz F.M., Aguirre-Guzmán G., Alvarez-González C.A., López-Acevedo E.A., Fitzsimmons K. 2016. The effects of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* on growth performance and enzymes activities of juvenile shrimp Litopenaeus vannamei cultured in low-salinity water. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(1), 121-128.

Johnston N.L., Quarles C.L., Fagerberg D.J., Caveny D.D. 1981. Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression. *Poultry Science*. 60(10), 2289-2292.

Kaya S., Erdogan Z., Erdogan S. 2003. Effect of different dietary levels of yucca schidigera powder on performance, blood parameters and egg yolk cholesterol of *laying quails*. *Journal of Veterinary Medicine Series* 50, 14-17.

Kelly A.M., Kohler C.C. 2003. Effects of *Yucca schidigera* extract on growth, nitrogen retention, ammonia excretion, and toxicity in channel catfish *Ictalurus punctatus* and hybrid tilapia *O. mossambicus*×*O. niloticu*s. *Journal of World Aquaculture Society* 34 (2), 156-161.

Khalil R.H., Saad T.T., Mehana H., Ragab G., Mohammed R.A.E.A. 2015. Effect of *Yucca Schidigera* on water quality of Nile Tilapia fingerlings. *Journal of American Science* 11(12), 83- 88.

Lawrence M.S. 1986. Amino acids and proteins. In: Textbook of Clinical Chemistry. N.W. Tiezt (ed). WB Sounders Company, US. pp: 519-618.

Lee D.H., Ra C.S., Song Y.H., Sung K.I., Kim J.D. 2012. Effects of dietary garlic extract on growth, feed utilization and whole body composition of juvenile starlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25(4), 577-583.

Lin L., Yang Y.J., Yang S.S., Leu M.L. 1997. Aluminium utensile contribute to aluminium accumulation in patients with renal disease. *American Journal of Kidney Diseases*, 30: 653-658.

Magnadottir B. 2010. Immunological control of fish diseases. Marine biotechnology. 12(4), 361-379.

Mahanand S.S., Moulick S., Rao P.S. 2013. *Aquaculture International* 18, 403-414.

Davidson J., Good C., Welsh C., Summerfelt S.T. 2014. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 59, 30-40.

Ellis A.E. 1990. Lysozyme assays. In: Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Anderson, D.P., Robertson, B.S., Van Muiswinkel, publication. W.B. (Eds.). Techniques in Fish Immunology. Fair Haven, NJ, USA: SOS. Pp: 101-103.

El-Saidy D.M.S., Gaber M.M.A. 2004. Effect of yucca (*Yucca schidigera*) on water quality and growth performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L*) fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 8, 33-50.

El-Saidy D.M.S., Gaber M.M.A. 2004. Effect of *yucca schidigera* on water quality and growth performance of Nile tilapia (*O. niloticus L*) fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 8, 33-50.

Francis G. 2001. Effects of butanol extract from *Yucca schidigera* powder on growth and metabolism in common carp (*Cyprinus carpio* L.). In: Effects of low dietary levels of saponins on two common culture fish-common carp (*Cyprinus carpio* L.) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). PhD dissertation, University of Hohenheim, Germany, 160 p.

Gaber M.M. 2006. The effects of plant-protein based diets supplemented with Yucca on growth, digestibility, and chemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society* 37, 74-81.

Goetsch A.L., Owens F.N. 1985. Effects of Sarsaponin on digestion and passage rates in cattle fed medium to low concentrate. *Journal of Dairy Science* 68, 2377-2384.

Güroy B., Mantoğlu S. Merrifield D.L., Guroy D. 2014. Effects of dietary Nutrafito Plus on growth, hematological parameters and total ammonia nitrogen excretion of juvenile striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Research* 1-8.

Harikrishnan R., Balasundaram C., Heo M.S. 2011. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture* 317(1-4),

Optimum formulation of feed for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), with biofloc as a component. *Aquaculture International* 21(2), 347-360.

Makkar H.P.S., Aregheore E.M., Becker K. 1999. Effects of saponins and plant extracts *containning saponins* on the recovery of ammonia during urea ammoniation of wheat straw and fermentation kinetics of the treated straw. *Journal of Agriculture Science, Cambridge* 132, 313-321.

Martínez L.R., Campaña A., Bringas L., Porchas M.A. 2008. Efectos de la inclusión dietaría de *Yucca schidigera*, en los parámetros de calidad del agua y producción del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Invest Cient* 40, 4-10.

Metwally M.A.A., Wafeek M. 2014. Effect of Ammonia Toxicity on Carbohydrate Metabolism in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *World Journal of Fish and Marine Sciences* 6, 252-261.

Molinero A., González J. 1995. Comparative effects of MS-222 and 2 phenoxyethanol on Gilthead Sea bream (*Sparus aurata* L.) during confinement. *Comparative and Biochemistry Physiology* 111, 405-414.

Moss D.M., Rudis M., Henderson S.O. 1999. Cross-sensitivity and the anticonvulsantm hypersensitivity syndrome1. *The Journal of Emergency Medicine* 17(3), 503-506.

Ramachandran S., Bairagi A., Ray A.K. 2005. Improvement of nutritive value of grass pea (*Lathyrus sativus*) seed meal in the formulated diets for rohu (*Labeo rohita*) fingerlings after fermentation with a fish gut bacterium. *Bioresource Technology* 96, 1465-1472.

Ramsay J.M., Feist G.W., Varga Z.M., Westerfield M., Kent M.L., Schreck C.B. 2006. Whole-body cortisol is an indicator of crowding stress in adult zebrafish (*Danio rerio*). *Aquaculture* 258, 565-574.

Robert M., Crosby D.M., Brunson M.W. 1997. Ammonia in Fish Ponds. Southern regional Aquaculture Center Publication. pp: 463.

Salin D., Williot P. 1991. Acute toxicity of ammonia to Siberian sturgeon (*Acipencer baeri*). In: P. Williot (Ed.). Cemagref Publication, *Acipenser*. pp: 153-167.

Shingles A., McKenzie D.J., Taylor E.W., Moretti A., Butler P.J., Ceradini S. 2001. Effects of sublethal ammonia exposure on swimming performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Experimental Biology* 204(15), 2691-2698.

Sinha A.K., Liew H.J., Diricx M., Kumar V., Darras V.M., Blust R., De Boeck G. 2012. Combined effects of high environmental ammonia, starvation and exercise on hormonal and ion-regulatory response in goldfish (*Carassius auratus* L.). *Aquatic Toxicology* 114-115, 153-164.

Siwicki A.K., Anderson D.P. 1993. Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin level in serum. *Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn, Poland* 1993, 105-12.

Staurnes M., Sigholt T., Pedersen H.P., Rustad T. 1994. Physiological effects of simulatedhigh-density transport of Atlanticcod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 119, 381-391.

Tidwell J.H., Webster C.D., Clark J.A., Yancey D.H. 1992. Effects of *Yucca shidigera* extract on water quality and fish growth in recirculating-water aquaculture systems. *The Progressive Fish-Culturist* 54(3), 196-201.

Wrong O.M. 1981. Nitrogen compounds: In: Wrong, O.M., Edmonds, C.J., Chadwick V.S. (Eds.). The Large Intestine: Its Role in Mammalian Nutrition and Homeostasis. Springer, New York. pp: 133-211.

Yang Q.H., Tan B.P., Dong X.H., Chi S.Y., Liu H.Y. 2015. Effects of different levels of *Yucca schidigera* extract on the growth and nonspecific immunity of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and on culture water quality. *Aquaculture* 439, 39-44.

# Effects of different levels of *Yucca schidigera* extract on growth performance, nonspecific immunity and culture water quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the recirculating system

**Seyed Hamed Masoumi, Hossein Adineh*, Mohammad Harsij, Hojat Allah Jafaryan, Hosna Gholipour Kanani**

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture science and natural resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran.

*Corresponding author: adineh.h@gmail.com

Received: 2018/9/14 Accepted: 2018/12/30

**Abstract**

The present study was aimed at determining the effects of dietary *Yucca schidigera* extract on growth, feed and water quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish with an average weight of 18.89±1.65 g and 12.40±0.77 cm was tested in four treatments, each with three replicates for 60 days (First period: 50 days without ammonia stress) and (Second period: 10 days under ammonia stress of 0.024 mg /L). Different levels of plant extract 0% (control), 0.5% (Y1), 1% (Y2) and 1.5% (Y3) were spread on the commercial diet. The results showed that fish fed in Y3 experimental had significant difference in final weight, weight gain, daily growth rate and specific growth rate compared with control ($P$<0.05). The lowest feed conversion ratio (FCR) observed in group fed diet containing 1% plant extract (Y2). At the end of experiment, 24 hours water was not replaced and water sampled every 4 hours. Ammonia (TAN) increased from 16 to 24 hours. The results indicate that different concentrations of Yucca extract affect the growth performance and Ammonia water. Based on the results obtained from the measurement of non-specific immune factors can be stated that Yucca extract stimulates the immune but not statistically significant effect in some cases there is need for further studies.

**Keywords:** *Yucca schidigera* extract, Rainbow trout culture, Recirculating system, Growth and immunity parameters.