شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
صفحات ۴۹۶-۴۸۵

اثر منابع مختلف نشاسته جیره بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

امیر سلطانی آلکوئی[۱]، سید محمد علی جلالی[۲*]، سید امیر حسین جلالی[۳و۴]، فرشید خیری[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۲. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۴. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶

چکیده

آزمایشی به منظور بررسی اثر تغذیه منابع مختلف نشاسته بر افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، شاخص کبدی و احشایی و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام گرفت. آرد گندم، ذرت و محصول جانبی نشاسته ای ناشی از فرآیند تولید گلوتن گندم در خوراک اکسترود ماهی استفاده شد و به ۳۰۰ قطعه ماهی (با میانگین وزنی۱± ۱۵۷ گرم) که بصورت طرح کاملا تصادفی در ۱۲ وان ۳۰۰ لیتری توزیع شدند، به مدت ۶۰ روز تغذیه گردید. نتایج نشان داد که تغییر منبع نشاسته جیره بر مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک و نرخ رشد ویژه ماهی‌ها در کل دوره تاثیر نداشت. کمترین شاخص احشایی و بیشترین راندمان لاشه ماهی با تغذیه خوراک اکسترود دارای ذرت مشاهده شد ($P<0/05$). تغذیه آرد گندم سبب افزایش غلظت سرمی آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز ماهی‌ها شد ($P<0/05$)، در حالیکه تری گلیسرید، کلسترول، پروتئین تام، گلوکز، لیپوپروتئین با چگالی بالا و لیپوپروتئین با چگالی پایین تحت تاثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. در مجموع ذرت می‌تواند بدون اثرات منفی بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی ماهی قزل‌آلا، بطور کامل جایگزین آرد گندم به عنوان منبع اصلی نشاسته خوراک اکسترود استفاده شود در حالیکه برای استفاده از محصول جانبی نشاسته‌ای ناشی از فرآیند تولید گلوتن گندم در جیره اکسترود ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیاز به پژوهش‌های بیشتر است.

واژگان کلیدی: نشاسته، ذرت، آرد گندم، ضریب تبدیل خوراک، قزل‌آلای رنگین‌کمان،

* نویسنده مسئول: سید محمد علی جلالی
Email: fish.nutritionist@gmail.com

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 4, Winter 2021
pp. 485-496

The effect of different sources of dietary starch on growth performance and blood biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Amir Soltani Alkouei[1], Sayed Mohammad Ali Jalali[2*], Seyed Amir Hossein Jalali[3,4], Farshid Kheiri [3]

1. Ph. D Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
2. Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
3. Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran
4. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received: 29-Sep-2021 **Accepted: 18-Oct-2021**

Abstract

An experiment was conducted to study the effect of feeding the various starch sources on body weight gain, feed conversion ratio, hepatosomatic, viscerosomatic indexes and some blood biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Wheat flour, corn and starch by-product from production of wheat gluten used in the extruded fish feed and fed to three hundred fish (average weight 157 ± 1 g) for 60 days, where distributed in 12 fiberglass tanks (300-liter) as a completely randomized design. The results showed that various dietary sources of starch did not impact feed intake, specific growth rate, and feed conversion ratio of fish in the total period. The lowest viscerosomatic index and the highest carcass efficiency of fish were seen by feeding corn extruded feed ($P<0.05$). Feeding the wheat flour increased the serum concentration of aspartate aminotransferase ($P<0.05$); while, triglycerides, cholesterol, total protein, glucose, high-density lipoprotein, and low-density lipoprotein were not affected by the experimental diet. Overall, corn could be completely replaced with wheat flour, as the main starch source of extruded feed without any adverse effect on growth performance and blood biochemical parameters of rainbow trout; while more research is needed to apply the starch by-product from production of wheat gluten in the fish extruded diet.

Key words: Starch**,** corn, wheat flour, feed conversion ratio, rainbow trout

Corresponding author: Sayed Mohammad Ali Jalali Email: fish.nutritionist@gmail.com

۱. مقدمه

استفاده از کربوهیدرات در جیره غذایی آبزیان پرورشی معمولاً در مقایسه با جیره پرندگان و پستانداران محدود است. منابع نشاسته ای، مانند دانه غلات، معمولاً به عنوان پلت چسبان در خوراک آبزیان استفاده می شود (Gatlin III *et al*., 2007; Hardy, 2010) با این حال، آرد گندم به دلیل ویژگی‌های ساختاری عمدتا به عنوان منبع نشاسته در خوراک ماهی های گوشتخوار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sørensen, 2012) طبق گزارشات سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO, 2020) سطح جهانی تولید گندم کاهش یافته و از طرف دیگر به دلیل تجارت بین المللی، خطرات آب و هوایی موثر بر کاشت و پیش فروش کشورهای صادرکننده قیمت گندم بیشتر از سالهای گذشته افزایش یافته است. آمار سازمان خواربار وکشاورزی جهانی نشان می‌دهد ذرت رتبه اول سطح تولید غلات را به خود اختصاص داده است و گندم در رتبه دوم تولید جهانی غلات قرار دارد به صورتی‌که در سال ۲۰۱۸ میلادی تولید ذرت حدود ۱۱۴۷ و گندم حدود ۷۳۴ میلیون تن بوده است (FAO, 2020). در سال‌های اخیر تامین آرد گندم برای تولید خوراک آبزیان به دلیل خشکسالی، افزایش جمعیت کشور و افزایش مصرف انسانی آرد گندم با مشکلات متعددی مواجه شده است، لذا ضرورت استفاده از منابع نشاسته جایگزین آرد گندم بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. در مقایسه با ذرت محققان هضم بهتر آرد گندم را در آبزیان گوشتخوار نشان داده‌اند (Cousin, Cuzon and Guillaume, 1996; Glencross *et al*., 2010) اما امروزه ثابت شده است فرآیند اکسترود به و سیله ژلاتینه کردن و افزایش قابلیت هضم می‌تواند استفاده از منبع مختلف نشاسته را در خوراک ماهی بهبود دهد (Aas *et al*., 2011; Lundblad *et al*., 2011). این فرآوری بر عملکرد رشد ماهی و خواص فیزیکی خوراک موثر است. ذرت از نظر قیمت و میزان عرضه نسب به آرد گندم برتری دارد، لذا استفاده از ذرت می‌تواند به عنوان منابع نشاسته هزینه‌های تولید را کاهش دهد و به عنوان یک محصول اقتصادی در صنعت خوراک آبزیان ترویج شود (De Cruz *et al*., 2015) از طرف دیگر امروزه محصولات جانبی ارزان قیمت از قبیل پساند نشاسته‌ای (پودر خشک شده حاصله از مراحل شستشو و جدا سازی نشاسته و پروتئین آرد گندم در فرآیند تولید نشاسته و گلوتن) که با ۶۸درصد عصاره عاری از ازت (NFE) به عنوان منبع کربوهیدرات مطرح است (جدول ۱)، اما مطالعات محدودی در مورد کاربرد آنها در خوراک آبزیان انجام شده است. امروزه هدف اصلی تولیدکنندگان صنعت آبزی‌پروری دستیابی به عملکرد بهینه ماهی همراه با کاهش هزینه‌های تولید به ویژه خوراک می‌باشد. با توسعه فناوری تولید خوراک و با توجه به اهداف اقتصادی، استفاده از منابع نشاسته ارزان قیمت مانند ذرت و محصولات جانبی صنایع غذایی می‌تواند به کاهش هزینه‌های خوراک کمک شایانی کند. تحقیقات قبلی سبب ارائه گسترده راهکارهای تغذیه‌ای از جمله استفاده از منابع کربوهیدرات به جای پروتئین جهت صرفه‌جویی اقصادی و مصرف پروتئین برای رشد شده است (Oliva-Teles, 2000; Watanabe, 2002; Peres and Oliva-Teles, 2002; Moreira *et al*., 2008; Li *et al*., 2019). اما استفاده از این راهکار به نوع منبع نشاسته بستگی دارد، به صورتی‌که عملکرد رشد ماهی، قابلیت هضم جیره، فعالیت انسولین و پاسخ آن به سطح گلوکز می‌تواند توسط منبع نشاسته، خصوصیات ساختاری (Jun, Daiwen and Bing, 2010; Yin *et al*., 2011)، سطح آن در جیره، پیچیدگی مولکولی و روش عمل آوری نشاسته تحت تاثیر قرار گیرد (Sørensen *et al*., 2011; NRC, 2011). بنابراین با توجه اهمیت استفاده از منابع ارزان قیمت انرژی به منظور کاهش هزینه های تهیه جیره ماهیان گوشتخوار، این مطالعه با هدف بررسی اثر جایگزینی ذرت و پودر پساند نشاسته با آرد گندم بر عملکرد رشد و فرانسجه‌های بیوشیمایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد.

جدول۱ - تجزیه تقریبی بیوشیمیایی منابع نشاسته جیره‌های آزمایشی

اقلام خوراکی	پروتئین خام (٪)	چربی (٪)	فیبرخام (٪)	خاکستر (٪)	عصاره عاری از ازت* (٪)	ماده خشک (٪)
آرد گندم	۹/۹۳	۱/۵۰	۲/۴۲	۰/۷۸	۷۱/۹۲	۸۶/۵۵
دانه ذرت	۷/۰۹	۳/۵۰	۱/۸۰	۱/۲	۷۴/۳۰	۸۷/۸۹
پسماند نشاسته**	۱۴/۶۵	۱/۸۰	۱/۵۰	۱۰/۹۱	۶۷/۵۳	۹۶/۳۹

*عصاره عاری از ازت (NFE): از تفریق مقدار ماده خشک با مجموع مقدار پروتئین خام، چربی، فیبرخام و خاکستر محاسبه گردید. ** پودر خشک شده حاصله از مراحل شستشو و جداسازی نشاسته و پروتئین آرد گندم در فرآیند تولید نشاسته و گلوتن.

۲. روش کار

۲.۱. جیره‌های آزمایشی و ماهی

به منظور بررسی اثر منبع نشاسته در قالب طرح کاملاً تصادفی از ۳۰۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی۱ ± ۱۵۷ گرم استفاده شد. سه جیره غذایی بر اساس احتیاجات غذایی ماهی قزل‌آلا جهت تولید خوراک با سطوح یکسان انرژی و پروتئین تهیه شدند که ذرت و پسماند پودری فرآیند تولید نشاسته و گلوتن گندم (گلوماتین، تهیه شده از شرکت شهدینه آران) جایگزین آرد گندم گردید (جدول ۲). جیره‌های آزمایشی در خط پایلوت شرکت فرادانه به روش اکسترود با استفاده از دستگاه اکسترود دو شفت (FAMSUN MY Series Twin-Screw Extruder-Model: MY90*21) و با دای ۴ میلی متر تهیه شدند. جهت تولید خوراک ابتدا مواد خوراکی بطور کامل مخلوط شدند و سپس توسط آسیاب‌های چکشی و میکرونیزه (FAMSUN-SWFL Series Ultra-fine Pulverizer) به شکلی که سایز ذرات به زیر ۲۰۰ میکرون برسد آسیاب شدند. در مرحله بعد قبل از فرآوری خوراک به روش اکسترود، مواد آسیاب شده مجدد میکس شدند و پس از اکسترود شدن جهت کاهش رطوبت و سرد شدن دانه‌ها به ترتیب وارد خشککن و کولرشدند. در مرحله نهایی با استفاده از دستگاه وکیوم کوتر (FAMSUN-SYPZ Series Vacuum Liquid Coater) روغن مورد نیاز برابر با جیره‌های آزمایشی(جدول ۲) به دانه‌های خوراک افزوده شد. در این آزمایش ماهی‌ها به طور تصادفی در دوازده وان پلی اتیلن ۳۰۰ لیتری (۲۵ قطعه در هر وان) تقسیم شدند و برای سازگاری با شرایط محیط به مدت دو هفته ازجیره شاهد (آرد گندم) و سپس به منظور انجام آزمایش به مدت ۶۰ روز توسط جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. کیفیت آب ورودی هر هفته اندازه گیری و مقدار اکسیژن بالای ۹ میلی گرم در لیتر، آمونیاک کمتر از ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر، نیتریت کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر، نیترات کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر و دمای آب در دوره پرورش۱ ± ۱۲ درجه سانتی‌گراد بود. از ابتدا تا پایان آزمایش هر دو هفته یکبار شاخص‌های عملکرد رشد ماهی مانند وزن و خوراک مصرفی هر وان اندازه گیری و افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه، شاخص احشایی، شاخص کبدی و راندمان لاشه برابر با معادلات زیر محاسبه شدند (Li *et al*., 2019).

تعداد روز/(وزن ابتدایی بدن− وزن نهایی بدن)= (گرم/روز) افزیش وزن روزانه

(وزن ابتدایی بدن−وزن نهایی بدن)/خوراک مصرفی= ضریب تبدیل خوراک

تعداد روز/۱۰۰×(وزن ابتدایی بدن ln−وزن نهایی بدن ln)= (درصد/روز) نرخ رشد ویژه

۱۰۰×وزن نهایی بدن/وزن کبد= (درصد) شاخص کبدی

۱۰۰×وزن نهایی بدن/وزن احشاء= (درصد) شاخص احشایی

۱۰۰×وزن نهایی بدن/وزن بدن فاقد امعاء و احشاء= (درصد) راندمان لاشه

جدول۲- ترکیب جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف نشاسته

اقلام جیره (٪)	منابع نشاسته		
	آرد گندم	ذرت	پسماند نشاسته (گلوماتین)***
پودر ماهی	۳۹/۰	۳۹/۰	۳۹/۰
آرد گندم	۱۸/۲۵	۰۰/۰	۰۰/۰
دانه ذرت	۰۰/۰	۱۸/۲۵	۰۰/۰
پسماند نشاسته	۰۰/۰	۰۰/۰	۱۸/۲۵
گلوتن ذرت	۳/۰	۴/۵	۱/۰
کنجاله سویا	۱۹/۸	۱۸/۳	۲۱/۸
گلوتن گندم	۲/۰	۲/۰	۲/۰
محصولات جانبی طیور	۵/۰	۵/۰	۵/۰
همبند ژلاتین	۱/۴۵	۱/۴۵	۱/۴۵
روغن سویا	۵/۰	۵/۰	۵/۰
روغن ماهی	۵/۰	۵/۰	۵/۰
ترکیبات پایه*	۱/۵	۱/۵	۱/۵
تجزیه تقریبی			
انرژی خام (کیلوکالری/گرم)	۴/۷۳	۴/۷۷	۴/۶۹
پروتئین خام (٪)	۴۱/۷۰	۴۱/۵۷	۴۲/۲۰
چربی (٪)	۱۵/۶۹	۱۵/۹۵	۱۵/۶۳
فیبر خام (٪)	۲/۶۰	۲/۴۶	۳/۰۰
خاکستر (٪)	۹/۵۴	۹/۵۵	۱۲/۰۰
عصاره عاری از ازت (٪)**	۲۲/۱۹	۲۲/۴۳	۲۰/۵۳

*ترکیب پایه حاوی ۰/۶ درصد مکمل ویتامین و معدنی، ۰/۲ درصد مهارکننده کپک، ۰/۱ درصد پریبیوتیک مانان الیگو ساکارید (Bio-Mos®; Alltech, USA)، ۰/۳ درصد نمک معمولی و ۰/۳ درصد کولین کلراید بود. **عصاره عاری از ازت (NFE) از تفریق ماده خشک با مجموع درصد پروتئین خام، چربی، فیبر خام و خاکستر محاسبه گردید. ***پودر خشک شده حاصله از مراحل شستشو و جداسازی نشاسته و پروتئین آرد گندم در فرآیند تولید نشاسته و گلوتن.

۲.۲. فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون

در انتهای آزمایش تعداد سه قطعه ماهی از هر وان انتخاب و پس از بی هوشی، خونگیری با سرنگ‌های استریل از ورید دمی انجام شد. با استفاده از سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰g سرم خون جدا و در میکروتیوپ های جدا گانه ذخیره و پس از انتقال به آزمایشگاه در فریزر ۸۰- نگهداری شد. فراسنجه‌های سرمی خون مانند تری گلیسرید، پروتئین تام، کلسترول، لیپوپروتئین‌ها و گلوکز به روش نور سنجی و با استفاده از دستگاه اتو آنالایزر (هیتاچی مدل: ۹۱۱) و کیت های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون اندازه- گیری شدند. کلسترول به روش کلسترول اکسیداز، تری گلیسرید به روش آنزیمی لیپاز، گلوکز به روش گلوکز اکسیداز و پروتئین تام به روش بیوره اندازه گیری گردید (Borges *et al*., 2004). اندازه گیری آنزیم‌های آسپارتات آمینو ترانسفراز و آلانین آمینو ترانسفراز، به روش رنگ سنجی کینتیک انجام شد (Borges *et al*., 2004) . ماهی خونگیری شده پس از توزین کل بدن کالبد گشایی شد و اندام‌های داخلی و کبد جهت محاسبه شاخص احشایی و کبدی توزین شدند.

۲.۳. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

طرح آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تیمار و سه تکرار در هر تیمار انجام شد. داده‌های آزمایش پس از اینکه تو سط نرم افزار اک سل وارد و ثبت گردیدند، برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزارآماری SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, Version 9.0, by USA) با رویه GLM استفاده گردید و برای مقایسه میانگین از آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج

همانطور که نتایج جدول ۳ نشان می دهد در پایان دوره آزمایش خوراک مصرفی، افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک و نرخ رشد ویژه تحت تاثیر جیره های آزمایشی قرار نگرفتند و تفاوت معنی داری بین تیمارها وجود ندا شت. در دو هفته سوم (۳۰ تا ۴۵ روزگی) گروه تغذیه شده با جیره آرد گندم خوراک بیشتری مصرف کردند (P<۰/۰۵) و در دوهفته چهارم (۴۵ تا ۶۰ روزگی) در مقای سه با آرد گندم و ذرت، پ سماند ن شا سته افزایش وزن کمتر و ضریب تبدیل خوراک بالاتری نشان داد (P<۰/۰۵) که در این دوره بالاترین نرخ رشد ویژه در ماهی‌های تغذیه شده با ذرت و سپس در ماهی‌های تغذیه شده با آرد گندم و پسماند نشاسته مشاهده شد (P<۰/۰۵). شاخص کبدی تحت تاثر جیره‌های آزمای شی قرار نگر فت (جدول ۴) ا ما بالاترین را ند مان لاشه و کمترین شاخص اح شایی متعلق به ماهیان تغذیه شده با ذرت بودکه با گروه آرد گندم تفاوت معنی دار داشتند (P<۰/۰۵). فرانسجه‌های بیوشیمیایی خون (به جزء آنزیم آ سپارتات آمینوترانسفراز) تحت تاثیر جیره‌های آزمای شی قرار نگرفتند و تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده ن شد (جدول ۵). در پایان آزمایش گروه تغذیه شده با آرد گندم در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با پسماند نشاسته بی شترین غلظت آ سپارتات آمینوترانسفراز را ن شان دادند (P<۰/۰۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

در جیره آبزیان چهار عامل پیچیدگی مولکولی، میزان ژلاتینه شدن، منشاء نشاسته و سطح آن در جیره بر قابلیت هضم نشاسته اثر می‌گذارد، علاوه بر این قابلیت ه ضم در میان منابع مختلف ن شا سته، به اندازه و ن سبت آمیلوز به آمیلوپکتین گرانول ها، نسبت داده می‌شود (NRC, 2011). عامل دیگری که استفاده نشاسته را در جیره ماهیان گوشتخوار محدود می‌کند عدم تحمل گلوکز و اثر آن بر ر شد ا ست (NRC, 2011) برخی پژوه شگران دلیل کاهش عملکرد ر شد جیره‌های دارای منابع ن شاسته را اثر منفی نشاسته جیره بر قابلیت هضم ترکیبات مغذی دانستند (Hillestad, Johnsen and Åsgård, 2001; Tekinay and Davies, 2001) به صورتی‌که افزایش سطح منابع نشاسته جیره سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین و انرژی می شود (Tekinay and Davies, 2001) . در مقابل Peragón و همکاران (۱۹۹۹)گزارش کردند فقدان منابع کربوهیدرات در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان رشد را کاهش می‌دهد و سبب کاهش قند خون و تحریک تجزیه پروتئین ماهیچه جهت تأمین انرژی و استفاده از زنجیره کربنی اسیدهای آمینه برای فرآیندهای بیوسنتزی می‌شود. در مطالعه حاضر علی رغم استفاده از منابع مختلف ن شا سته، جایگزینی آرد گندم با ذرت و پ سمانده نشاسته برعملکرد رشد در کل دوره آزمایش اثر منفی نداشت. امروزه اثبات شده است که خصوصیات ساختاری ن شا سته در پ ستانداران بر پا سخ ان سولین و عملکرد آن مؤثر ا ست (Yin *et al*., 2011; Li *et al*., 2019)، اما این موضوع در ماهی در حال مطالعه است. بر خلاف نتایج آزمایش حاضر مطالعات نشان می‌دهد عملکرد رشد برخی از گونه‌های ماهی به‌طور قابل توجهی توسط م نابع مختلف نشاسته ت حت تأثیر قرار می‌گیرد (Ren *et al*., 2015; Kumar *et al*., 2016; Couto *et al*., 2017).

جدول۳- اثر منابع مختلف نشاسته بر عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

دوره پرورش(روز)	خوراک مصرفی (گرم/روز/ماهی)			P-Value	افزایش وزن (گرم/روز/ ماهی)			P-Value	ضریب تبدیل خوراک			P-Value	نرخ رشد ویژه			P-Value
	گندم	ذرت	پسماند نشاسته		گندم	ذرت	پسماند نشاسته		گندم	ذرت	پسماند نشاسته		گندم	ذرت	پسماند نشاسته	
(۰ تا ۱۵)	۲/۰۵(۰/۰۲)	۲/۰۶(۰/۰۰۲)	۲/۰۶(۰/۰۱)	NS	۲/۹۷(۰/۱۰)	۲/۹۶(۰/۰۲)	۲/۷۹(۰/۱۳)	NS	۰/۶۹(۰/۰۲)	۰/۶۹(۰/۰۱)	۰/۷۴(۰/۰۴)	NS	۱/۷۱(۰/۰۴)	۱/۷۱(۰/۰۰۲)	۱/۶۱(۰/۰۸)	NS
(۱۵ تا ۳۰)	۲/۳۵(۰/۰۲)	۲/۳۴(۰/۰۱)	۲/۳۳(۰/۰۰۱)	NS	۳/۰۱(۰/۰۹)	۲/۷۳(۰/۱۱)	۲/۶۸(۰/۱۱)	NS	۰/۷۸(۰/۰۳)	۰/۸۶(۰/۰۴)	۰/۸۷(۰/۰۴)	NS	۱/۴۵(۰/۰۵)	۱/۳۲(۰/۰۶)	۱/۳۰(۰/۰۵)	NS
(۳۰ تا ۴۵)	۲/۹۵^{a}(۰/۰۲)	۲/۸۷^{b}(۰/۰۱)	۲/۸۷^{b}(۰/۰۱)	*	۴/۰۰(۰/۲۷)	۳/۷۴(۰/۳۵)	۴/۰۵(۰/۰۷)	NS	۰/۷۴(۰/۰۵)	۰/۷۸(۰/۰۷)	۰/۷۱(۰/۰۱)	NS	۱/۶۱(۰/۰۹)	۱/۴۹(۰/۱۸)	۱/۶۶(۰/۰۲)	NS
(۴۵ تا۶۰)	۳/۵۲(۰/۰۵)	۳/۴۷(۰/۰۷)	۳/۴۵(۰/۲۴)	NS	۴/۱۶^{a}(۰/۱۵)	۴/۴۴^{a}(۰/۱۲)	۳/۶۶^{b}(۰/۱۰)	*	۰/۸۴^{a}(۰/۰۲)	۰/۷۸^{a}(۰/۰۱)	۰/۹۴^{b}(۰/۰۳)	**	۱/۴۱^{b}(۰/۰۳)	۱/۵۴^{a}(۰/۰۱)	۱/۲۸^{c}(۰/۰۴)	***
کل دوره	۲/۷۲(۰/۰۲)	۲/۶۸(۰/۰۲)	۲/۶۸(۰/۰۱)	NS	۲/۹۷(۰/۱۱)	۲/۹۶(۰/۱۲)	۲/۷۹(۰/۰۱)	NS	۰/۷۶(۰/۰۲)	۰/۷۷(۰/۰۲)	۰/۸۸(۰/۰۱)	NS	۱/۵۴(۰/۰۳)	۱/۵۱(۰/۰۵)	۱/۴۶(۰/۰۱)	NS

اعداد با حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند. NS: غیر معنی دار، *: (P<۰/۰۵) **: (P<۰/۰۱) ***: (P<۰/۰۰۱). اعداد درون پرانتز خطای معیار می‌باشند.

جدول۴- اثر منابع مختلف نشاسته بر راندمان لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

منبع نشاسته	راندمان لاشه (٪)	شاخص احشایی (٪)	شاخص کبدی (٪)
گندم	۸۸/۲۹^{b}(۰/۵۸)	۷/۹۸^{a}(۰/۴۸)	۱/۴۱(۰/۰۷)
ذرت	۹۰/۲۸^{a}(۰/۴۸)	۶/۳۰^{b}(۰/۲۲)	۱/۳۴(۰/۰۴)
پسماند نشاسته	۸۹/۱۴^{ab}(۰/۴۳)	۷/۱۹^{ab}(۰/۳۶)	۱/۴۱(۰/۱۱)
P-Value	*	*	NS

اعداد با حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشند. NS: غیر معنی‌دار، *: (P<۰/۰۵) **: (P<۰/۰۱) ***: (P<۰/۰۰۱). اعداد درون پرانتز خطای معیار می‌باشند. پسماند نشاسته: پودر خشک شده حاصله از مراحل شستشو و جداسازی نشاسته و پروتئین آرد گندم در فرآیند تولید نشاسته و گلوتن.

جدول۵- اثر منابع مختلف نشاسته بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

منبع نشاسته	ALT (U/L)	AST (U/L)	گلوکز (mg/dl)	تری گلیسرول (mg/dl)	کلسترول (mg/dl)	LDL (U/L)	HDL (U/L)	پروتئین کل (g/dl)
آرد گندم	۲۱/۱۱(۸/۸۱)	۹۲۱/۹^{a}(۶۰/۲۴)	۶۶/۰۴(۴/۶۱)	۴۵۸/۷(۱۷/۲۴)	۳۹۵/۵(۱۹/۸۸)	۱۱۹/۸(۲۰/۲۹)	۲۹۷/۱۷(۱۶/۲۸)	۳/۷۲(۰/۱۴)
ذرت	۲۵/۰۲(۱۱/۲۲)	۷۴۶/۹^{ab}(۱۰۴/۳۷)	۷۰/۷۳(۸/۲۸)	۴۰۶/۸(۱۳/۴۲)	۴۵۱/۴(۱۱/۳۰)	۱۳۰/۲(۱۲/۶۴)	۳۱۷/۰۶(۱۷/۹۶)	۳/۶۶(۰/۵۹)
پسماند نشاسته	۱۶/۹۸(۳/۷۴)	۵۱۷/۸^{b}(۷۴/۴۱)	۶۶/۰۱(۹/۵۴)	۳۷۷/۰(۳۰/۹۲)	۳۹۷/۷(۲۱/۴۵)	۱۰۰/۰(۱۳/۸۷)	۲۶۵/۳۴(۱۸/۵۰)	۳/۲۸(۰/۲۶)
P-Value	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

اعداد با حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشند. NS: غیر معنی دار، *: (P<۰/۰۵) **: (P<۰/۰۱) ***: (P<۰/۰۰۱). اعداد درون پرانتز خطای معیار می‌باشند. ALT: آلانین آمینوترانسفراز (Alanine Aminotransferase) ، AST: آسپارتات آمینوترانسفراز (Aspartate Aminotransferase) ، LDL: لیپو پروتئین کم چگال (Low-Density Lipoprotein) ، HDL: لیپوپروتئین پرچگال (High-Density Lipoproteins). U/L: (واحد در لیتر) ، mg/dl:(میلی گرم در دسی لیتر) ، g/dl: (گرم در دسی لیتر). پسماند نشاسته: پودر خشک شده حاصله از مراحل شستشو و جداسازی نشاسته و پروتئین آرد گندم در فرآیند تولید نشاسته و گلوتن.

البته نتایج جدول۳ و ۴ نشان می‌دهد تغییر منبع نشاسته از آرد گندم به آرد ذرت سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک ماهی در دو هفته پایانی پرورش و افزایش راندمان لاشه و کاهش شاخص احشایی پایان دوره گردید. در این رابطه Li و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند نشاسته نخود به طور قابل توجهی نرخ رشد ویژه و افزایش وزن روزانه را نسبت به نشاسته کاساوا، سیب زمینی و دکسترین افزایش داد. نشاسته از آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است (Tester, Karkalas and Qi, 2004) و هضم آمیلوپکتین بسیار آسان‌تر از آمیلوز است (Gominho-Rosa *et al*., 2015) و هر چقدر نسبت آمیلوز بیشتر باشد، نشاسته سخت‌تر و مقاوم‌تر است (Tester, Karkalas and Qi, 2004). بنابراین ممکن است نسبت بالای آمیلوز به آمیلوپکتین سبب هضم کند نشاسته، انتقال کندتر گلوکز به خون و بهبود عملکرد رشد ماهی شود (Li *et al*., 2019). در آزمایش حاضر شاید تفاوت مقدار آمیلوز ذرت و آرد گندم عامل تقویت‌کننده اثر ذرت بر عملکرد رشد در دو هفته پایانی و تطابق بیشتر ماهی با جیره‌های آزمایش باشد. در واقع هضم آهسته نشاسته دارای مقدار زیاد آمیلوز به کاهش تنش گلوکز ناشی از دریافت نشاسته بعد از تغذیه کمک می‌کند (NRC, 2011; Chen *et al*., 2013). از طرفی ساختار شیمیای نشاسته می‌تواند مسیرهای متابولیکی گلیکولیز،گلوکونئوژنز و همچنین اثر نشاسته را بر عملکرد رشد ماهی کنترل یا تشدید کند (Lu *et al*., 2018). همانطور که بیان شد ساختار نشاسته می‌تواند بر قابلیت هضم و استفاده کارآمد نشاسته، پاسخ انسولین و متابولیسم گلوکز مؤثر باشد. بنابراین شاید دلیل اثر

افزایش آرد گندم بر شاخص احشایی و کاهش راندمان لاشه، خصوصیات ساختاری و قابلیت هضم نشاسته گندم باشد به نحوی که سبب افزایش فعالیت انسولین و تحریک لیپوژنز کبدی (Dai *et al*., 2016)، رسوب چربی در ناحیه احشایی شده است (Peres and Oliva-Teles, 2002; Moreira *et al*., 2008).

در مطالعه حاضر ماهی‌های تغذیه شده با جیره آرد گندم دارای بالاترین سطح آسپارتات آمینوترانسفراز بودند (جدول ۵)، این امر ممکن است به دلیل انتقال سریع گلوکز به خون، افزایش گلیکوژن کبدی، تحریک لیپوژنز و در نهایت آسیب کبدی رخ داده باشد (Lin *et al*., 2018). آنزیم‌های کبدی آلانین و آسپارتات آمینو ترانسفراز اغلب در صورت آسیب به سلول کبدی و انسداد مجاری صفراوی جهت حفظ یکپارچگی کبد به خون نشت می‌کنند (Fawole *et al*., 2020). در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دامنه طبیعی آنزیم های کبدی آسپارتات و آلانین آمینوترانسفراز بترتیب ۴۰۵-۵۱۷ و ۱۱- ۱۶واحد در لیتر گزارش شده است (Manera and Britti, 2006) که باتوجه به نتایج جدول ۵ مشخص شد تغذیه پسماند نشاسته‌ای کمترین تاثیر بر فعالیت این آنزیم‌ها را داشته است. Lin و همکارن (۲۰۱۸) نشان دادند افزایش سطح نشاسته جیره سبب آسیب کبدی و افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در ماهی باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) گردید. در تحقیق دیگری نیز نشان داده شد که نوع نشاسته می‌تواند غلظت سرمی آنزیم‌های کبدی را تغییر دهد و بسته به ساختار نشاسته مصرفی جیره، کارآمدی آن می‌تواند سبب صرفه جویی پروتئین برای رشد ماهی شود به شکلی‌که نیاز مسیرهای متابولیکی به پروتئین کاهش یافته و کاهش غلظت این آنزیم ها را به همراه خواهد داشت (Kumar *et al*., 2010). اما بر خلاف نظر فوق دیگر محققان اثبات کرده‌اند استفاده ازمنابع نشاسته سهل‌الهضم می‌تواند افزایش قند خون (Kamalam, Medale and Panserat, 2017)، رسوب گلیکوژن (Rawles, Smith and Gatlin, 2008)، تحریک لیپوژنزکبدی (Dai *et al*., 2016; Song *et al*., 2018)، هیپرتروفی کبدی (Azaza *et al*., 2009) و در نهایت آسیب کبدی و افزایش غلظت آنزیم‌های آسپارتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز کبدی را به همراه داشته باشد (Russell *et al*., 2001) که البته این نتایج با یافته‌های آزمایش حاضر تطابق دارد.

۵. نتیجه گیری نهایی

در مجموع نتایج آزمایش حاضر نشان داد ذرت قابلیت جایگزینی کامل با آرد گندم در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) را دارد اما با وجود نداشتن اثر منفی پسماند نشاسته بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی ماهی‌ها برای استفاده بهینه آن در جیره نیاز به پژوهش‌های بیشتری است.

۶. تقدیر و تشکر

بدینوسیله از همکاری شرکت شهدینه آران و حمایت همه جانبه شرکت فرادانه تولید کننده تخصصی خوراک آبزیان در انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

۷. منابع

References

Aas, T.S., Terjesen, B.F., Sigholt, T., Hillestad, M., Holm, J., Refstie, S., Baeverfjord, G., Rørvik, K.A., Sørensen, M., Oehme, M., Åsgård, T., 2011. Nutritional responses in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed diets with different physical qualities at stable or variable environmental conditions. *Aquaculture Nutrition* 17(6),657–670.

Azaza, M.S., Mensi, F., Kammoun, W., Abdelouaheb, A., Brini, B., Kraïem, M., 2009. Nutritional evaluation of waste date fruit as partial substitute for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia, Oreochromis niloticus L. *Aquaculture Nutrition* 15(3), 262–272.

Borges, A., Scotti, L. V., Siqueira, D.R., Jurinitz, D.F., Wassermann, G.F., 2004. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (Rhamdia quelen). *Fish Physiology and Biochemistry* 30(1), 21–25.

Chen, M.Y., Ye, J.D., Yang, W., Wang, K., 2013. Growth, feed utilization and blood metabolic responses to different amylose-amylopectin ratio fed diets in tilapia (oreochromis niloticus). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 26(8), 1160–1171.

Cousin, M., Cuzon, G., Guillaume, J., 1996. Digestibility of starch in Penaeus vannamei: In vivo and in vitro study on eight samples of various origin. *Aquaculture* 140(4), 361–372.

Couto, A., Peres, H., Oliva-Teles, A., Enes, P., 2017. Nutritional value of whole cereal meals for European sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. *Aquaculture* 473(February 2017), 128–134.

De Cruz, C.R., Kamarudin, M.S., Saad, C.R., Ramezani-Fard, E., 2015. Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Animal Feed Science and Technology* 199, 137–145.

Dai, W., Panserat, S., Kaushik, S., Terrier, F., Plagnes-Juan, E., Seiliez, I., Skiba-Cassy, S., 2016. Hepatic fatty acid biosynthesis is more responsive to protein than carbohydrate in rainbow trout during acute stimulations. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology* 310(1), R74–R86.

FAO, 2020. *Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets*. *Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets*. FAO.

Fawole, F.J., Adeoye, A.A., Tiamiyu, L.O., Ajala, K.I., Obadara, S.O., Ganiyu, I.O., 2020. Substituting fishmeal with Hermetia illucens in the diets of African catfish (Clarias gariepinus): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture* 518(October 2019), 734849.

Gatlin III, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research* 38(6), 551–579.

Glencross, B., Hawkins, W., Maas, R., Karopoulos, M., Hauler, R., 2010. Evaluation of the influence of different species and cultivars of lupin kernel meal on the extrusion process, pellet properties and viscosity parameters of salmonid feeds. *Aquaculture Nutrition* 16(1), 13–24.

Gominho-Rosa, M. do C., Rodrigues, A.P.O., Mattioni, B., de Francisco, A., Moraes, G., Fracalossi, D.M., 2015. Comparison between the omnivorous jundiá catfish (Rhamdia quelen) and Nile tilapia (Oreochromis niloticus) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture* 435, 92–99.

Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770–776.

Hillestad, M., Johnsen, F., Åsgård, T., 2001. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (Salmo salar L.). *Aquaculture Research* 32(7), 517–529.

Jun, H., Daiwen, C., Bing, Y., 2010. Metabolic and transcriptomic responses of weaned pigs induced by different dietary amylose and amylopectin ratio. *PLoS One* 5(11), p.e15110.

Kamalam, B.S., Medale, F., Panserat, S., 2017. Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. *Aquaculture* 467, 3–27.

Kumar, S., Sahu, N.P., Pal, A.K., Kerepeczki, E., Sinha, A.K., Gal, D., 2016. Metabolic fitness and growth performance in tropical freshwater fish Labeo rohita are modulated in response to dietary starch type (gelatinized versus non-gelatinized) and water temperature. *Aquaculture Nutrition* 22(5), 966–975.

Kumar, V., Sahu, N.P., Pal, A.K., Kumar, S., Sinha, A.K., Ranjan, J., Baruah, K., 2010. Modulation of key enzymes of glycolysis, gluconeogenesis, amino acid catabolism, and TCA cycle of the tropical freshwater fish Labeo rohita fed gelatinized and non-gelatinized starch diet. *Fish Physiology and Biochemistry* 36(3), 491–499.

Li, S., Sang, C., Wang, A., Zhang, J., Chen, N., 2019. Effects of dietary carbohydrate sources on growth performance, glycogen accumulation, insulin signaling pathway and hepatic glucose metabolism in largemouth bass, Micropterus salmoides. *Aquaculture* 513(999), 734391.

Lin, S.M., Shi, C.M., Mu, M.M., Chen, Y.J., Luo, L., 2018. Effect of high dietary starch levels on growth, hepatic glucose metabolism, oxidative status and immune response of juvenile largemouth bass, Micropterus salmoides. *Fish and Shellfish Immunology* 78(December 2017), 121–126.

Lu, S., Wu, X., Gao, Y., Gatlin, D.M., Wu, M., Yao, W., Jin, Z., Li, X., Dong, Y., 2018. Effects of dietary carbohydrate sources on growth, digestive enzyme activity, gene expression of hepatic GLUTs and key enzymes involved in glycolysis-gluconeogenesis of giant grouper Epinephelus lanceolatus larvae. *Aquaculture* 484, 343–350.

Lundblad, K.K., Issa, S., Hancock, J.D., Behnke, K.C., McKinney, L.J., Alavi, S., Prestløkken, E., Fledderus, J., Sørensen, M., 2011. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 169(3–4), 208–217.

Manera, M., Britti, D., 2006. Assessment of blood chemistry normal ranges in rainbow trout. *Journal of Fish Biology* 69(5), 1427–1434.

Moreira, I.S., Peres, H., Couto, A., Enes, P., Oliva-Teles, A., 2008. Temperature and dietary carbohydrate level effects on performance and metabolic utilisation of diets in European sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. *Aquaculture* 274(1), 153–160.

NRC, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press.

Oliva-Teles, A., 2000. Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquaculture International* 8(6), 477–492.

Peragón, J., Barroso, J.B., García-Salguero, L., De La Higuera, M., Lupiáñez, J.A., 1999. Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquaculture*, 179(1–4) 425–437.

Peres, H., Oliva-Teles, A., 2002. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. *Aquaculture*, 205(3–4), 287–299.

Rawles, S.D., Smith, S.B., Gatlin, D.M., 2008. Hepatic glucose utilization and lipogenesis of hybrid striped bass (Morone chrysops × Morone saxatilis) in response to dietary carbohydrate level and complexity. *Aquaculture Nutrition* 14(1), 40–50.

Ren, M., Habte-Tsion, H.M., Xie, J., Liu, B., Zhou, Q., Ge, X., Pan, L., Chen, R., 2015. Effects of dietary carbohydrate source on growth performance, diet digestibility and liver glucose enzyme activity in blunt snout bream, Megalobrama amblycephala. *Aquaculture*, 438, 75–81.

Russell, P.M., Davies, S.J., Gouveia, A., Tekinay, A.A., 2001. Influence of dietary starch source on liver morphology in juvenile cultured European sea bass (Dicentrarchus labrax L.). *Aquaculture Research* 32(1972), 306–314.

Song, X., Marandel, L., Skiba-Cassy, S., Corraze, G., Dupont-Nivet, M., Quillet, E., Geurden, I., Panserat, S., 2018. Regulation by dietary carbohydrates of intermediary metabolism in liver and muscle of two isogenic lines of rainbow trout. *Frontiers in Physiology* 9(NOV), 1–12.

Sørensen, M., 2012. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Aquaculture Nutrition* 18(3), 233–248.

Sørensen, M., Morken, T., Kosanovic, M., Øverland, M., 2011. Pea and wheat starch possess different processing characteristics and affect physical quality and viscosity of extruded feed for Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition* 17(2), e326–e336.

Tekinay, A.A., Davies, S.J., 2001. Dietary Carbohydrate Level Influencing Feed Intake, Nutrient Utilisation and Plasma Glucose Concentration in the Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 25(5), 657–666.

Tester, R.F., Karkalas, J., Qi, X., 2004. Starch - Composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2), 151–165.

Watanabe, T., 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science* 68(2), 242–252.

Yin, F., Yin, Y., Zhang, Z., Xie, M., Huang, J., Huang, R., Li, T., 2011. Digestion rate of dietary starch affects the systemic circulation of lipid profiles and lipid metabolism-related gene expression in weaned pigs. *British Journal of Nutrition* 106(3), 369–377.