

تأثیر افزودن فیبر از منابع و با اندازه مختلف ذرات بر عملکرد و خصوصیات دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی تا سن ۲۱ روزگی

لیلی جمشیدی^۱ و سودابه مرادی^{۲*}

۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۲۵)

چکیده

در این تحقیق، اثر افزودن منابع مختلف فیبر و اندازه ذرات فیبر بر عملکرد و خصوصیات دستگاه گوارش در دوره ۲۱-۱ روزگی جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی در ۷ تیمار آزمایشی و ۶ تکرار به روش فاکتوریل مورد استفاده قرار گرفتند. تیمارهای آزمایشی عبارت از سه منبع فیبر (۳٪) شامل پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا و دو اندازه ذرات فیبر (ریز ۱ میلی‌متر) و درشت (۳ میلی‌متر)) و یک گروه شاهد بودند. آثار اصلی منابع فیبر و اندازه ذرات فیبر بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار نبود ($P>0.05$)، مقایسه تیمارهای آزمایشی نشان داد که به کاربرد پوسته آفتابگردان با اندازه ریز سبب بهبود افزایش وزن بدن نسبت به گروه شاهد می‌شود ($P<0.05$). وزن سنگدان تحت تأثیر اثر اصلی منبع فیبر و اندازه ذرات فیبر قرار نگرفت، اگرچه استفاده از پوسته آفتابگردان با اندازه درشت تمایل به افزایش وزن سنگدان را در مقایسه با شاهد نشان داد ($P=0.08$). جیره‌های حاوی پوسته آفتابگردان و پوسته برنج، وزن نسبی ژژنوم را در مقایسه با پوسته کاملینا افزایش دادند ($P<0.05$). وزن نسبی دئودنوم و ایلئوم، همچنین pH پیش‌معه و سنگدان، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اثر اندازه ذرات فیبر بر وزن سکوم معنی‌دار بود و به کار بردن ذرات درشت در مقایسه با ریز، وزن سکوم را افزایش داد ($P<0.05$). بر اساس نتایج این تحقیق، به کاربرد فیبرهای پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا در جیره جوجه‌های گوشتی به میزان ۳ درصد هیچ‌گونه تأثیر منفی بر روی عملکرد جوجه‌های گوشتی ندارد، در حالی که اضافه کردن پوسته آفتابگردان به جیره، وزن بدن و سنگدان را بهبود می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: اندازه ذرات فیبر، جوجه‌های گوشتی، دستگاه گوارش، منابع فیبر.

The Effect of source and particle size of fiber on performance and gastrointestinal tract characteristics in broiler chickens up to 21 days of age

Leyli Jamshidi¹ and Soudabeh Moradi^{2*}

1, 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

(Received: Apr. 21, 2020 - Accepted: Aug. 15, 2020)

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effects of fiber source and particle size on growth performance and gastrointestinal tract characteristics in broiler chickens from d 1 to 21. A total of 420 male broiler chickens were randomly distributed in 7 treatments and 6 replicates per treatment, which were arranged factorially. Experimental treatments including three insoluble fiber sources, 3% (sunflower hulls, SFH; rice hulls, RH; and camelina hulls, CH), and two sizes of fiber particles (fine (1 mm) and coarse (3 mm)), and a control group (without fiber addition). Main effects of fiber sources and particle size on feed intake, body weight gain and feed conversion ratio were not significant ($P>0.05$), whereas, the inclusion of fine SFH improved body weight gain compared to the control group ($P<0.05$). The main effects of source and size of fibers did not affect gizzard weight, although the inclusion of coarse SFH tended to increase gizzard weight compared to control ($P=0.08$). The SFH and RH-containing diets improved the relative jejunum weight than the CH-containing diet ($P<0.05$). Experimental treatments did not influence the pH of proventriculus and gizzard, as well as the relative weights of duodenum and ileum. The main effect of fiber particle size was significant in term of cecum weight, so that coarse grinding increased cecum weight compared to fine grinding ($P<0.05$). Based on the results of this research, dietary inclusion 3% of sunflower hulls, rice hulls, and camelina hulls in the diet of broilers had no negative impacts on the growth performance of broiler chickens, while diluting the diet with sunflower hulls could improve body weight and gizzard weight.

Keywords: Broiler chickens, fiber particle size, fiber source, gastrointestinal tract.

* Corresponding author E-mail: s.moradi@razi.ac.ir

مقدمه

در دهه گذشته اصلاحاتی بر روی غلظت مواد مغذی، ترکیبات و شکل خوراک با هدف بهبود در مصرف خوراک و بهره‌وری در طیور انجام شده است (Mateos et al., 2002) که شامل افزایش غلظت مواد مغذی همراه با کاهش اندازه ذرات بوده است. این تغییرات منجر به کاهش محتوای فیبر خام جیره گردید که بر روی توسعه و عملکرد اندام‌های گوارشی از جمله سنگدان تأثیرگذار بود (Svihus, 2011). امروزه استراتژی‌های تغذیه‌ای مختلفی برای بهبود عملکرد، توسعه دستگاه گوارش و به حداقل رساندن رشد عوامل بیماری‌زا ارائه شده است. این استراتژی‌ها شامل استفاده از غلات پوسته‌دار (Engberg et al., 2004)، استفاده از اندازه ذرات درشت در خوراک (Engberg et al., 2002) به کار بردن اقلام خوراکی با قابلیت هضم بالا مانند برنج (Gonzalez-Alvarado et al., 2007)، استفاده از مکمل‌های حاوی آنزیم (Lazaro et al., 2003; Garcia et al., 2003) و افزودن مقدار مناسبی فیبر به جیره غذایی (Gonzalez-Alvarado et al., 2008) می‌باشد. در سال‌های اخیر گزارش شده که افزودن مقدار متوسطی از منابع مختلف فیبر به جیره موجب توسعه اندام‌های گوارشی (Gonzalez-Alvarado et al., 2007; Hetland & Svihus, 2007) افزایش ترشح اسیدکلریدریک و اسیدهای صفراوی (Svihus, 2011) بهبود سلامت دستگاه گوارش (Correa-Matos et al., 2003; Perez et al., 2011) و نهایتاً بهبود عملکرد رشد (Gonzalez-Alvarado et al., 2010; Sklan et al., 2003) و رفاه حیوان می‌گردد (Van Krimpen et al., 2009). نوع فیبر خوراک ممکن است به شکل‌های مختلفی بر سلامت و توسعه دستگاه گوارش و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی تأثیرگذار باشد (Gonzalez-Alvarado et al., 2008). افزودن ۱۰٪ پوسته یولاف به جیره جوجه‌های گوشتی موجب افزایش قابلیت هضم نشاسته‌گندم و تحریک فعالیت سنگدان گردید (Rogel et al., 1987; Hetland & Svihus, 2001).

در گزارش Jimenez-Moreno et al. (2010) تأثیر نوع و اندازه ذرات فیبر (سلولز و پوسته یولاف) بر عملکرد

و توسعه دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت و بیان شد که افزودن فیبر به جیره، موجب بهبود ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن جوجه‌ها شد، در حالی‌که استفاده از ۳ درصد پوسته آفتابگردان در جیره جوجه گوشتی بر خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی تأثیری نداشت (Jimenez-Moreno et al., 2009). ساختار و ترکیب شیمیایی ذرات غذایی در جیره، بر روی خواص فیزیکی شیمیایی مواد هضمی (Lentle & Janssen, 2008) و رشد میکروفلور دستگاه گوارش (Branton et al., 1997; Dahiya et al., 2006) مؤثر می‌باشد. به کار بردن منابع فیبر مثل پوسته یولاف به میزان ۳ درصد در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، سبب تحریک فعالیت سنگدان و کاهش pH سنگدان گردید (Gonzalez-Alvarado et al., 2008).

در گذشته تصور بر این بود که ذرات ریز به دلیل افزایش سطح و دسترسی آنزیم‌ها گوارشی به ذرات، سبب افزایش مصرف مواد مغذی و بازدهی رشد می‌شوند (Behnke, 2001)، اگرچه گزارش شده ذرات ریز منابع فیبری می‌تواند موجب اختلال در عملکرد سنگدان، کاهش قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد جوجه‌های گوشتی گردد. در حالی‌که ذرات درشت نسبت به ذرات ریز، زمان طولانی‌تری در سنگدان باقی می‌مانند و موجب افزایش تحرک دستگاه گوارش، افزایش رفلکس مواد هضمی از دئودنوم به سنگدان و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی می‌گردند (Rogel et al., 1987). با توجه به نتایج متناقضی که در مورد اثر اندازه ذرات گزارش شده است، فرضیه این تحقیق این بود که منابع مختلف فیبر در اندازه‌های مختلف می‌توانند آثار متفاوتی بر عملکرد و توسعه دستگاه گوارش داشته باشند. لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثر رقیق‌سازی جیره با منابع مختلف فیبر شامل پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته دانه روغنی کاملینا (اولین بار در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته) با اندازه ذرات مختلف (ریز و درشت) بر عملکرد و خصوصیات دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۴۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه

پیش‌معدده، سنگدان، دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم (از زائده میکل تا تقاطع ایلئوسکال) و روده کور با استفاده از ترازو دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. میزان pH محتویات سنگدان و پیش‌معدده با استفاده از pH متر دیجیتالی (Ezodo تایوان مدل ۷۰۱۲) در سه نقطه مختلف اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه گردید.

ترکیب شیمیایی منابع فیبر بر اساس روش‌های متداول AOAC (2005) اندازه‌گیری و مقدار ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام تعیین شد. برای تعیین میانگین قطر هندسی ذرات منابع فیبر مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه توزین و با استفاده از شیکر الک‌دار با اندازه مختلف الک با قطر منافذ ۷۵، ۱۵۰، ۴۲۰، ۶۰۰، ۸۵۰، ۱۴۰۰ و ۲۰۰۰ میکرومتر به مدت ۱۵ دقیقه الک شد. سپس مقدار باقی‌مانده روی هر الک وزن شد و بصورت نسبتی از کل نمونه اولیه بیان شد در نهایت میانگین قطر هندسی (GMD: Geometric Mean Diameter) و انحراف استاندارد هندسی (GSD: Geometric standard deviation) منابع فیبر محاسبه شد (Baker & Herman, 2002). برای تعیین ظرفیت نگهداری آب (WHC: Water Holding Capacity)، یک گرم نمونه خشک شده با سه تکرار به مدت ۱۸ ساعت در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر به حالت معلق درآمد و سپس با استفاده از کروسبیل‌های شیشه‌ای فیلتردار، فیلتر شد. نمونه‌های فیلتر شده پس از ده دقیقه قرار گرفتن در هوای آزاد، توزین شدند و ظرفیت نگهداری آب به صورت آب باقی‌مانده در نمونه به‌صورت لیتر در کیلوگرم ماده خشک بیان شد (Giger-Reverdin, 2000). جهت اندازه‌گیری ظرفیت تورم آب (SWC: Swelling Water Capacity)، مقدار یک گرم از هر نمونه در سه تکرار در ۱۰ سی‌سی آب مقطر در یک استوانه مدرج خیس‌انده شد و سپس با استفاده از یک همزن به مدت ۵ دقیقه به آرامی با آب مقطر مخلوط شد، بعد از آن به مدت ۱۸ ساعت به حالت ساکن در دمای اتاق نگهداری شد. بعد از متعادل کردن نمونه، حجم آن ثبت شد و به‌صورت میلی‌لیتر به ازای گرم ماده خشک بیان شد (Jimenez-Moreno et al., 2009).

آبراکرز پلاس با میانگین وزن اولیه 44 ± 1 گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی و به روش آزمایش فاکتوریل با ۷ تیمار و ۶ تکرار به ازاء هر تیمار و ۱۰ قطعه جوجه در هر واحد آزمایشی به مدت ۲۱ روز بر روی بستر استفاده شد. درجه حرارت سالن در بدو ورود جوجه‌ها ۳۲-۳۳ درجه سانتی‌گراد بود و سپس هر هفته ۳ درجه از آن کاسته شد تا در سن ۲۱ روزگی به ۲۶ درجه سانتی‌گراد رسید و تا آخر دوره حفظ گردید. میزان رطوبت نسبی سالن ۶۰-۵۰ درصد در طول دوره پرورش بود. برنامه نوردی سالن بدین صورت بود که ۷۲ ساعت اول، روشنایی کامل، سپس ۱ ساعت تاریکی از سن ۴ تا ۷ روزگی، ۴ ساعت تاریکی از سن ۸ تا ۲۱ روزگی، اعمال گردید. در طول دوره آزمایش دسترسی به خوراک و آب آشامیدنی آزاد بود.

تیمارهای آزمایشی عبارت از سه منبع پوسته آفتابگردان، پوسته برنج، پوسته کاملینا (هر کدام به میزان ۳٪) و دو اندازه ذرات فیبر (ذرات ریز (الک ۱ میلی‌متر) و ذرات درشت (الک ۳ میلی‌متر) به‌علاوه یک گروه شاهد بر پایه ذرت و کنجاله سویا (بدون افزودن منبع فیبر) بودند. جیره پایه بر اساس نیازمندی‌های تغذیه‌ای سویه ابراکرز پلاس تنظیم شد، اجزا و آنالیز مواد مغذی جیره پایه در جدول ۱ گزارش شده است. ابتدا جیره پایه ساخته شد و بر اساس تیمارهای آزمایشی با منابع فیبر مورد استفاده به میزان ۳ درصد اضافه شد. منابع فیبر با استفاده از آسیاب چکشی و با الک سایز ۱ و ۳ میلی‌متر آسیاب و جیره‌های آزمایشی به شکل آردی تهیه شدند.

اندازه‌گیری‌های انجام‌شده

مصرف خوراک و وزن بدن به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شد و افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. تعداد و وزن تلفات نیز به صورت روزانه ثبت شد و داده‌های مصرف خوراک و ضریب تبدیل بر اساس تلفات تصحیح گردید. به منظور تشریح لاشه و اندازه‌گیری قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش در روز ۲۱ دوره آزمایش، به‌صورت تصادفی ۴ پرنده از هر تکرار با وزن نزدیک به میانگین هر پن انتخاب، توزین و کشتار گردید و وزن نسبی

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ (SAS, 2004) انجام شد. برای تعیین آثار اصلی فیبر و اندازه ذرات از آزمایش فاکتوریل ۳×۲ استفاده شد. برای مقایسه گروه کنترل با تیمارهای آزمایشی، داده‌های به صورت طرح کاملاً تصادفی تجزیه شدند. برای هر دو تجزیه، رویه GLM مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد و سطح احتمال ۰/۱ جهت بیان تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی، میانگین قطر هندسی ذرات فیبر، ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تورم آب منابع فیبری در جدول ۲ گزارش شده است. پوسته آفتابگردان دارای کمترین میزان فیبر خام بود، مقدار فیبر خام پوسته آفتابگردان ۴۰/۵ درصد، پوسته برنج ۵۰/۵ درصد و پوسته کاملینا ۴۹/۵ درصد بود. میزان خاکستر پوسته برنج از دو منبع دیگر بالاتر بود (۱۹/۱) در مقابل ۹/۵ و ۷ درصد به ترتیب در مورد پوسته آفتابگردان و پوسته کاملینا) که این دلیل وجود سیلیس زیاد در پوسته برنج می‌باشد. بالاترین میزان GMD مربوط به پوسته آفتابگردان درشت و کمترین GMD مربوط به پوسته آفتابگردان ریز می‌باشد، همچنین پوسته آفتابگردان که با الک ۳ میلی‌متر آسیاب شده بود دارای بالاترین میزان WHC و SWC در مقایسه با دو منبع فیبر دیگر بود.

اثر تیمارهای مختلف بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی از سن ۱ تا ۲۱ روزگی در جدول ۳ ارائه شده است. مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$)، آثار اصلی منابع فیبر، اندازه ذرات فیبر و اثر متقابل بین آنها بر افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$)، در مقابل، مقایسه تیمارهای آزمایشی با گروه شاهد نشان داد که استفاده از پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ریز منجر به افزایش معنی‌دار وزن بدن در مقایسه با گروه شاهد ($P < 0.01$) گردید. علاوه بر این، افزودن پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ریز، ضریب تبدیل

غذایی را در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی به غیر از کنترل و پوسته برنج ریز، بهبود داد ($P < 0.05$).

جدول ۱. ترکیب مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی

محاسبه‌شده و آنالیزشده جیره پایه

Table 1. Ingredient composition¹, calculated analysis and analyzed values (g/kg, as fed basis, unless stated otherwise) of the basal diet

Ingredients	g/kg
Corn	597.0
Soybean meal (44%)	321.5
Soybean oil	24.5
Corn gluten	10.0
Dicalcium phosphate	24.5
Limestone	10.4
Sodium chloride	2.5
Sodium bicarbonate	1.2
Vit & Min premix ²	5.0
DL-Methionine (99%)	2.0
L-Lysine HCL	1.3
L-Threonine	0.1
Calculated Analysis	
AMEn, Kcal/kg	3000.0
Crude Protein	208.0
Lysine	10.6
Methionine	4.9
Methionine + cysteine	7.8
Threonine	6.8
Tryptophan	21.0
Calcium	9.4
Available Phosphorus	4.5
Sodium	1.6
Analyzed Values	
Dry matter	911.0
Crude Protein	199.3
Ash	51.5
Crude Fiber	29.0

1. According to NRC 1994

2. Supplied per kg of diet: vitamin A, 11 000 IU; vitamin D3, 5000 IU; vitamin E, 36.75 IU; vitamin K3, 3.4 mg; vitamin B1, 1.98 mg; vitamin B2, 5.25 mg; pantothenic acid, 10.5 mg; niacin, 31.5 mg; vitamin B6, 2.87 mg; folic acid, 1.2 mg; vitamin B12, 0.024 mg; biotin, 0.105 mg; choline, 800 mg; manganese, 120 mg; zinc, 100 mg; iron, 50 mg; copper, 12 mg; iodine, 1.3 mg; selenium, 0.3 mg; antioxidant, 100 mg.

نتایج متضادی در مورد تأثیر فیبر بر عملکرد در منابع گزارش شده است. Jimenez-Moreno *et al.* (2009, 2010) بیان کردند که استفاده از ۳ درصد پوسته آفتابگردان و پوسته یولاف در جیره جوجه‌های گوشتی در دوره ۱ تا ۲۱ روزگی بر روی خوراک مصرفی هیچ گونه تأثیری ندارد، در حالی که Amerah *et al.* (2009) گزارش کردند که استفاده از ۶ درصد سلولز به‌عنوان منبع فیبر سبب افزایش خوراک مصرفی می‌شود. در تطابق با نتایج این تحقیق، بهبود افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی که با ۳ درصد پوسته آفتابگردان در جیره تغذیه شدند گزارش شده است (Kimiaetalab *et al.*, 2017).

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی منابع فیبر
Table 2. Chemical composition and physico-chemical properties of fiber sources

	Sunflower Hulls		Rice Hulls		Camelina Hulls	
Chemical Analysis, %						
Dry Matter	94.2		94.96		92.3	
Crude Protein	7.72		2.8		2.56	
Ether Extract	2.58		2.03		3.58	
Crude Fiber	40.52		50.74		49.55	
Ash	9.58		19.18		6.99	
Physical Properties						
Screen size (µm)	Percentage of particles					
	Sunflower Hulls		Rice Hulls		Camelina Hulls	
	Fine	Coarse	Fine	Coarse	Fine	Coarse
2000	10.54	0.27	1.08	25.73	0.29	7.15
1400	0.31	30.18	7.51	14.334	3.32	44.8
850	0.89	23.15	54.33	34.67	23.48	23.45
600	30.28	9.52	15.15	13.1	21.66	7.29
420	16.75	7.96	6.57	3.7	11.76	2.56
150	39.42	12.84	12.86	7.54	27.89	8.63
<75	12.08	5.81	2.5	1.02	11.6	6.12
GMD±GSD ¹ (µm)	342±2.1	1266±1.9	783±1.9	1111±1.9	449±2.4	986±2.4
WHC (L/kg of DM)	2.69	3.27	1.7	2.24	2.25	2.92
SWC (L/kg of DM)	0.75	2	0.75	1	0.75	1

1. Log normal SD, GMD: geometric mean diameter; WHC: water-holding capacity; SWC: swelling water capacity
Fine and coarse grades were achieved using screen sizes of 1.0 and 3.0 mm, respectively.

جدول ۳. اثر منبع و اندازه ذرات فیبر بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در سن ۱ تا ۲۱ روزگی
Table 3. Influence of sources and particle size of dietary fiber on growth performance in broiler chicken on d 1-21

Treatments		Feed intake (g/bird)	BWG (g/bird)	FCR (g/g)
Control	-	887.29	483.42 ^b	1.76 ^{ab}
Sunflower hull	Fine	1046.98	606.93 ^a	1.63 ^b
Sunflower hull	Coarse	937.28	525.90 ^b	1.82 ^a
Rice hull	Fine	915.60	526.43 ^b	1.75 ^{a,b}
Rice hull	Coarse	926.36	511.77 ^b	1.86 ^a
Camelina hull	Fine	921.11	501.65 ^b	1.95 ^a
Camelina hull	Coarse	965.17	528 ^b	1.86 ^a
SEM		60.06	27.82	0.06
P- value		0.29	0.009	0.011
Main effects				
Fiber sources	Sunflower hull	968.03	539.53	1.79
	Rice hull	938.33	523.60	1.78
	Camelina hull	950.18	537.22	1.83
	SEM	46.89	23.23	0.057
Fiber particle size	Fine	951.34	537.64	1.80
	Coarse	953.01	529.26	1.81
	SEM	38.28	18.97	0.046
Probabilities, P<				
Fiber source		0.84	0.79	0.65
Fiber particle size		0.96	0.68	0.8
Fiber source× Fiber particle size		0.41	0.34	0.55

Fine and coarse grades were achieved using screen sizes of 1.0 and 3.0 mm, respectively.
Means within a column followed by the same letter are not significantly different at P > 0.05.

افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی با افزودن منابع فیبر به جیره پایه با سطح فیبر پایین مشاهده کردند که بهبود عملکرد در مورد جیره پلت شده در مقایسه با جیره آردی بیشتر مشهود بود. در آزمایش حاضر، رقیق‌سازی جیره با پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ریز، وزن بدن را در مقایسه با جیره کنترل (بدون افزودن منبع فیبر) بهبود داد. Moradi et al. (2020) نشان داد که رقیق کردن جیره جوجه‌های گوشتی با پوسته آفتابگردان وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی را در مقایسه با لیگنوسلولز و پوسته برنج افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای که توسط Jimenez-Moreno et al. (2010) انجام شد اثر نوع و اندازه ذرات فیبر (سلولز و پوسته یولاف) بر روی عملکرد و توسعه دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی در دوره ۲۱-۰ روزگی مورد بررسی قرار گرفت و گزارش کردند که افزودن منابع فیبر در سطح ۳ درصد به جیره موجب بهبود ضریب تبدیل غذایی و افزایش وزن جوجه‌ها می‌گردد. در تحقیق Jimenez-Moreno et al. (2016)، آثار استفاده از ۲/۵ و ۵ درصد منابع مختلف فیبر نامحلول شامل پوسته یولاف، پوسته برنج و پوسته آفتابگردان بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی بررسی شد و بهبود

می‌یابد (Hetland *et al.*, 2005) که منجر به اتساع فیزیکی دیواره سنگدان، افزایش فعالیت و نمو بیشتر سنگدان (Gonzalez-Alvarado *et al.*, 2008) می‌گردد، که به وسیله نتایج این تحقیق تایید گردید. وزن نسبی سنگدان تحت تأثیر اثرات اصلی و متقابل تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴)، در حالی که به کاربردن پوسته آفتابگردان درشت (۳ میلی‌متر) تمایل به افزایش وزن سنگدان در مقایسه با گروه شاهد را نشان داد ($P=0/08$).

González-Alvarado *et al.* (2008) گزارش کردند که منابع فیبری مانند پوسته یولاف که آسیاب کردن آنها سخت تر از سایر منابع فیبری می باشد منجر به توسعه لایه عضلانی سنگدان می‌شود که در این پژوهش پوسته آفتابگردان با ذرات درشت دارای پوسته محکم‌تر و آسیاب کردن دشوارتری بود و وزن سنگدان را افزایش داد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فیبر بر آناتومی و فیزیولوژی دستگاه گوارش مؤثر می‌باشد و یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی ارزش تغذیه‌ای جیره‌های حاوی فیبر در طیور می‌باشد. اندازه ذرات فیبر، ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت تورم در آب، مقاومت در برابر خرد شدن، میزان فیبر جیره پایه، قابلیت ارتجاعی دیواره سلول و سن پرنده از عوامل تأثیرگذار بر پاسخ پرنده به افزودن فیبر می‌باشند (Jimenez-Moreno *et al.*, 2019). در این تحقیق، در بین منابع فیبر، پوسته آفتابگردان با سایز درشت دارای بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب بود و پس از آن بالاترین ظرفیت نگهداری آب متعلق به پوسته کاملینا درشت و پوسته آفتابگردان ریز بود. چنانچه منبع فیبر دارای ظرفیت نگهداری بالای آب باشد، زمان ماندگاری محتویات هضمی بدلیل حجم بیشتر محتویات هضمی در ابتدای دستگاه گوارش، به ویژه سنگدان افزایش

جدول ۴. اثر منبع و اندازه ذرات فیبر بر وزن نسبی اندام‌های گوارشی در سن ۲۱ روزگی (گرم بر کیلوگرم وزن بدن)

Table 4. Effect of source and particle size of fiber on relative weight of digestive organs on d 21 (g/kg BW)

Diet		Proventriculus	Gizzard	Duodenum	Jejunum	Ileum	Cecum
Control	-	0.70	3.43 ^b	1.37	3.86 ^a	3.24 ^{ab}	0.71 ^b
Sunflower hulls	Fine	0.69	3.59 ^{ab}	1.40	3.62 ^{ab}	3.45 ^a	0.86 ^{ab}
Sunflower hulls	Coarse	0.71	3.89 ^a	1.36	3.46 ^b	2.97 ^b	0.82 ^{ab}
Rice hulls	Fine	0.67	3.62 ^{ab}	1.46	3.71 ^{ab}	3.30 ^{ab}	0.84 ^{ab}
Rice hulls	Coarse	0.70	3.84 ^{ab}	1.41	3.71 ^{ab}	3.15 ^{ab}	0.85 ^{ab}
Camelina hulls	Fine	0.69	3.60 ^{ab}	1.36	3.62 ^{ab}	3.42 ^a	0.77 ^{ab}
Camelina hulls	Coarse	0.71	3.53 ^{ab}	1.35	3.77 ^{ab}	3.28 ^{ab}	1.02 ^a
	SEM	0.046	0.21	0.071	0.20	0.21	0.17
	P- value	0.93	0.08	0.56	0.13	0.024	0.04
Main effects							
Fiber sources	Sunflower hulls	0.69	3.72	1.38	3.73 ^a	3.08	0.84
	Rice hulls	0.70	3.72	1.39	3.76 ^a	3.28	0.83
	Camelina hulls	0.70	3.60	1.40	3.50 ^b	3.31	0.91
	SEM	0.033	0.16	0.054	0.14	0.15	0.12
Fiber particle size							
	Fine	0.70	3.75	1.37	3.64	3.24	0.95 ^a
	Coarse	0.69	3.61	1.41	3.69	3.20	0.77 ^b
	SEM	0.027	0.13	0.044	0.11	0.12	0.10
Probabilities, P<							
Fiber source		0.097	0.57	0.8	0.04	0.12	0.69
Fiber particle size		0.85	0.17	0.18	0.51	0.69	0.03
Fiber source× Fiber particle size		0.31	0.87	0.051	0.77	0.63	0.3

Fine and coarse grades were achieved using screen sizes of 1.0 and 3.0 mm, respectively.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P > 0.05$.

میلی متر افزایش یافت ($P < 0.05$). اثر اصلی اندازه ذرات فیبر بر وزن سکوم معنی دار بود ($P < 0.05$), به طوریکه، به کار بردن ذرات ریز (۱ میلی متر) در مقایسه با ذرات درشت فیبر (۳ میلی متر)، وزن سکوم را افزایش داد. همچنین در مقایسه بین تیمارهای مختلف با گروه شاهد، وزن سکوم در جوجه‌هایی که پوسته کاملینا با اندازه ذرات ۳ میلی متر دریافت کرده بودند نسبت به گروه شاهد بطور معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$). تمام موادی که از هضم روده‌ای عبور می‌کنند نمی‌توانند وارد سکوم شوند، فقط موادی با اندازه ذرات ریز یا محلول، وزن مولکولی کم و مولکولهای غیر ویسکوز می‌توانند به منظور تخمیر وارد روده کور شوند (Svihus et al., 2013) که می‌تواند توجیه کننده نتایج این آزمایش مبنی بر ورود ذرات ریز فیبر به روده کور و افزایش تخمیر و وزن روده کور باشد.

Jimenez-Moreno et al. (2011) گزارش کردند که افزودن پوسته نخود به جیره وزن نسبی پیش معده را افزایش داد، همچنین این پژوهشگر در سال ۲۰۱۳ گزارش کرد که ذرات ریز یولاف و تفاله چغندر قند موجب کاهش وزن نسبی اندام های گوارشی می‌شود. از طرفی Amerah et al. (2009) نیز گزارش کردند که سلولز اثری بر روی وزن روده کور در جوجه‌های گوشتی نداشت. Sadeghi et al. (2015) نیز گزارش کردند که استفاده از فیبر نامحلول بر روی روده کور جوجه‌های گوشتی اثری نداشت که مخالف با نتایج حاضر بود.

Jiménez-Moreno et al. (2011) بیان کردند که استفاده از سطوح مختلف پوسته نخود درجیره به‌عنوان فیبر نامحلول وزن نسبی روده کور را افزایش داد. همچنین Jiménez-Moreno et al. (2016) گزارش کردند که تغذیه جوجه‌های گوشتی با تفاله چغندر قند و یا پوسته یولاف موجب افزایش وزن نسبی روده کور گردید که هم‌راستا با نتایج این تحقیق بود.

اثر منبع فیبر و اندازه ذرات فیبر بر pH سنگدان و پیش‌معده در سن ۲۱ روزگی معنی‌دار نبود (جدول ۵). همچنین تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد، pH سنگدان و پیش‌معده را تحت تأثیر قرار ندادند.

Jimenez-Moreno et al. (2010) افزایش وزن نسبی سنگدان جوجه‌های گوشتی در جیره حاوی پوسته یولاف و تفاله چغندر قند در مقایسه با سلولز را گزارش کردند، همین‌طور Guzman et al. (2015) بیان کردند که استفاده از منابع فیبری شامل ۲ یا ۴ درصد کاه یا تفاله چغندر قند، وزن نسبی سنگدان جوجه‌های گوشتی را در ۵ و ۱۰ هفتگی افزایش می‌دهد، درحالی‌که Rezaie et al. (2011) مشاهده کردند که وزن نسبی اندام‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی با استفاده از سطوح مختلف فیبر لیگنوسلولز تحت تأثیر قرار نگرفت. اثر اصلی منبع فیبر بر وزن نسبی پیش-معده ($P = 0.09$)، تمایل به معنی‌داری را نشان داد، و افزودن پوسته برنج و کاملینا به جیره منجر به افزایش وزن پیش‌معده در مقایسه با پوسته آفتابگردان گردید. در یک تحقیق نشان داده شد که تغذیه جوجه‌های گوشتی با ۳ درصد پوسته آفتابگردان باعث افزایش وزن نسبی سنگدان در ۹ روزگی شد (Kimiaetalab et al., 2017)، افزودن فیبر به جیره غذایی سبب افزایش زمان ماندگاری مواد هضمی در قسمت بالایی دستگاه گوارش می‌شود که این امر منجر به تحریک بهبود عملکرد سنگدان، افزایش ترشح اسیدکلریدریک و اسیدهای صفراوی می‌شود، به‌علاوه یک سنگدان که بخوبی توسعه یافته است ممکن است برگشت خوراک از دئودنوم به سنگدان را افزایش دهد و این موضوع منجر به تهسیل مخلوط شدن شیرابه گوارشی با آنزیم‌های هضمی شده و درنتیجه موجب بهبود هضم و مصرف مواد مغذی می‌گردد (Jimenez-Moreno et al., 2011; Hetland et al., 2003; Gabriel et al., 2005).

وزن نسبی دئودنوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). اثرات اصلی منبع فیبر بر روی وزن ژژنوم معنی‌دار بود، بطوریکه وزن ژژنوم در جوجه‌هایی که با جیره حاوی پوسته آفتابگردان و پوسته برنج تغذیه شدند در مقایسه با پوسته کاملینا افزایش یافت ($P < 0.05$). اثر منبع فیبر و اندازه ذرات فیبر بر وزن ایلئوم غیر معنی‌دار بود، اما در مقایسه بین تیمارها، وزن ایلئوم در تیمارهای پوسته آفتابگردان و پوسته کاملینا با اندازه ذرات ۱ میلی‌متر نسبت به تیمار پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات ۳

اسیدکلریدریک و کاهش pH سنگدان جوجه‌های گوشتی می‌شود. در این مطالعه، اثر فیبر بر روی pH پیش‌معدة و سنگدان معنی‌دار نبود که ممکن است مربوط به خصوصیات فیزیکیوشیمیایی منابع فیبر و اندازه ذرات فیبر مورد استفاده باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که رقیق‌سازی جیره جوجه‌های گوشتی به میزان ۳ درصد با هر سه منبع فیبر مورد استفاده در این آزمایش، علی‌رغم کاهش غلظت مواد مغذی جیره پایه، هیچ‌گونه اثر منفی بر ویژگی‌هایی عملکردی شامل مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی ندارد، و اثرات مثبتی در نتیجه افزودن پوسته آفتابگردان به جیره نظیر بهبود افزایش وزن بدن و توسعه سنگدان مشاهده شد. با توجه به اینکه، هزینه جیره، بخش قابل توجهی از هزینه‌های پرورش جوجه‌های گوشتی را شامل می‌شود، می‌توان به صورت کاربردی از پوسته آفتابگردان در جیره جهت کاهش قیمت و افزایش عملکرد استفاده کرد.

بیشتر مطالعاتی که بر روی منابع فیبر انجام شده، کاهش pH قسمتهای ابتدایی دستگاه گوارش به ویژه سنگدان را گزارش کرده اند که دلیل آن، افزایش مدت زمان ماندن مواد هضمی در قسمت بالایی دستگاه گوارش و تحریک ترشح اسیدکلریدریک می باشد (Duke, 1986). کاهش pH سنگدان با جیره های حاوی پوسته سویا و پوسته یولاف (Jimenez-Moreno *et al.*, 2009) و پوسته نخود (Jimenez-Moreno *et al.*, 2011) گزارش شده است هر چند که با افزایش سطح نخود به بیش از ۲/۵ درصد تغییری در pH سنگدان مشاهده نشد. این محققین افزایش وزن نسبی سنگدان و کاهش در pH سنگدان جوجه‌های تغذیه‌شده با تفاله چغندر قند و پوسته یولاف در سن ۳۶ روزگی را گزارش کردند، هر چند که Jimenez-Moreno *et al.* (2009) گزارش کردند که زمانی که جوجه‌ها با تیمارهای حاوی سلولز تغذیه شدند، تغییری در pH سنگدان مشاهده نشد. همچنین Gonzalez-Alvarado *et al.* (2008) گزارش کردند افزودن ۳ درصد پوسته یولاف و برنج به جیره سبب افزایش حجم مواد هضمی و تحریک ترشح

جدول ۵. اثر منبع و اندازه ذرات فیبر بر pH سنگدان و پیش‌معدة در سن ۲۱ روزگی

Table 5. Effect of source and particle size of fiber on pH of proventriculus and gizzard on d 21

Treatments		Proventriculus	Gizzard
Control	-	3.13	2.27
Sunflower hull	Fine	3.19	2.06
Sunflower hull	Coarse	3.13	1.95
Rice hull	Fine	3.11	1.98
Rice hull	Coarse	3.07	2.06
Camelina hull	Fine	3.27	2.33
Camelina hull	Coarse	3.38	2.04
SEM		0.17	0.23
P-value		0.236	0.714
Main effects			
Fiber source	Sunflower	3.13	1.98
	Rice	3.25	2.10
	Camelina	3.20	2.13
	SEM	0.16	0.17
Particle size	Fine	3.18	2.14
	Coarse	3.20	2
	SEM	0.13	0.14
Probabilities, P<			
Fiber source		0.514	0.568
Fiber particle size		0.238	0.854
Fiber source× Fiber particle size		0.579	0.216

Fine and coarse grades were achieved using screen sizes of 1.0 and 3.0 mm, respectively.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P > 0.05$.

REFERENCES

1. Amerah, A., Ravindran, V. & Lentle, R. (2009). Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, 50(3), 366-375.
2. AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. AOAC Int.,
3. Baker, S. & Herrman, T. (2002). *Evaluating Particle Size MF-2051 Feed Manufacturing*. Kansas State University, Manhattan, KS, US.
4. Behnke, K. (2001). Factors affecting pellet quality. *Maryland Nutrition Conference*, Department of Poultry Science and Animal Science, University of Maryland." Feed Tech. cbna. com. br.
5. Branton, S., Lott, B., Deaton, J., Maslin, W., Austin, F., Pote, L., Keirs, R., Latour, M. & Day, E. (1997). The effect of added complex carbohydrates or added dietary fiber on necrotic enteritis lesions in broiler chickens. *Poultry Science*, 76(1), 24-28.
6. Correa-Matos, N. J., Donovan, S. M., Isaacson, R. E., Gaskins, H. R., White, B. A & Tappenden, K. A. (2003). Fermentable fiber reduces recovery time and improves intestinal function in piglets following Salmonella typhimurium infection. *The Journal of Nutrition*, 133(6), 1845-1852.
7. Dahiya, J., Wilkie, D., Van Kessel, A. & Drew, M. (2006). Potential strategies for controlling necrotic enteritis in broiler chickens in post-antibiotic era. *Animal Feed Science and Technology*, 129(1-2), 60-88.
8. Duke, G. E. (1986). Alimentary canal: secretion and digestion, special digestive functions, and absorption. In *Avian Physiology* (pp. 289-302). Springer, New York, NY.
9. Engberg, R. M., Hedemann, M. S. & Jensen, B. B. (2002). The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science*, 43(4), 569-579.
10. Engberg, R. M., Hedemann, M. S., Steinfeldt, S. & Jensen, B. B. (2004). Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. *Poultry Science*, 83(6), 925-938.
11. Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Fort, G. & Naciri, M. (2003). Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poultry Science*, 82(11), 1668-1676.
12. Giger-Reverdin, S. (2000). Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 86(1-2), 53-69.
13. Gonzalez-Alvarado, J., Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Sanchez, D., Lazaro, R & Mateos, G. (2010). Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 162(1-2), 37-46.
14. Gonzalez-Alvarado, J., Jimenez-Moreno, E., Lazaro, E. & Mateos, G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86(8), 1705-1715.
15. Gonzalez-Alvarado, J., Jimenez-Moreno, E., Valencia, D., Lazaro, R. & Mateos, G. (2008). Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science*, 87(9), 1779-1795.
16. Gracia, M., Latorre, M., Garcia, M., Lazaro, R. & Mateos, G. (2003). Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. *Poultry Science*, 82(8), 1281-1291.
17. Guzman, P., Saldana, B., Kimiaetalab, M., Garcia, J & Mateos, G. (2015). Inclusion of fiber in diets for brown-egg laying pullets: Effects on growth performance and digestive tract traits from hatching to 17 weeks of age. *Poultry Science*, 94(11), 2722-2733.
18. Hetland, H. & Svihus, B. (2001). Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. *British Poultry Science*, 42(3), 354-361.
19. Hetland, H. & Svihus, B. (2007). Inclusion of dust bathing materials affects nutrient digestion and gut physiology of layers. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 22-26.
20. Hetland, H., Svihus, B. & Choct, M. (2005). Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 38-46.
21. Jimenez-Moreno, E., De Coca-Sinova, A., Gonzalez-Alvarado, J. & Mateos, G. G. (2016). Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. *Poultry Science*, 95, 41-52.
22. Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J. M., Gonzalez-sanchez, D., Lazaro, R. & Mateos, G. G. (2010). Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, 89, 2197-2212.
23. Jimenez-Moreno, E., Chamorro, S., Frikha, M., Safaa, H., Lazaro, R. & Mateos, G. G. (2011). Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance, development of the gastrointestinal tract, and nutrient retention of broilers from one to eighteen days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1-2), 100-112.

24. Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J., de Coca-Sinova, A., Lazaro, R. P., Camara, L. & Mateos, G. G. (2019). Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. *Poultry Science*, 0, 1-17.
25. Jimenez-Moreno, E., Gonzalez-Alvarado, J., Lazaro, R. & Mateos, G. (2009). Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poultry Science*, 88(9), 1925-1933.
26. Kimiaetalab, M. V., Camara, L., Mirzaie Goudarzi, S. M., Jimenez-Moreno, E. & Mateos G. G. (2017). Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study. *Poultry Science*, 96, 581-592.
27. Lazaro, R., Garcia, M., Medel, P & Mateos, G. G. (2003). Influence of enzymes on performance and digestive parameters of broilers fed rye-based diets. *Poultry Science*, 82(1), 132-140.
28. Lentle, R. & Janssen, P. (2008). Physical characteristics of digesta and their influence on flow and mixing in the mammalian intestine: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 178(6), 673-690.
29. Mateos, G. G., Lazaro, R. & Gracia, M. (2002). The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(4), 437-452.
30. Moradi, S., Moradi, A., Atabaigi Elmi, V. & Abdollahi, M, R. (2020). The effect of corn particle size and different insoluble fiber sources on growth performance and carcass and gastrointestinal tract characteristics of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science*, 51(2), 151-161.(In Farsi)
31. Perez, V., Jacobs, C., Barnes, J., Jenkins, M., Kuhlenschmidt, M. S., Fahey Jr, G., Parsons, C. M. & Pettigrew, J. (2011). Effect of corn distillers dried grains with solubles and Eimeria acervulina infection on growth performance and the intestinal microbiota of young chicks. *Poultry Science*, 90(5), 958-964.
32. Rezaei, M., Karimi Torshizi, M. & Rouzbehan, Y. (2011). The influence of different levels of micronized insoluble fiber on broiler performance and litter moisture. *Poultry Science*, 90(9), 2008-2012.
33. Rogel, A., Balnave, D., Bryden, W. & Annison, E. (1987). Improvement of raw potato starch digestion in chickens by feeding oat hulls and other fibrous feedstuffs. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38(3), 629-637.
34. SAS. (2004). Institute. SAS User's Guide. Statistics, Version 9. 2. 2004 ed. SAS Institute Inc, Cary, NC.
35. Sklan, D., Smirnov, A. & Plavnik, I. (2003). The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *British Poultry Science*, 44(5), 735-740.
36. Svihus, B. (2011) The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 207-224.
37. Svihus, B., Choct, M. & Classen, M. (2013) Functional and nutritional roles of the avian caeca: a review. *World's Poultry Science Journal*, 69, 249-263.
38. Valencia-Sanchez, M. A., Liu, J., Hannon, G. J. & Parker, R. (2006). Control of translation and mRNA degradation by miRNAs and siRNAs. *Genes & Development*, 20(5), 515-524.
39. Van Krimpen, M., Kwakkel, R., Van der Peet-Schwering, C., Den Hartog, L. & Verstegen, M. (2009). Effects of nutrient dilution and nonstarch polysaccharide concentration in rearing and laying diets on eating behavior and feather damage of rearing and laying hens. *Poultry Science*, 88(4), 759-773.