

Comparison of different feed additives in diet containing barley with different particle sizes on growth performance, cecal microbial population and morphology of the small intestine of broiler chickens

Abstract

Study background: the use of different additives can partially reduce the negative effects caused by NSP of cereals. **Objective:** The present study was conducted to investigate the effect of different additives in the diet containing barley with different particle sizes on microbial population of the cecum and the morphology of the small intestine of broiler chickens. **Methods:** 400 one-day-old broilers of strain Ross 308 were used in the completely randomized design with a factorial arrangement of 2x4 and with 8 treatments. Treatments included the type of additive (without additive, multi-enzyme, autolyzed yeast and autolyzed yeast with multi-enzyme) and particle size of barley (fine, 2 mm and coarse, 8 mm). **Results:** The use of autolyzed yeast along with enzyme in the diet containing coarse barley particles caused a significant increase in feed consumption in 1 to 10 days of age ($P < 0.05$). While the use of autolyzed yeast in the diet containing coarse barley, significantly improved the feed conversion ratio in 25 to 35 days ($P < 0.05$). Additives decreased the pH of the gizzard and jejunum compared to the control treatment. Autolyzed yeast with multi-enzyme increased the number of lactobacillus bacteria colonies and decreased the number of E. coli and coliform caecum bacteria colonies compared to other treatments. Autolyzed yeast with multi-enzyme reduced the viscosity of ileum digestive compared to other treatments. The digesta transit time was less in diets with additives than in diets without additives. The addition of autolyzed yeast with multienzyme and also the size of large barley particles improved the morphological characteristics of the small intestine. **Conclusion:** In general, it is possible to recommend the use of autolyzed yeast with multienzyme in diets containing barley, considering the improvement of FCR, stimulation and development of the beneficial intestinal bacterial population, the reduction of digestive viscosity, and the improvement of the morphological characteristics of the small intestine. .

Keywords: Broiler chickens, Feed conversion ratio, Transit time, Viscosity.

مقایسه افزودنی‌های مختلف در جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد رشد، جمعیت میکروبی سکوم و ریخت شناسی روده‌ی کوچک جوجه‌های گوشتی

چکیده

زمینه مطالعاتی: استفاده از افزودنی‌های مختلف می‌تواند تا حدی اثرات منفی ناشی از پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای غلات را کاهش دهد. **هدف:** پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر افزودنی‌های مختلف در جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت، بر جمعیت میکروبی سکوم و ریخت شناسی روده‌ی کوچک جوجه‌های گوشتی انجام شد. **روش کار:** در این پژوهش از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ و با ۸ تیمار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل نوع افزودنی (بدون افزودنی، مولتی آنزیم، مخمر اتولیز شده و مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم) و اندازه ذرات جو (ریز، ۲ میلی‌متر و درشت، ۸ میلی‌متر) بودند. نتایج: استفاده از مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم در جیره حاوی ذرات درشت جو باعث افزایش معنی‌دار مصرف خوراک در ۱ تا ۱۰ روزگی شد ($P < 0.05$). در حالیکه استفاده از مخمر اتولیز شده در جیره حاوی جو درشت، باعث بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در ۲۵ تا ۳۵ روزگی شد ($P < 0.05$). مخمر اتولیز شده به تنهایی و نیز همراه با مولتی آنزیم باعث کاهش pH سنگدان و ژژنوم نسبت به تیمار شاهد گردید ($P < 0.05$). مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم باعث افزایش تعداد کلونی‌های باکتری‌های لاکتوباسیل و کاهش تعداد کلونی‌های باکتری‌های ای‌کلای و کلی‌فرم سکوم نسبت به سایر تیمارها گردید ($P < 0.05$). مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم را نسبت به سایر تیمارها کاهش داد ($P < 0.05$). مدت زمان انتقال مواد هضمی در دستگاه گوارش در جیره‌های دارای آنزیم و نیز مخمر اتولیز شده نسبت به جیره‌ی بدون افزودنی کمتر بود ($P < 0.05$). مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم و همچنین اندازه ذرات درشت جو باعث بهبود خصوصیات ریخت شناسی روده‌ی کوچک شد ($P < 0.05$). **نتیجه‌گیری نهایی:** در مجموع، می‌توان استفاده از مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم در جیره‌های حاوی جو را با توجه به بهبود ضریب تبدیل خوراک، تحریک و توسعه جمعیت باکتریایی مفید روده، کاهش ویسکوزیته هضمی و بهبود خصوصیات ریخت شناسی روده‌ی کوچک، توصیه نمود.

کلید واژه‌ها: جوجه گوشتی، ضریب تبدیل خوراک، مدت زمان انتقال، ویسکوزیته.

پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول، علت اصلی کاهش عملکرد در پرندگان هستند که در جیره آن‌ها مقادیر زیادی دانه‌ی گندم، جو یا چاودار وارد شده است. بالا بودن بیش از حد این ترکیبات در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی باعث افزایش ویسکوزیته و کاهش سرعت عبور مواد دفعی در دستگاه گوارش، کاهش سرعت انتشار آنزیم‌های هضمی، کاهش قابلیت هضم و افزایش مصرف خوراک خواهد شد. در ذرت و سورگوم، مقدار این ترکیبات بسیار کم است ولی جو، گندم، چاودار و تریتیکاله مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات را دارا هستند (Choct, 2002).

روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات منفی پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول در جو، از جمله استفاده از مکمل آنزیمی (Houshmandi et al., 2017)، پرتودهی (Bornaei et al., 2022) و استفاده از یک منبع مناسب فیبر در جیره غذایی (Pourazadi et al., 2020) وجود دارد. همچنین نشان داده شده است که ترکیبات پری‌بیوتیکی، توسط آنزیم‌های هضمی دستگاه گوارش هیدرولیز نشده و می‌توانند رشد باکتری‌های مفید دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی را تحریک و از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری کنند (Rebole et al., 2010). از طرفی، مخمر اتولیز شده محصول تخریب سلولی است که توسط فعال شدن آنزیم‌های خاص خود، اجزای سلولی و ساختاری خود را تجزیه می‌کند. ترکیب مخمر اتولیز شده، بسته به فرآیند تولید شده متفاوت است. اثرات محرک رشد محصولات مخمر اتولیز شده بخصوص دیواره سلولی آن در پرورش طیور، به حضور آلفا مانان‌ها و بتاگلوکان‌های مخمر نسبت داده می‌شود (Ahiwe et al., 2019). گزارش شده است که مانان‌ها عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود می‌بخشند و از تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا با جلوگیری از چسبیدن آن‌ها به دیواره روده جلوگیری می‌کنند. بتا-1-3-گلوکان‌ها نیز در تعدیل پاسخ ایمنی در پرندگان در هنگام استرس که ممکن است ناشی از سیستم‌های پرورش متراکم، شیوه‌های مدیریتی و یا سایر تغییرات محیطی باشد، موثر هستند (Baurhoo et al., 2012). در پژوهشی، تغذیه جوجه‌های عاری از پاتوزن با نوکلئوتیدهای مخمر جیره، باعث افزایش تنوع میکروبیوتای روده و فراوانی لاکتوباسیلوس شد (Wu et al., 2018). نوکلئوتیدهای موجود در مخمر اتولیز شده به‌عنوان فاکتورهای رشد برای سلول‌های روده‌ای خوک عمل نموده و باعث تمایز و بلوغ آن‌ها می‌شود. افزایش ضخامت پرزهای روده و افزایش فعالیت آنزیم‌های هضمی، از جمله اثرات مفید نوکلئوتیدها بر سلول‌های روده‌ای خوک هستند (Mateo et al., 2004). بنابراین، شاید بتوان با استفاده از خواص پری‌بیوتیکی مخمر اتولیز شده، اثرات منفی ناشی از جو را در جوجه‌های گوشتی کاهش داد. همچنین تحقیقات نشان داده است که در جوجه‌های گوشتی کاربرد آنزیم‌های زایلاناز و بتاگلوکاناز در جیره‌های غذایی بر پایه غلات، عملکرد پرنده را بهبود بخشیده و قابلیت هضم مواد مغذی را افزایش می‌دهند (Angelovicova et al., 2005).

از طرف دیگر آسیاب نمودن درشت دانه غلات، سبب توسعه بیشتر سنگدان و در نتیجه افزایش حرکت روده و هضم مواد مغذی می‌شود (Amerah et al., 2008). تغذیه با ذرات درشت، باعث ایجاد انقباضات معکوس پریستالتیک بین سنگدان و پیش معده و در نتیجه افزایش ترشح اسید کلریدریک و آنزیم پپسین، افزایش ماندگاری مواد هضمی و افزایش قابلیت پرنده در استفاده‌ی بهتر از مواد مغذی خوراک می‌شود (Svihus, 2011). با توجه به اثرات منفی استفاده از دانه جو در جیره‌های گوشتی و خاصیت پری‌بیوتیکی اجزای دیواره سلولی مخمر اتولیز شده به ویژه مانان الیگوساکارید و همچنین تأثیر اندازه‌ی ذرات دانه‌ی غلات بر عملکرد دستگاه گوارش، این مطالعه با هدف، بررسی اثرات استفاده از اندازه ذرات جو و مخمر اتولیز شده به همراه مولتی‌آنزیم بر برخی فراسنجه‌های فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی انجام شد.

پیشینه پژوهش

جو گیاهی است مقاوم به خشکی و توانایی رشد در شرایط سخت اقلیمی را دارد. اما استفاده از دانه جو در جیره طیور بخصوص در دوره آغازین به علت داشتن ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محدود است (Jacob & Pescatore, 2012). بتاگلوکان پلی‌ساکارید غیرنشاسته‌ای محلول اصلی در دانه جو است که ساختمان آن شامل زنجیره خطی از واحدهای گلوکز با پیوند بتا است (Knudsen, 2014). پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای محلول (بخصوص بتاگلوکان در دانه جو) با جذب آب توده چسپنده‌ای ایجاد می‌کنند که سبب افزایش گرانروی در دستگاه گوارش می‌شوند که این شرایط سبب احاطه شدن مواد هضمی و مانع از تماس آنزیم‌های گوارشی با ترکیبات غذایی شده و کاهش قابلیت هضم را در پی دارد (Rebole et al., 2010). افزایش گرانروی سبب افزایش ترشح مایع موکوسی

از سلول‌های جامی شده و باعث ضخیم شدن لایه آب ساکن در مخاط روده می‌گردد و به دنبال آن کاهش جذب مواد مغذی و کاهش عملکرد حاصل می‌شود (Onderci *et al.*, 2008). بر این اساس، روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات منفی ناشی از جو پیشنهاد شده است. پاسخ به مکمل‌سازی آنزیم در طیور جوان نسبت به طیور مسن بیش‌تر است که احتمالاً به دلیل ظرفیت بالاتر پرندگان مسن‌تر برای مقابله با اثرات ویسکوزیته ناشی از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای می‌باشد. فعالیت تجزیه‌کنندگی آنزیم‌های مختلف موجود در بازار به علت وجود اختلاف در بین میکروارگانیسم‌های تولیدکننده (باکتری یا قارچ) متفاوت می‌باشد. در پژوهشی اثر آنزیم بتاگلوکاناز و زایلاناز و عمل‌آوری حرارتی دانه جو در جوجه‌های گوشتی انجام شد و نشان داده شد که تیمار حرارتی سبب افزایش مصرف خوراک و اضافه وزن از سن ۱ تا ۷ روزگی می‌گردد. آنزیم نیز سبب بهبود در قابلیت هضم ظاهری ایلئومی نیتروژن و ماده خشک شد. همچنین کاهش گرانروی، بهبود عملکرد و افزایش در انرژی قابل متابولیسمی در اثر استفاده از آنزیم حاصل شد (Garcia *et al.*, 2008). از طرفی مخمر اتولیز شده ساکارومایسس سروویزه به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی مانان الیگوساکارید خاصیت پری‌بیوتیکی دارد. در زمینه اثرات مخمر در جیره بر پایه جو مطالعاتی یافت نشد. بنابراین شاید بتوان اثرات منفی ناشی از جو را با افزودن این مکمل کاهش داد.

روش‌شناسی پژوهش

(۱) برای بررسی ترکیب شیمیایی و توزیع اندازه ذرات جو، چند نمونه از جو تهیه شد و سپس میزان ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، فیبر خام و عصاره اتری نمونه‌ها به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990) میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) دانه جو هم مطابق روش (Van Soest *et al.*, 1991) اندازه‌گیری شد. جهت بررسی توزیع اندازه ذرات، در ابتدا جو مورد نیاز با الک‌های ریز (۲ میلی‌متر) و درشت (۸ میلی‌متر) آسیاب شد و توسط الک کردن با روش خشک (Baker and Herrman, 2002)، توزیع اندازه ذرات به دست آمد. به این صورت که ابتدا مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه جو (ریز و درشت) به طور جداگانه بر روی یک مجموعه الک (۶ الک) با قطرهای به ترتیب ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۰۶ میلی‌متر از بالا به پایین قرار داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه شیک شد، سپس مقدارهای باقی‌مانده بر روی هر یک از الک‌ها از طریق کم کردن وزن نمونه اولیه از وزن بعد از شیک شدن به دست آمد. این کار با ۴ تکرار برای هر کدام از اندازه ذرات انجام شد. سپس میانگین قطر هندسی و انحراف معیار استاندارد میانگین قطر هندسی ذرات جو بر اساس روش جامعه مهندسی کشاورزی آمریکا (ASAE, 2003) محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱. ترکیبات شیمیایی (درصد) و توزیع اندازه ذرات جو (میکرومتر)

ترکیبات	جو (درصد)
ماده خشک	۹۲/۵۱
پروتئین خام	۱۰/۷۲
چربی خام	۱/۳۶
خاکستر خام	۲/۲۸
کربوهیدرات کل	۷۸/۱۵
کربوهیدرات های غیر فیبری	۶۸/۰۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۱۷/۶۴
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۶/۰۱
همی سلولز	۱۱/۶۳

اندازه ذرات (میکرومتر)	ریز	درشت
۲۰۰۰	۷/۶۶	۵۴/۰۷
۱۰۰۰	۵۱/۰۳	۲۷/۰۸
۵۰۰	۲۸/۷۱	۱۳/۰۶
۲۵۰	۱۰/۳۶	۴/۱۱

۱/۳۰	۱/۹۱	۱۰۶
-۰/۳۵	-۰/۳۷	۷۵
۱/۸۷ ± ۱۴۷۵	۱/۸۷ ± ۹۸۰	^۱ GMD ± ^۲ GSD

- 1.GMD: Geometric mean diameter
2. GSD: Geometric standard deviation

در این پژوهش، از ۴۰۰ قطعه جوجه گوشتی یکروزه سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۴ از سن یک تا ۳۵ روزگی با هشت تیمار، پنج تکرار و تعداد ۱۰ قطعه جوجه گوشتی برای هر تکرار استفاده شد. تیمارها شامل: نوع افزودنی (بدون افزودنی، مولتی آنزیم، مخمر اتولیز شده و مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم) و اندازه ذرات جو [ریز (دو میلی متر) و درشت (هشت میلی متر)] بودند. مولتی آنزیم استفاده شده در آزمایش با نام تجاری آنزیم ناتوگرین TS محصول شرکت BASF آلمان و حاوی دو آنزیم خالص اندو-۱، ۴-بتازایلاناز و اندو-۱، ۴-بتاگلوکاناز بود که میزان فعالیت هریک از آنزیمها در هر کیلوگرم خوراک به ترتیب ۵۶۰۰ و ۲۵۰۰ واحد بود که در سطح پیشنهادی شرکت سازنده (۰/۰۱ درصد جیره) استفاده شد. مخمر اتولیز شده نیز، محصول شرکت کاوشگر سپهر جوان (خوزستان، ایران) و از انواع مخمر ساکارومایسس سرویزیه بود که حاوی ۴۸ درصد پروتئین خام بود و در سطح ۰/۶ درصد جیره استفاده شد. در تمام جیرهها جو در سطح ۳۰ درصد استفاده شد. جیره پایه مطابق نیازهای ذکر شده در راهنمای پرورش سویه راس ۳۰۸ تنظیم شد (جدول ۲).

جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایش (درصد)

مواد غذایی	آغازین (یک تا ۱۰ روزگی)			رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)			پایانی (۲۵ تا ۳۵ روزگی)		
	بدون افزودنی	آنزیم	مخمر اتولیز شده	بدون افزودنی	مخمر اتولیز شده	آنزیم	بدون افزودنی	مخمر اتولیز شده	آنزیم
ذرت	۲۲/۰۴	۲۲/۰۳	۲۱/۳۳	۲۶/۰۸	۲۶/۰۷	۲۴/۸۵	۲۴/۸۵	۲۴/۸۵	۳۰/۱۰
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین)	۳۵	۳۵	۳۵/۷۱	۳۱/۸۸	۳۱/۸۸	۳۲/۱۱	۳۲/۱۱	۳۲/۱۱	۲۹/۷۶
گلوتن ذرت (۶۰ درصد پروتئین)	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۰
جو	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
مخمر اتولیز شده ^۱	۰	۰	-۰/۶	۰	۰	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶
آنزیم ^۲	۰	-۰/۰۱	۰	۰	-۰/۰۱	۰	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱
ناتوگرین ^۲	۴/۵۰	۴/۵۰	۴/۹۰	۴/۲۵	۴/۲۵	۵/۶۶	۵/۶۶	۵/۶۶	۶/۱۳
روغن گیاهی	۴/۵۰	۴/۵۰	۴/۹۰	۴/۲۵	۴/۲۵	۵/۶۶	۵/۶۶	۵/۶۶	۶/۱۳
دی ال- متیونین	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۲۵	-۰/۳۲	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۶
ال- لیزین	-۰/۲۸	-۰/۲۸	-۰/۲۸	-۰/۲۰	-۰/۲۸	-۰/۲۰	-۰/۲۰	-۰/۲۰	-۰/۱۵
هیدروکلراید ال ترنونین	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۰۸	-۰/۱۳	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۷۵
مکمل ویتامینه ^۳	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۲۵

مکمل معدنی ^۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی کلسیم فسفات	۲/۰۴	۲/۰۴	۲/۰۴	۲/۰۴	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۸	۲/۰۴	۲/۰۴	۲/۰۴	۲/۰۴
کربنات کلسیم	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶
آنزیم فیتاز	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
نمک	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
جوش شیرین	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲
ضد کوکسید یوز	.	.	.	.	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	.	.	.	.

انرژی و مواد مغذی (محاسبه شده) (درصد)

AME _n (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰	۲۹۰۰
پروتئین خام	۲۲/۷۷	۲۲/۷۷	۲۲/۷۷	۲۲/۷۷	۲۱/۳۷	۲۱/۳۷	۲۱/۰۸	۲۱/۰۸	۲۲/۰۶	۲۳/۰۶	۲۲/۷۷	۲۲/۷۷
کلسیم	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲
فسفر قابل دسترس	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶
لیزین قابل هضم	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳	۱/۲۳
متیونین قابل هضم	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲
متیونین + سیستین	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۱
قابل هضم ترئونین	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲
قابل هضم سدیم	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸

^۱ مخمر اتولیز شده محصول شرکت کاوشگر سپهر جوان (خوزستان، ایران) و از انواع مخمر ساکارومایسس سرویزیه بود که حاوی ۴۸ درصد پروتئین خام بود و در سطح ۰/۶ درصد جیره استفاده شد. ^۲ آنزیم با نام تجاری ناتوگرین TS محصول شرکت BASF آلمان و حاوی دو آنزیم خالص اندو-۱، ۴-بتازایلاناز و اندو-۱، ۴-بتاگلوکاناز بود که میزان فعالیت هر یک از آنزیم‌ها در هر کیلوگرم خوراک به ترتیب ۵۶۰۰ و ۲۵۰۰ واحد بود که در سطح پیشنهادی شرکت سازنده (۰/۱ درصد جیره) استفاده شد.

^۳ مکمل ویتامینی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: ویتامین A، ۱۱۰۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین B_۱، ۱۸۰۰ واحد بین المللی؛ ویتامین E، ۳۶ میلی گرم؛ ویتامین K، ۵ میلی گرم؛ ویتامین B_{۱۲}، ۱/۶ میلی گرم؛ تیامین ۱/۵۲، میلی گرم؛ ریبوفلاوین، ۷/۵ میلی گرم؛ نیاسین ۳۰، میلی گرم؛ پیریدوکسین، ۱/۵۳ میلی گرم؛ بیوتین، ۰/۰۳ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۱ میلی گرم؛ اسید پانتوتیک، ۱۲/۲۴ میلی گرم و اتوکسی کوئین، ۰/۱۲۵ میلی گرم.

^۴ مکمل مواد معدنی به ازای هر کیلوگرم جیره مقادیر ذیل را تأمین نمود: آهن، ۲۵۰ میلی گرم؛ سولفات روی، ۸۴ میلی گرم؛ سولفات منگنز، ۱۶۰ میلی گرم؛ ید، ۱/۶ میلی گرم؛ سولفات مس، ۲۰ میلی گرم؛ سلنیوم، ۰/۲ میلی گرم و کبالت، ۰/۴ میلی گرم.

صفات عملکردی شامل میزان مصرف خوراک، افزایش وزن بدن به صورت دوره‌ای بررسی شدند و براساس آن‌ها ضریب تبدیل خوراک تعیین گردید. به منظور بررسی جمعیت میکروبی سکوم در روز ۳۵ آزمایش یک قطعه پرنده از هر تکرار کشتار شده و در شرایط استریل سکوم آن‌ها برای بررسی جمعیت میکروبی به آزمایشگاه منتقل شد. کشت نمونه‌ها در محیط کشت اختصاصی برای شمارش جمعیت باکتری‌ها انجام شد. نمونه‌های اخذ شده از شیرابه‌های گوارشی با محلول سرم فیزیولوژیک (۰/۹ NaCl درصد) همگن شده و رقت‌های متوالی (از ۱۰^{-۱} تا ۱۰^{-۷}) از آن‌ها تهیه شد. شمارش کل باکتری‌های لاکتوباسیل بعد از انکوبه کردن در انکوباتور (ساخت شرکت ژال تجهیز ایران مدل -۴۰ JTSL) با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام گرفت و تعداد کل این باکتری‌ها در رقت ۱۰^{-۷} تهیه شده از محتویات سکوم شمارش گردید. برای شمارش کل باکتری‌های ای کلای و کلی فرم نیز بعد از انکوبه کردن در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد

به مدت ۲۴ ساعت انجام گرفت و تعداد کل این باکتری‌ها در رقت 10^{-6} تهیه شده از محتویات سکوم شمارش گردید و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد کل باکتری‌ها در واحد گرم محتویات گوارشی برای هر تکرار از تیمار مربوطه محاسبه شد. تعداد واحدهای تشکیل دهنده پرگنه‌های میکروبی (CFU) به صورت لگاریتمی بر مبنای 10^1 ، به‌ازای هر گرم محتویات سکوم بیان گردید و به صورت زیر محاسبه شد.

$$\text{(رابطه ۱)} \quad (\text{تعداد کلنی} \times \text{عکس رقت}) = \log(\text{CFU/g}) = \text{جمعیت میکروارگانیزم‌ها در هر گرم ماده}$$

جهت تعیین pH دستگاه گوارش، در روز ۳۵ از دوره آزمایش و پس از کشتار یک پرنده از هر واحد آزمایشی، دستگاه گوارش آن‌ها با دقت جدا شده و بخش‌های مختلف آن تفکیک و pH آن تعیین شد. به طوری که محتویات هر قسمت از روده باریک به نسبت ۱ به ۹ با آب مقطر مخلوط شده، سپس توسط ورتکس (شیکر آزمایشگاهی مدل LS-۱۰۰ ساخت ایران) همگن شده و با استفاده از pH متر دیجیتال (مدل SET2 pH-3110 ساخت آلمان) pH محتویات گوارشی اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته ایلئومی، محتویات ایلئوم جمع‌آوری و بلافاصله به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید، سوپرناتانت حاصل در ویال یک سی سی ریخته و در فریزر -20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس با استفاده از دستگاه ویسکومتر دیجیتال بروکفیلد مدل DV-III (Cone Plate 40 و سرعت $500-5$ در ثانیه)، ویسکوزیته بر حسب سانتی‌پواز اندازه‌گیری شد (Lazaro et al., 2003).

جهت اندازه‌گیری مدت زمان انتقال مواد هضمی در طول دستگاه گوارش، در سن ۳۰ روزگی، پس از دو ساعت قطع نمودن خوراک، پرندگان با جیره‌ی حاوی (۳ گرم برکیلوگرم) اکسید کروم تغذیه شدند. مدت زمان انتقال مواد هضمی به عنوان زمان بین مصرف خوراک تا اولین ظهور فضولات سبز رنگ تعریف شد (Naderinejad et al., 2016).

به منظور بررسی‌های تغییرات مورفولوژی روده کوچک، در سن ۳۵ روزگی، یک پرنده از هر تکرار (نزدیک به میانگین وزنی همان تکرار) انتخاب و توزین شد. سپس دستگاه گوارش پرنده‌های کشتار شده خارج و حدود دو سانتی‌متر از قسمت ابتدایی دوازدهه، ژژنوم و ایلئوم جدا شد، نمونه‌های تهیه شده به داخل ظروف پلاستیکی حاوی محلول فرمالین ۱۲ درصد منتقل شدند. و سپس قالب‌های بافتی پارافینی با استفاده از دستگاه هیستوکینت تهیه شد و با استفاده از دستگاه میکروتوم (لایتر مدل ۱۵۱۲، آلمان) برش‌های به ضخامت ۵ تا ۶ میکرومتر تهیه و بر روی لام قرار داده شد. برش‌ها با رنگ همتوکسیلین و اتوزین رنگ آمیزی شد (زو و همکاران ۲۰۰۳). برای بررسی نمونه‌های بافتی تهیه شده از میکروسکوپ نوری مجهز به لنز دیجیتال Dino-caPture (مدل AM، ساخت کشور آلمان) و نرم افزار Dino caPture software II استفاده شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. مدل آماری این طرح از رابطه (۲) به دست آمد:

$$\text{(رابطه ۲)} \quad Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

که در آن Y_{ijk} مقدار مشاهده شده، μ میانگین جامعه، A_j اثر نوع افزودنی، B_k اثر اندازه ذرات جو، $(AB)_{jk}$ اثر متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو و e_{ijk} اثر خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

اثر نوع افزودنی و اندازه ذرات جو بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. تاثیر افزودنی‌های مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت در طول دوره‌ی آزمایش

تیمار	میزان مصرف خوراک (گرم به ازای هر پرنده)			افزایش وزن بدن (گرم به ازای هر پرنده)			ضریب تبدیل خوراک (گرم:گرم به ازای هر پرنده)			
	۱۰-۱ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۳۵ روزگی	۱۰-۱ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۳۵ روزگی	۱۰-۱ روزگی	۱۱-۲۴ روزگی	۲۵-۳۵ روزگی	
نوع افزودنی										
بدون افزودنی	۲۳۰/۹۸	۱۰۳۴/۶۰ ^a	۱۲۹۵/۱۴	۲۵۶۰/۷۲	۷۸۱/۵۳	۷۵۶/۳۸	۱۷۴۰/۳۱	۱/۱۴	۱/۳۳	۱/۴۷ ^a
آنزیم	۲۳۷/۱۸	۹۴۵/۲۶ ^b	۱۳۳۷/۴۸	۲۵۰۹/۹۳	۷۹۱/۴۴	۸۲۵/۲۲	۱۸۲۳/۷۴	۱/۱۴	۱/۲۰	۱/۳۷ ^b
مخمر اتولیز شده	۲۲۸/۰۸	۹۸۶/۰۲ ^{ab}	۱۲۸۵/۵۵	۲۴۹۹/۶۶	۷۴۳/۵۷	۸۱۳/۷۹	۱۷۶۱/۴۸	۱/۱۱	۱/۳۳	۱/۴۱ ^b
مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم	۲۳۴/۱۶	۹۹۵/۲۱ ^{ab}	۱۲۸۸/۸۴	۲۵۱۸/۲۲	۷۷۶/۶۳	۸۲۳/۴۴	۱۸۰۳/۶۶	۱/۱۴	۱/۲۹	۱/۳۹ ^b
SEM	۴/۱۰	۱۶/۲۷	۳۵/۴۱	۴۱/۸۵	۲/۸۹	۲۹/۹۸	۳۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱
سطح احتمال	۰/۴۴	۰/۰۰۵	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۵۶	۰/۱۰	۰/۰۰۳
اندازه ذرات										
ریز	۲۳۲/۷۳	۱۰۰۷/۲۱ ^a	۱۳۰۶/۷۰	۲۵۴۶/۶۴	۷۸۱/۳۴	۷۹۶/۸۴	۱۷۸۱/۴۲	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۴۳
درشت	۲۳۲/۴۴	۹۷۳/۳۷ ^b	۱۲۹۱/۸۱	۲۴۹۷/۶۲	۷۶۵/۲۵	۸۱۲/۱۳	۱۷۸۳/۱۸	۱/۱۲	۱/۱۲	۱/۳۹
SEM	۲/۰۹	۱۱/۵۰	۲۵/۰۴	۲۹/۵۹	۱۴/۶۵	۲۱/۲۰	۲۱/۴۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱
سطح احتمال	۰/۹۴	۰/۰۴	۰/۶۷	۰/۲۵	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۹۵	۰/۳۱	۰/۷۱	۰/۰۹
نوع افزودنی										
بدون افزودنی	۲۲۷/۳۰ ^{ab}	۱۰۵۱/۹۸	۱۳۰۶/۵۷	۲۵۵۸/۸۴	۷۹۵/۱۵	۷۳۶/۷۱	۱۷۳۲/۳۵	۱/۱۳	۱/۳۳	۱/۴۹
درشت	۲۳۴/۵۴ ^{ab}	۱۰۱۷/۳۲	۱۲۸۳/۷۲	۲۵۳۵/۵۹	۷۶۷/۹۲	۷۷۶/۰۵	۱۷۴۸/۲۸	۱/۱۵	۱/۳۳	۱/۴۵
ریز	۲۴۱/۳۶ ^a	۹۶۲/۴۲	۱۳۲۴/۰۰	۲۵۲۷/۷۹	۷۷۴/۸۹	۸۴۸/۰۲	۱۸۲۸/۰۶	۱/۱۷	۱/۲۵	۱/۳۸
آنزیم	۲۳۳/۰۰ ^{ab}	۹۲۸/۱۰	۱۳۳۰/۹۷	۲۴۹۲/۰۷	۸۰۸/۰۰	۸۰۲/۶۲	۱۸۱۹/۴۲	۱/۱۱	۱/۱۵	۱/۳۶
ریز	۲۳۶/۹۷ ^{ab}	۹۹۳/۴۶	۱۲۵۷/۷۸	۲۴۸۴/۲۱	۷۹۳/۳۵	۷۴۴/۰۸	۱۷۴۵/۵۶	۱/۱۴	۱/۲۶	۱/۴۲
مخمر اتولیز شده	۲۱۹/۲۰ ^b	۹۷۸/۵۸	۱۳۱۷/۳۲	۲۵۱۵/۱۰	۶۹۳/۸۰	۸۸۳/۵۰	۱۷۷۷/۴۰	۱/۰۹	۱/۴۱	۱/۴۱
درشت	۲۲۵/۳۰ ^{ab}	۱۰۲۰/۹۶	۱۳۴۲/۴۴	۲۵۸۸/۷۰	۷۶۱/۹۸	۸۵۸/۵۲	۱۸۱۹/۷۰	۱/۱۳	۱/۳۵	۱/۴۲
مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم	۲۴۳/۰۳ ^a	۹۶۹/۴۷	۱۲۳۵/۲۳	۲۴۴۷/۷۳	۷۹۱/۲۹	۷۸۶/۳۷	۱۷۸۷/۶۲	۱/۱۵	۱/۲۳	۱/۳۶
SEM	۵/۸۰	۲۳/۰۰	۵۰/۰۹	۵۹/۱۹	۲۹/۳۰	۴۲/۴۰	۴۲/۸۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲
سطح احتمال	۰/۰۲	۰/۸۸	۰/۴	۰/۵۵	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۸۸	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۷۸

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < ۰/۰۵$).

میزان مصرف خوراک در دوره‌ی رشد، پایانی و نیز کل دوره پرورش تحت تأثیر اثرات متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو قرار نگرفت ($P > 0.05$). اما در دوره آغازین، پرندگان تغذیه شده با مخلوط دو افزودنی و اندازه ذرات درشت جو مصرف خوراک بالاتری در مقایسه با مخمر اتولیز شده و اندازه ذرات درشت جو نشان دادند ($P < 0.05$). در بررسی اثرات اصلی، تنها در دوره رشد، افزودن مولتی‌آنزیم باعث کاهش معنی‌دار مصرف خوراک در مقایسه با تیمار بدون افزودنی شد. ولی در سایر دوره‌ها تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک پرندگان دیده نشد. همچنین کاهش معنی‌دار مصرف خوراک در تیمارهای دریافت کننده جیره با اندازه ذرات درشت جو نسبت به ذرات ریز مشاهده شد ($P < 0.05$). افزایش وزن بدن در کل دوره پرورش تحت تأثیر نوع افزودنی و یا اندازه ذرات جو و اثرات متقابل آن‌ها قرار نگرفت. در بررسی اثرات اصلی، ضریب تبدیل خوراک در دوره‌ی پایانی و کل دوره آزمایش، در پرندگانی که افزودنی دریافت کردند بهتر از پرندگان گروه شاهد بود ($P < 0.05$). اثر اندازه ذرات جو در کل دوره پرورش و اثر متقابل اندازه ذرات جو و نوع افزودنی، در دوره‌ی آغازین، رشد و کل دوره پرورش بر ضریب تبدیل خوراک معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل اندازه ذرات جو و نوع افزودنی، در دوره‌ی پایانی معنی‌دار بود به گونه‌ای که کمترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمار دریافت کننده‌ی مخمر اتولیز شده با اندازه‌ی ذرات درشت جو بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دریافت کننده مخمر اتولیز شده با اندازه ذرات ریز و همچنین با تیمارهای دریافت کننده‌ی توام مخمر و مولتی‌آنزیم با هر دو نوع اندازه ذرات نداشت ($P < 0.05$). افزایش ضریب تبدیل خوراک در پرندگانی که جیره بدون افزودنی با ذرات ریز دانه‌ی جو دریافت کردند احتمالاً به دلیل افزایش ویسکوزیته مواد هضمی (داده‌های جدول ۵) در دستگاه گوارش است که منجر به کاهش قابلیت هضم مواد مغذی، افزایش رقابت باکتری‌ها بر سر مواد مغذی و تغییر در ریخت شناسی ساختار دیواره روده می‌شود. با افزودن مخمر اتولیز شده به همراه مولتی‌آنزیم، بهبود ضریب تبدیل غذایی حاصل شد.

همسو با پژوهش حاضر، در بررسی تأثیر مخمر اتولیز شده (ساکارومایسس سرویزیه) بر جوجه‌های گوشتی، بهبود ضریب تبدیل خوراک مشاهده شد (Bortoluzzi et al., 2018). افزودن آنزیم‌های برون‌زادی (زایلانازها و بتاگلوکانازها) به جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی بر پایه گندم یا جو باعث بهبود عملکرد مواد مغذی می‌شود (Meng et al., 2005). مخالف با پژوهش حاضر، افزودن اینولین و آنزیم، به صورت جداگانه و یا ترکیبی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره غذایی بر پایه گندم و جو، تأثیر قابل توجهی بر فاکتورهای عملکردی نداشت (Rebole et al., 2010). در بررسی تأثیر منبع فیبر غنی از لیگنوسولز و اندازه‌ی ذرات درشت بر جوجه‌های گوشتی، بهبود ضریب تبدیل خوراک را در پرندگانی که با ذرات درشت ذرت تغذیه شده بودند، مشاهده شد (Kheravii et al., 2017). محققان در بررسی تأثیر اندازه‌ی ذرات جو و آنزیم در تغذیه جوجه‌های گوشتی، بیان نمودند که تغذیه با ذرات درشت جو و آنزیم کربوهیدراتاز، باعث بهبود کارایی استفاده از مواد مغذی و انرژی خوراک می‌شود (Perera et al., 2020). جایگزینی ۵۰ درصد ذرات ریز ذرت با ذرات درشت باعث بهبود ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن بدن در مقایسه با اندازه ذرات ریز می‌شود (Xu et al., 2015). نتایج مربوط به pH محتویات قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی

جدول ۴. تأثیر افزودنی‌های مختلف بر pH محتویات قسمت‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت در سن ۳۵ روزگی

تیمار	سنگدان	دوازدهه	ژژنوم	ایلتوم
نوع افزودنی				
بدون افزودنی	۳/۸۳ ^a	۶/۷۵	۶/۸۷ ^a	۷/۴۷
آنزیم	۳/۶۸ ^a	۶/۵۲	۶/۴۷ ^b	۶/۹۶
مخمر اتولیز شده	۳/۰۱ ^b	۶/۵۸	۶/۴۱ ^b	۷/۱۰
مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم	۳/۱۳ ^b	۶/۴۹	۶/۳۹ ^b	۷/۰۹
SEM	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۶
سطح احتمال	۰/۰۰۲	۰/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۱۷
اندازه ذرات				
ریز	۳/۴۳	۶/۶۴	۶/۶۰	۷/۲۷
درشت	۳/۳۹	۶/۵۳	۶/۴۷	۷/۰۴
SEM	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۱
سطح احتمال	۰/۸۱	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۷
نوع افزودنی	اندازه ذرات			

۷/۶۶	۷/۰۹	۶/۸۷	۳/۸۲	ریز	بدون افزودنی
۷/۲۸	۶/۶۵	۶/۶۲	۳/۸۴	درشت	
۷/۰۷	۶/۴۲	۶/۵۱	۳/۵۸	ریز	آنزیم
۶/۸۴	۶/۵۱	۶/۵۳	۳/۷۸	درشت	
۷/۳۷	۷/۴۰	۶/۶۵	۳/۱۳	ریز	مخمر اتولیز شده
۶/۹۲	۶/۴۳	۶/۵۱	۲/۸۹	درشت	
۷/۰۷	۶/۴۹	۶/۵۵	۳/۱۹	ریز	مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم
۷/۱۰	۷/۲۹	۶/۴۴	۳/۰۵	درشت	
۰/۲۳	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۲۳		SEM
۰/۸۲	۰/۱۵	۰/۶۲	۰/۷۹		سطح احتمال

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).
SEM خطای استاندارد میانگین

در بررسی نتایج حاصل از اثر نوع افزودنی بر pH دئودنوم و ایلتوم تأثیر معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). اما نوع افزودنی pH سنگدان و ژژنوم را تحت تأثیر قرار داد به گونه‌ای تیمار دریافت کننده‌ی جیره ی همراه با افزودنی میزان pH کمتری نسبت به سایر تیمار شاهد نشان داد ($P < 0.05$). در بررسی نتایج حاصل از اثر اندازه ذرات جو و اثر متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو بر روی pH سنگدان، دئودنوم، ژژنوم و ایلتوم تأثیر معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). به نظر می‌رسد یکی از سازوکارهای احتمالی که به واسطه‌ی آن‌ها عوامل بیماری‌زا در دستگاه گوارش کنترل می‌شوند، سدهای فیزیولوژیکی از قبیل موسین و pH باشد. کاهش pH باعث ایجاد شرایط مساعد برای رشد باکتری‌های مفید در دستگاه گوارش می‌شود. همچنین فعالیت آنزیم‌ها تحت تأثیر pH دستگاه گوارش قرار دارد. بنابراین افزایش فعالیت باکتری‌های اسیدلاکتیک و کاهش pH می‌تواند به بهبود هضم مواد مغذی در روده توسط آنزیم کمک کند. از طرف دیگر باکتری‌های اسیدلاکتیکی قندهای مختلفی را به اسید لاکتیک تخمیر می‌کنند، مکانیسم عمل باکتری‌های اسیدلاکتیکی به این صورت است که با تولید مواد مهار کننده نظیر اسیدهای چرب کوتاه زنجیر باعث کاهش میزان pH و موجب تولید اسیدلاکتیک و پراکسید هیدروژن می‌شود (Sirisopapong et al., 2023).

نتایج مربوط به جمعیت میکروبی محتویات سکوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو در سن ۳۵ روزگی در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵. تاثیر افزودنی‌های مختلف بر جمعیت میکروبی سکوم (cfu/g)، ویسکوزیته شیرابه ایلتومی (سانتی‌پواز)، و زمان انتقال مواد هضمی (دقیقه) در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت در سن ۳۵ روزگی

تیمار	لاکتوباسیل	ای‌کولای	کلی‌فرم	ویسکوزیته	زمان انتقال مواد هضمی
نوع افزودنی					
بدون افزودنی	۸/۳۷ ^c	۹/۰۱ ^a	۹/۳۸ ^a	۲/۰۷ ^a	۱۷۴/۳۰ ^a
آنزیم	۹/۰۳ ^b	۸/۴۲ ^{bc}	۸/۴۹ ^{bc}	۱/۸۵ ^b	۱۵۲/۵۰ ^b
مخمر اتولیز شده	۸/۹۶ ^b	۸/۴۹ ^{ab}	۸/۷۰ ^b	۱/۸۵ ^b	۱۵۱/۱۰ ^b
مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم	۹/۵۰ ^a	۷/۴۹ ^b	۷/۹۰ ^c	۱/۶۳ ^c	۱۵۷/۵۰ ^b
SEM	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۵	۴/۰۷
سطح احتمال	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
اندازه ذرات					
ریز	۸/۸۳ ^b	۸/۵۰ ^a	۸/۷۹ ^a	۱/۸۲	۱۳۱/۲۵ ^b
درشت	۹/۱۱ ^a	۸/۲۰ ^b	۸/۴۴ ^b	۱/۸۸	۱۶۶/۴۵ ^a
SEM	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۳	۲/۸۸
سطح احتمال	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۲۳	۰/۰۰۰۷
نوع افزودنی					
بدون افزودنی	۸/۵۲	۹/۰۵	۹/۲۷ ^a	۲/۱۰ ^a	۱۸۱/۴۰
ریز	۸/۲۳	۸/۹۷	۹/۵۰ ^a	۲/۰۴ ^a	۱۶۷/۲۰
درشت					

۱۴۴/۰۰	۱/۹۴abc	۸/۶۶ ^b	۸/۶۴	۸/۸۵	ریز	آنزیم
۱۶۱/۰۰	۱/۷۶bcd	۸/۳۳ab	۸/۲۰	۹/۲۲	درشت	
۱۴۳/۲۰	۱/۷۳cd	۹/۲۱ ^a	۸/۸۷	۸/۹۰	ریز	مخمر اتولیز شده
۱۵۹/۰۰	۱/۹۷ab	۸/۱۸ ^{bc}	۸/۱۱	۹/۰۳	درشت	
۱۵۰/۶۰	۱/۵۸ ^d	۷/۷۲ ^c	۷/۵۲	۹/۳۴	ریز	مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم
۱۶۴/۴۰	۱/۶۹ ^d	۷/۹۸ ^c	۷/۴۵	۹/۶۷	درشت	
۵/۷۶	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۲		SEM
۰/۹۹	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۷۵		سطح احتمال

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < 0.05$). SEM خطای استاندارد میانگین.

با بررسی اثر نوع افزودنی بر تیمارهای آزمایشی، افزایش معنی‌دار تعداد کلونی‌های باکتری‌های لاکتوباسیل و کاهش تعداد کلونی‌های باکتری‌های ای‌کلای و کلی فرم در تیمار دریافت کننده توام مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد، همچنین کمترین تعداد کلونی‌های باکتری‌های لاکتوباسیل و بیشترین تعداد کلونی‌های باکتری‌های ای‌کلای و کلی فرم در تیمار دریافت کننده جیره‌ی بدون افزودنی مشاهده شد ($P < 0.05$). با بررسی اثر اندازه ذرات جو بر تیمارهای آزمایشی، افزایش معنی‌دار تعداد کلونی‌های باکتری‌های لاکتوباسیل و کاهش تعداد کلونی‌های باکتری‌های ای‌کلای و کلی فرم در تیمار با اندازه ذرات درشت جو نسبت به ذرات ریز جو مشاهده شد ($P < 0.05$). با بررسی نتایج اثر متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو بر جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل و ای‌کلای اثر معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). اما در جمعیت باکتری‌های کلی فرم اثر معنی‌داری ایجاد شد، به گونه‌ای که تیمار دریافت کننده‌ی مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم با هر دو نوع اندازه ذرات جو باعث کاهش جمعیت باکتری‌های کلی فرم نسبت به سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). مانان‌الیگوساکاریدها با فراهم کردن جایگاه‌های اتصال جایگزین برای باکتری‌های گرم منفی از اتصال آن‌ها به سلول‌های روده جلوگیری می‌کنند و عفونت‌های روده‌ای را کاهش می‌دهند. همچنین گزارش شده است که مانان‌الیگوساکاریدها می‌توانند به عنوان منبع انرژی برای باکتری‌های مفید مانند لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکترها استفاده شوند اما باکتری‌های بیماری‌زا مانند سالمونلا، ای‌کولای و کامپیلوباکترها نمی‌توانند از آن استفاده کنند (Yang et al., 2008).

همسو با پژوهش حاضر، محققان در بررسی تأثیر مخمر اتولیز شده بر جوجه‌های گوشتی، افزایش در جمعیت انتروکوکوس ایلئوم و کاهش در جمعیت ای‌کلای سکوم را گزارش کردند (Bortoluzzi et al., 2018). تنوع جمعیت باکتریایی ایلئوم و سکوم تحت تأثیر جیره مصرفی قرار دارد. مکمل سازی جیره با فروکتوالیگوساکارید باعث کاهش قابل توجه جمعیت باکتری‌های پاتوژن ایلئوم و به طور کلی تعدیل جمعیت باکتری دستگاه گوارش در جهت بهبود عملکرد و سلامت جوجه‌های گوشتی شد (Shang et al., 2018). در پژوهشی دیگر محققان با بررسی اثرات جیره‌های غذایی بر پایه گندم و جو با و بدون مخلوط آنزیمی در جوجه‌های گوشتی دریافتند که افزودنی‌ها استفاده شده در آزمایش با تحریک جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک یا کاهش جمعیت ای‌کلای، تأثیر مثبتی بر فلور میکروبی دستگاه گوارش داشتند (Rodríguez et al., 2012). گزارش شده است که تغذیه پرندگان با دانه‌های کامل یا ذرات درشت غلات با تأثیر بر جمعیت باکتری‌های مفید دستگاه گوارش، عملکرد پرندگان را بهبود بخشید (Amerah et al., 2008). افزایش خطی در جمعیت لاکتوباسیل‌ها، بیفیدوباکترها و همچنین کاهش در جمعیت کمپلوباکترها و کلاستریوم‌ها، با افزایش درصد ذرات درشت ذرت در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی گزارش نمودند (Singh et al., 2014).

نتایج مربوط به ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ روزگی در جدول (۵) نشان داده شده است. در بررسی اثرات اصلی دریافتیم که نوع افزودنی ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم را تحت تأثیر قرار داد به گونه‌ای که تیمار دریافت کننده‌ی مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم را نسبت به سایر تیمارها کاهش داد ($P < 0.05$). اندازه ذرات جو بر ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم اثر معنی‌داری ایجاد نکرد ($P > 0.05$). در بررسی اثر متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو بر ویسکوزیته شیرابه هضمی ایلئوم اثر معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که تیمار دریافت کننده‌ی مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم با هر دو نوع اندازه ذرات جو کمترین میزان ویسکوزیته و تیمار دریافت کننده جیره‌ی بدون افزودنی با ذرات ریز و درشت، بیشترین میزان ویسکوزیته ایلئومی را ایجاد کرد ($P < 0.05$). پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محلول می‌تواند ویسکوزیته محتویات روده را افزایش و نرخ عبور را کاهش داده و به عنوان

بازدارنده فعالیت آنزیمی، از فعالیت آنزیم‌های درون‌زادی ممانعت کنند، اثرات ضد تغذیه‌ای عمدتاً ناشی از افزایش ویسکوزیته مواد هضمی ناشی از تراکم بالای جمعیت میکروبی در دستگاه گوارش است که منجر به کاهش قابلیت هضم مواد مغذی، افزایش رقابت باکتری‌ها بر سر مواد مغذی و تغییر در ریخت‌شناسی ساختار دیواره روده می‌شود (Nguyen et al., 2021). همسو با پژوهش حاضر، افزودن آنزیم‌های برون‌زادی (زایلانازها و بتاگلوکانازها) به جیره‌های غذایی جوجه‌های گوشتی بر پایه گندم یا جو باعث کاهش ویسکوزیته شد (Meng et al., 2005). مخالف با پژوهش حاضر، محققان بیان داشتند که آسیاب کردن ریز دانه‌های غلات به دلیل تشکیل ژل ناشی از پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، منجر به کارایی ضعیف آنزیم‌های اگزوزنوس می‌شود (Perera et al., 2020).

نتایج مربوط به زمان انتقال مواد هضمی در طول دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی در سن ۳۰ روزگی در جدول (۵) نشان داده شده است. در بررسی اثر نوع افزودنی دریافتیم که مدت زمان انتقال مواد هضمی در دستگاه گوارش در تیمار دریافت‌کننده آنزیم، مخمر اتولیز شده، مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم نسبت به تیمار دریافت‌کننده جیره‌ی بدون افزودنی کمتر بود ($P < 0.05$). اندازه ذرات جو، زمان انتقال مواد هضمی در طول دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار دادند به گونه‌ای که ذرات ریز جو مدت زمان ماندگاری کمتری نسبت به ذرات درشت جو نشان دادند ($P < 0.05$). در بررسی اثر متقابل نوع افزودنی و اندازه ذرات جو بر روی زمان انتقال مواد هضمی در طول دستگاه گوارش اثر معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). مخالف با پژوهش حاضر، محققان در بررسی تأثیر اندازه‌ی ذرات گندم و منابع مختلف فیبر نامحلول در تغذیه جوجه‌های گوشتی بر مدت زمان انتقال مواد هضمی اثر معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نکردند (Abdollahi et al., 2019).

نتایج مربوط به ریخت‌شناسی دئودنوم، ژژنوم، ایلئوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو در سن ۳۵ روزگی در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۶. تاثیر افزودنی‌های مختلف بر ریخت‌شناسی دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی جو با اندازه ذرات متفاوت در ۳۵ روزگی

نوع افزودنی	دئودنوم			ژژنوم			ایلئوم		
	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	ارتفاع/عمق کریپت	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	ارتفاع/عمق کریپت	ارتفاع پرز (میکرومتر)	عمق کریپت (میکرومتر)	ارتفاع/عمق کریپت
بدون افزودنی	۹۱۵/۰۳ ^c	۱۱۰/۲۱ ^a	۸/۳۲ ^c	۷۵۱/۴۵ ^c	۹۲/۲۷ ^a	۸/۱۴ ^c	۵۶۱/۲۷ ^b	۸۵/۲۴ ^a	۶/۵۹ ^c
آنزیم	۹۵۸/۳۷ ^{bc}	۸۹/۲۲ ^b	۱۰/۷۴ ^b	۸۴۸/۴۰ ^b	۸۷/۷۶ ^{ab}	۹/۶۶ ^b	۸۰/۳۳ ^b	۷/۵۶ ^b	۷/۵۶ ^b
مخمر اتولیز شده	۹۹۶/۲۳ ^{ab}	۹۰/۶۷ ^b	۱۰/۹۸ ^b	۸۶۲/۲۸ ^a	۸۵/۰۱ ^b	۱۰/۱۴ ^a	۶۲۴/۳۵ ^a	۷۳/۱۵ ^c	۸/۵۳ ^a
مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم	۱۰۵۵/۷۳ ^a	۸۳/۷۳ ^b	۱۲/۴۱ ^a	۸۷۳/۱۳ ^a	۸۶/۸۳ ^b	۱۰/۰۵ ^{ab}	۶۱۷/۵۹ ^a	۷۵/۱۷ ^c	۸/۲۳ ^a
SEM	۲۲/۰۴	۱/۷۸	۰/۳۳	۸/۹۴	۱/۵۱	۰/۱۹	۱/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۹
سطح احتمال	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
اندازه ذرات									
ریز	۹۴۵/۰۸ ^b	۹۱/۷۲	۱۰/۵۶	۸۲۰/۹۶ ^b	۸۸/۸۴	۹/۲۴ ^b	۵۷۹/۰۰ ^b	۸۰/۸۰ ^a	۷/۲۳ ^b
درشت	۱۰۱۷/۵۸ ^a	۹۳/۶۹	۱۰/۶۱	۸۴۶/۶۶ ^a	۸۷/۰۹	۹/۷۳ ^a	۶۲۳/۱۷ ^a	۷۶/۱۴ ^b	۸/۲۲ ^a
SEM	۱۵/۵۹	۱/۲۵	۰/۲۳	۶/۳۲	۱/۰۷	۰/۱۳	۸/۰۸	۰/۷۱	۰/۱۳
سطح احتمال	۰/۰۲۵	۰/۲۸	۰/۹۸	۰/۰۰۳	۰/۲۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	<۰/۰۰۰۱
نوع افزودنی									
بدون	۸۸۴/۴۵ ^c	۱۰۸/۴۴	۸/۱۵ ^d	۷۵۴/۵۰	۹۲/۷۰	۸/۱۴	۵۴۳/۳۶	۸۷/۸۱ ^a	۶/۱۸
افزودنی	۹۴۵/۵۸ ^{bc}	۱۱۱/۹۹	۸/۴۴ ^d	۷۴۸/۴۰	۹۱/۸۵	۸/۱۵	۵۷۹/۱۸	۸۲/۶۶ ^b	۷/۰۱
ریز	۹۴۶/۶۰ ^b	۸۸/۲۱	۱۰/۷۳ ^c	۸۴۰/۴۶	۸۹/۴۱	۹/۴۰	۵۷۸/۹۸	۸۵/۹۳ ^{ab}	۶/۷۴
آنزیم	۹۷۰/۱۴ ^{bc}	۹۰/۲۲	۱۰/۷۵ ^c	۸۵۶/۳۵	۸۶/۱۰	۹/۹۴	۶۲۶/۰۲	۷۴/۷۴ ^c	۸/۳۸

۸/۰۳	۷۲/۹۵ ^c	۵۸۴/۸۵	۹/۷۶	۸۵/۶۴	۸۳۶/۳۱	۱۰/۸۰ ^c	۸۷/۹۸	۹۵۰/۵۷ ^{bc}	مخمر اتولیز ریز
۹/۰۴	۷۳/۳۶ ^c	۶۶۳/۸۵	۱۰/۵۲	۸۴/۳۹	۸۸۸/۲۵	۱۱/۱۵ ^b	۹۳/۳۶	۱۰۴۱/۸۸ ^{ab}	شده درشت
۷/۹۹	۷۶/۵۴ ^c	۶۱۱/۵۳	۹/۷۳	۸۷/۶۳	۸۵۲/۵۹	۱۱/۳۱ ^b	۸۸/۲۵	۹۹۸/۷۱ ^b	مخمر اتولیز ریز
۸/۴۶	۷۳/۸۰ ^c	۶۲۳/۶۵	۱۰/۳۸	۸۶/۰۴	۸۹۳/۶۷	۱۴/۰۴ ^a	۷۹/۳۱	۱۱۱۲/۷۵ ^a	شده به درشت
									همراه آنزیم
۰/۲۷	۱/۴۳	۱۷/۰۶	۰/۷۸	۲/۱۴	۶۵/۱۲	۰/۴۷	۲/۵۱	۳۱/۱۸	SEM
۰/۲۲	۰/۰۰۶	۰/۳۳	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۰۰۷	۰/۰۷	۰/۰۲	سطح احتمال

در هر ستون، اعداد با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار هستند ($P < 0.05$).
SEM خطای استاندارد میانگین.

اثر متقابل اندازه ذرات جو و نوع افزودنی باعث تغییر معنی دار ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت ناحیه دئودنوم شد ($P < 0.05$). بطوریکه پرندگان تغذیه شده با مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم و ذرات درشت جو، پرزهای بلندتری در ناحیه دئودنوم در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند. در بررسی اثرات اصلی، ذرات درشت جو باعث افزایش معنی دار ارتفاع پرز در هر سه ناحیه از روده کوچک در مقایسه با ذرات ریز جو شد ($P < 0.05$). استفاده توأم از مخمر اتولیز شده و آنزیم باعث افزایش معنی دار ارتفاع پرز و همچنین نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در هر سه ناحیه از روده باریک شد. روده باریک در مقابل تغییرات جیره غذایی، تغییراتی در سطح جذب شامل تغییر در عمق کریپت و طول پرز را نشان می دهد (Mathlouthi et al., 2002). تغییرات خصوصیات پرز با عملکرد روده و عملکرد رشد جوجه های گوشتی در ارتباط می باشد. گزارش شده است که کاهش عملکرد در هنگام مصرف جیره های حاوی جو و چاودار در مقایسه با ذرت با کاهش ارتفاع پرز روده و مصرف مکمل های آنزیمی با بهبود ارتفاع پرز همراه است (Mathlouthi et al., 2002). بنابراین پرز کوتاه تر دیده شده در پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد را می توان به نقش ویسکوزیته ایجاد شده در اثر حضور جو دانست. از طرفی اثر پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای جیره بر مورفولوژی بافت پوششی و تخریب و ساخت مجدد سلول بسته به خصوصیات فیزیکی شیمیایی و سطح پلی ساکاریدهای غیر نشاسته ای موجود در جیره، مدت زمان استفاده توسط حیوان، گونه، سن و مکان مربوطه در دستگاه گوارشی متغیر است (Montagne et al., 2003). یک شاخص با اهمیت برای تخمین ظرفیت هضم و جذب در روده باریک، نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت می باشد. از بین رفتن انتروسیست ها در قسمت نوک پرزها نشان دهنده افزایش نرخ میتوز در سلول های کریپت است که در نهایت منجر به افزایش عمق کریپت در روده می شود در این صورت ارتفاع پرز کم شده و سطح جذبی مواد مغذی کاهش می یابد (Rezaei et al., 2011).

از دلایلی که می توان برای توضیح بهبود صفات مورفولوژی روده در جوجه های گوشتی تغذیه شده با مخمر اتولیز شده به همراه آنزیم بیان کرد، ارتباط مستقیم بین میکروارگانیسم های دستگاه گوارش و سلامت بافت روده است. در این راستا، افزایش جمعیت باکتری های مفید از جمله لاکتوباسیل ها در دستگاه گوارش از طریق تولید ترکیبات خاص مانند باکتریوسین ها و حذف رقابتی، مانع پیدایش باکتری های بیماری زا مانند کلی فرم ها شده و اثرات نامطلوب آن ها را در بافت و ساختار روده کاهش می دهد. علاوه بر این، آسیاب درشت ذرات بر سلامت دستگاه گوارش، مورفولوژی و عملکرد آن تأثیر می گذارد (Xu et al., 2015).

نتیجه گیری

در مجموع، می توان استفاده از مخمر اتولیز شده به همراه مولتی آنزیم در جیره های حاوی جو را با توجه به بهبود ضریب تبدیل خوراک، تحریک و توسعه جمعیت باکتریایی مفید روده، کاهش ویسکوزیته هضمی و بهبود خصوصیات ریخت شناسی روده ای کوچک، توصیه نمود.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع مورد استفاده

هوشمندى، على محمد؛ بوجارپور، محمد؛ يعقوبفر، اكبر؛ سالارى، سميه و ركنى، حسن (۱۳۹۶). اثر شكل فيزيكى خوراك، رقم جو و افزودن آنزيم بر قابليت هضم ايلئومى مواد مغذى و انرژى قابل متابوليسم جيره جوجه‌هاى گوشتى. *توليدات دامى*، ۱۹ (۱)، ۱۷۴-۱۵۹.

Abdollahi, M.R., Zaefarian, F., Hunt, H., Anwar, M.N., Thomas, D.G. & Ravindran, V., 2019. Wheat particle size, insoluble fibre sources and whole wheat feeding influence gizzard musculature and nutrient utilisation to different extents in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(1):146-161.

Ahiwe, E. U., Omede, A. A., Abdallah, M. E., Chang'a, E. P., Al-Qahtani, M., Gausi, H., Graham, H., & Iji, P. A. (2019). Response of broiler chickens to dietary supplementation of enzymatically hydrolyzed glucan or mannan yeast products. *Journal of Applied Poultry Research*, 28, 892-901.

Amerah, A.M., Ravindran, V., Lentle, R.G. & Thomas, D.G., 2008. Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat-and corn-based diets. *Poultry Science* 87(11): 2320-2328.

American Society of Agricultural Engineers. 2003. "Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving." In *Agricultural Engineers Yearbook*, 589. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers

Angelovicova, M., Mendle, J., Angelouc, M. & Kacaniova, M. 2005. Effect of enzyme addition to wheat based diets in broilers. *Trakya University Journal of Natural Sciences*. 6: 29-33.

AOAC International. 1990. *Official Methods of Analysis*. 12th ed. AOAC, Washington. DC, USA, 267-273.

Baker, S.; Herrman, T. 2002. Evaluating Particle Size. In MF-2051 Feed Manufacturing; Department of Grain Science and Industry, Kansas State University: Manhattan, KS, USA.

Baurhoo, B., Ferket, P., Ashwell, C. M., de Oliveira, J., & Zhao, X. 2012. Cell walls of *Saccharomyces cerevisiae* differentially modulated innate immunity and glucose metabolism during late systemic inflammation. *PLoS One*, 7(1), e30323.

Bornaei, L., Salari, S. & Erfani majd, N., 2022. Effect of electron beam irradiated barley grains on growth performance, blood parameters, nutrient digestibility, microbial population, and intestinal histomorphometry in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1): 408-419.

Bortoluzzi, C., Barbosa, J.G.M., Pereira, R., Fagundes, N.S., Rafael, J.M. & Menten, J.F.M., 2018. Autolyzed yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation improves performance while modulating the intestinal immune-system and microbiology of broiler chickens. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2:85.

Choct, M., 2002. Non-starch polysaccharides: effect on nutritive value. *Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value*, pp.221-235.

Garcia, M., Lazaro, R., Latorre, M. A., Gracia, M. I. & Mateos, G. G. 2008. Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poultry Science*. 87: 940-948.

Houshmandi. A. M., Bojarpour. M., Yaqoub Far. A., Sa11ari. S., & Rukni. H. 2017. Effect of physical form, barley variety and enzyme addition on nutrient ileal digestibility and apparent metabolizable energy of broiler diets. *Animal Production* 19: 159-174 (In Persian).

Jacob, J. P. & Pescatore, A. J. 2012. Using barley in poultry diets. A-review. *Journal of Applied Poultry Research*. 21: 915-940.

Kheravii, S. K., Swick, R. A., Choct, M., & Wu, S. 2017. Coarse Particle inclusion and lignocellulose-rich fiber addition in feed benefit Performance and health of broiler chickens. *Poultry Science*. 96, 3272- 3281.

Knudsen, K. E. B. 2014. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science*. 93: 2380-2393.

Lazaro, R., Garcia, M., Aranibar, M. J., & Mateos, G. G. (2003). Effect of enzyme addition to wheat, barley and rye-based on nutrient digestibility and Performance of laying hens. *British Poultry Science*, 44,256-265.

Mateo, E. D., Dave, R. I., & Stein, H. H. 2004. Effect of supplemental nucleosides for newly weaned pigs. *Animal Science*. 82(Suppl. 2):71.

- Mathlouthi, N., Lallès, J. P., Lepercq, P., Juste, C., & Larbier, M. 2002. Xylanase and β -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. *Journal of Animal Science*, 80, 2773-2779.
- Meng, X., Slominski, B. A., Ngachati, C. M., Campbell, L. D., & Guenter, W. 2005. Degradation of cell wall Polysaccharide by combinations of carbohydrate enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken Performance. *Poultry Science*, 84,37-43.
- Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108, 95-117.
- Naderinejad, S., Zaefarian, F., Abdollahi, M.R., Hassanabadi, A., Kermanshahi, H. & Ravindran, V., 2016. Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 215:92-104.
- Nguyen, H. T., M. R. Bedford & N. K. Morgan. 2021. Importance of considering non-starch polysaccharide content of poultry diets, *World's Poultry Science Journal*, 77:3, 619-637.
- Onderci, M., Sahin, N., Cikim, G., Aydin, A., Ozercan, I., Ozkose, E., Ekinci, S., Hayirli, A. & Sahin, K. 2008. β -Glucanase -producing bacterial culture improves performance and nutrient utilization and alters gut morphology of broilers fed a barley-based diet. *Animal Feed Science and Technology*. 146: 87-97.
- Perera, W.N.U., Abdollahi, M.R., Zaefarian, F., Wester, T.J. & Ravindran, V., 2020. The interactive influence of barley particle size and enzyme supplementation on growth performance, nutrient utilization, and intestinal morphometry of broiler starters. *Poultry Science*, 99(9) :4466-4478.
- Pourazadi, Z., Salari, S., Tabandeh, M.R. & Abdollahi, M.R., 2020. Effect of particle size of insoluble fibre on growth performance, apparent ileal digestibility and caecal microbial population in broiler chickens fed barley-containing diets. *British Poultry Science* 61(6):734-745.
- Rebole, A., Ortiz, L. T., Rodríguez, M. L., Alzueta, C., Trevino, J., & Velasco, S. 2010. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth Performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat- and barley-based diet. *Poultry Science*, 89, 276-286.
- 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, 2008-2012.
- Rodríguez, M.L., Rebolé, A., Velasco, S., Ortiz, L.T., Treviño, J. & Alzueta, C., 2012. Wheat- and barley- based diets with or without additives influence broiler chicken performance, nutrient digestibility and intestinal microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1) :184-190.
- Shang, Y., Kumar, S., Thippareddi, H., & Kim W. K. 2018. Effect of dietary fructooligosaccharide (FOS) supplementation on ileal microbiota in broiler chickens. *Poultry Science*, 97: 3622-3634.
- Singh, Y., Ravindran, V., Wester, T. J., Molan, A. L., & Ravindran, G. 2014. Influence of feeding coarse corn on performance, nutrient utilization, digestive tract measurements, carcass characteristics and cecal microflora counts of broilers. *Poultry Science*, 93: 607-616.
- Sirisopapong, M., Shimosato, T., Okrathok, S., & Khempaka, S. 2023. Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics. *Animal Bioscience*, 36(8), 1209.
- Svihus, B., 2011. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal* 67(2): 207-224.
- Van Soest, P.J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch Polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(2), 3583-3597.
- Wu, C., Yang, Z., Song, C., Liang, C., Li, H., Chen, W., Lin, W., & Xie, Q. (2018). Effects of dietary yeast nucleotides supplementation on intestinal barrier function, intestinal microbiota, and humoral immunity in specific pathogen free chickens. *Poultry Science*, 97, 3837-3846.
- Xu, Y., Stark, C.R., Ferket, P.R., Williams, C.M., Pacheco, W.J. & Brake, J., 2015. Effect of dietary coarsely ground corn on broiler live performance, gastrointestinal tract development, apparent ileal digestibility of energy and nitrogen, and digesta particle size distribution and retention time. *Poultry Science* 94(1) :53-60.
- Yang, Y.I.N.G., Iji, P.A., Kocher, A., Thomson, E., Mikkelsen, L.L. & Choct, M., 2008. Effects of mannanoligosaccharide in broiler chicken diets on growth performance, energy utilisation, nutrient digestibility and intestinal microflora. *British Poultry Science*, 49(2): 186-194.

Abstract

Introduction: Grains are the most important and widely used ingredients in poultry diet. Barley can be included in poultry feed as an energy source. The carbohydrates in barley, however, are not as easily digested as those in corn due to the presence of non-starch polysaccharides mainly beta-glucans. Beta-glucans can increase the viscosity of the intestinal contents. An increase in viscosity of the digesta adversely affects the digestion and absorption of nutrients and increase colonization of pathogenic bacteria. Autolyzed yeast is the product of cellular degradation, activated by its own enzymes, that solubilize cellular components and it can be used in broiler diet as prebiotic. The composition of autolyzed yeast varies depending on the production process, and usually autolyzed yeast *Saccharomyces Cerevisiae* contains 29-64% beta-glucan, 31% mannan oligosaccharide, 13% peptide and essential amino acids, and 9% lipid. Therefore, the use of autolyzed yeast in the diet of broilers provides cellular components and cell wall carbohydrates. In broiler chickens, the effects of prebiotics partially rely on blocking receptor sites of pathogen adhesion, immunomodulation, production of antimicrobial molecules by the intestinal microbiota, and shifts in the intestinal microbial structure.

Materials and methods: An experiment was conducted with 400 one-day-old Ross 308 broiler chickens (mixture of two sexes) in completely randomized design with factorial arrangement 2×4 with 8 treatments, 5 replicates from 1 to 35 days of age. The experimental treatments included type of additive (without additive, enzyme, autolyzed yeast and autolyzed yeast with enzyme) and barley particle size (fine (2 mm) and coarse (8 mm)). Body weight gain (BWG) and feed intake (FI) of each pen were recorded. Feed conversion ratio (FCR) adjusted for mortality and it was calculated by dividing FI with BWG for total period (1-35 d). On d 35, two birds were randomly selected from each pen, weighed, and euthanised by cervical dislocation. Then, the pH of the contents from different parts of the GIT (gizzard, duodenum, jejunum, ileum, and caecum) was measured using a digital pH meter. Each of these segments was opened in the middle by an incision and split longitudinally and pH was immediately recorded by inserting the pH meter directly into the digesta. On d 35, a further two birds per replicate (*i.e.* eight birds per treatment) were randomly selected and euthanised by cervical dislocation. The small intestine was removed, and the digesta from the ileum (from Meckel's diverticulum to the ileo-caecal junction) was immediately collected. The samples were placed into clean tubes and centrifuged at 9000 x g at room temperature for 10 min. The supernatant was withdrawn and viscosity was determined using a Brookfield digital viscometer. On day 30, feed was withdrawn for 2 hr and diets containing chromic oxide (3.0 g/kg) were offered. The digesta transit time was then determined as the time from the introduction of the diets to the first appearance of green - coloured droppings. Cecal microbial population also determined at 35 days of age. On d 35, to measure the caecal microflora, one caecum from two birds in each replicate, which had been euthanised by cervical dislocation for ileal collection, was used. The caecal contents were aseptically collected in individual sterile culture tubes, kept on ice, and immediately transferred to the microbiological lab. The data obtained from the experiment were analyzed using SAS (version 9.4) statistical software and GLM procedure. To compare means, Duncan's (1955) multi-range test was used at a significant level of 5%.

Results and discussion: Enzyme addition led to a decrease in feed consumption compared to the treatment receiving the ration without additives during the growth period ($P>0.05$). The size of coarse barley particles caused a decrease in feed consumption compared to fine barley particles during the growth period ($P<0.05$). The experimental treatments did not show any significant effect on the weight gain of chickens during the experimental period ($P>0.05$). In the final period and the entire period of the experiment, the treatment receiving the ration without additives showed a higher feed conversion ratio than other treatments ($P<0.05$). In the final period, the treatment receiving autolyzed yeast with the size of large barley particles created the lowest feed conversion ratio compared to other treatments ($P<0.05$). Add enzyme and autolyzed yeast decreased the pH of gizzard and jejunum compared to the control treatment ($P<0.05$). Autolyzed yeast along with enzyme increased the number of *Lactobacillus* bacteria colonies and decreased the number of *E. coli* and coliform bacteria colonies compared to other treatments ($P<0.05$). Autolyzed yeast with enzyme reduced the viscosity of ileum digestive juice compared to other treatments ($P<0.05$). The digesta transit time in the digestive system in the treatment receiving enzyme, autolyzed yeast, autolyzed yeast with enzyme was less compared to the treatment receiving diet without additives. Additive type, size of barley particles and interaction effect of particle size and type of additive on villus height, crypt depth and villi height to crypt depth ratio of duodenum, jejunum and ileum showed a significant effect. The barley particle size had no significant effect on villus height, crypt depth and duodenal villi height to crypt depth ratio ($P<0.05$). Addition of autolyzed yeast along with enzyme and also the size of barley coarse particles improved the morphological characteristics of the small intestine ($P<0.05$).

Conclusion: If these two additives are used in a targeted way, they can create positive effects in the formation of stable microbial flora in the intestine, which will lead to the improvement of the intestinal morphology and ultimately improve the performance of birds.

Keywords: Broiler chickens, Feed conversion ratio, Transit time, Viscosity.