



Effect of considering nutrient equivalency of a multi enzyme with β -mannanase in feed formulation on broiler chicks' performance

Elham Darsi¹ | Mojtaba Zhaghari² | Jafar Shadman³

1. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: elhamdarsi@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: mzaghari@ut.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Recourse, University of Tehran, Karaj, Iran, E-mail: jafarshadman@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: February 29, 2020

Received in revised form:

November 2, 2020

Accepted: November 4, 2020

Published online: April 15, 2023

Keywords:

β -Mannanase,
broiler chick,
multi enzyme,
nutrient equivalency,
performance.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the response of the Ross 308 broilers to β -mannanase containing multi-enzyme with different percentages of nutrient equivalency values of multi-enzyme in corn-soybean based dies. A total of 192 male Ross 308 broiler chicks were used in a completely randomized design with six treatments, eight replicates, and four birds in each. Treatment one (positive control) was a normal corn-soybean meal diet without multi-enzymes. Treatments two, three, four, and five contained 0.3 kg/ton multi enzymes, using 25, 50, 75, and 100% of the nutrients equivalency value of enzyme, respectively. The sixth treatment (negative control) was like to fifth treatment but without added multi-enzyme. Body weight gain and feed conversion ratio (FCR) were assessed weekly. The results indicate, no significant difference among the treatment one and two in body weight gain and FCR. At 42 days of age, the difference in body weight of the negative control group and treatment five was significant ($P < 0.0001$). The similar performance of birds in treatment two despite lower metabolized energy, crude protein, and phosphorus with added enzyme, comparing to the positive control group, indicating that multi-enzyme had the potential for releasing the feed nutrients.

Cite this article: Darsi, E., Zhaghari, M., & Shadman, J. (2023). Effect of considering nutrient equivalency of a multi enzyme with β -mannanase in feed formulation on broiler chicks' performance. *Iranian Journal of Animal Science*, 54 (1), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2020.298520.653772>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2020.298520.653772>

Publisher: University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Soybean meal is a common source of protein in poultry feed, however, it contains a number of anti-nutritional factors, including non-starch polysaccharides. Non-starch polysaccharides are among the factors that reduce the availability of



nutrients. Enzymes improve the digestibility of feed nutrients either directly or by eliminating non-nutritional factors, and their use in poultry diets has become common since the last four decades. Therefore, the aim of this study was to investigate the response of Ross 308 broiler chickens to thirteen multi-enzymes containing beta-mannanase, taking into account the different levels of nutrients equivalent to the enzyme in the diet based on corn and soybean meal.

Materials and Methods

In order to investigate the response of broiler chickens to thirteen multi-enzymes containing beta-mannanase, an experiment was carried out in the form of a completely randomized design with 6 treatments in 8 replications and 48 experimental units in which there were 4 Ross 308 chickens in each unit, and in total with 192 chickens were used. Treatments 2, 3, 4 and 5 contained 0.3 kg per ton of thirteen multi-enzymes, which were 25, 50, 75 and 100% equivalent of enzyme nutrients respectively in setting the formulas. Treatment 6 (negative control) was similar to treatment 5 but without using multi-enzyme. Chickens at the ages of 7, 14, 21, 35 and 42 were weighed and the feed conversion factor was calculated. At the end of the experiment period. Excreta samples of each cage were collected to measure the amount of calcium, phosphorus and nitrogen. The amount of calcium and phosphorus was measured with an atomic absorption device and a spectrophotometer, respectively, based on the method proposed by the Official Analytical Association of American Chemists.

Results

The highest body weight and the best feed conversion ratio at the ages of 7, 14, 21, and 28 days were obtained by consuming a diet containing multi-enzyme and calculating 25% equivalent of its nutrients, and the lowest performance was related to the chickens that received the negative control feed ($P < 0.0001$). At the end of the experimental period, the difference in weight and feed conversion efficiency of treatment one and two was not significant. The difference in body weight between the negative control group and treatment 5 at the age of 42 days was significant ($P < 0.0001$). Adding multi-enzyme to the diet did not have a significant effect on the amount of calcium excretion through feces. Based on the obtained results, the excretion of phosphorus in the chickens that consumed the enzyme was 3.6% lower than the other two groups that did not consume the enzyme (positive and negative control groups), which indicates more absorption of phosphorus from the digestive system. Furthermore, Enzyme addition reduced nitrogen excretion through excreta.

Conclusion

The same performance of chickens fed with treatment two, despite the reduction in the amount of metabolizable energy, crude protein and available phosphorus, with the addition of enzyme compared to the positive control treatment, indicates the potential of nutrient release by multienzyme.

Keywords: β -Mannanase, broiler chick, multi enzyme, nutrient equivalency, performance,.



اثر محاسبه مواد مغذی معادل مولتی آنزیم حاوی بتا-ماناناز در جیره غذایی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

الهام دارسی آرانی^۱ | مجتبی زاغری^۲ | جعفر شادمان^۳

۱. گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، رایانامه: elhamdarsi@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، رایانامه: mzaghari@ut.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، رایانامه: jafarshadman@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶

کلیدواژه‌ها:

بتا-ماناناز،

جوجه گوشتی،

عملکرد،

مواد مغذی معادل،

مولتی آنزیم.

هدف این پژوهش بررسی پاسخ جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ به مولتی آنزیم سبزه‌گانه حاوی بتا ماناناز با احتساب سطوح مختلف مواد مغذی معادل آنزیم در جیره بر پایه ذرت- سویا بود. این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با ۶ تیمار، ۸ تکرار و ۴ پرند در هر تکرار و با استفاده از ۱۹۲ قطعه جوجه خروس سویه راس ۳۰۸ انجام شد. تیمار یک (کنترل مثبت) بدون استفاده از مولتی آنزیم سبزه‌گانه تنظیم شد. تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ حاوی ۰/۳، ۰/۳، ۰/۳ و ۰/۳ کیلوگرم در تن مولتی آنزیم سبزه‌گانه بود که به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد معادل مواد مغذی آنزیم در تنظیم فرمول‌ها لحاظ گردید. تیمار شش (کنترل منفی) مشابه تیمار ۵ و بدون استفاده از مولتی آنزیم بود. صفات افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک هر هفته اندازه‌گیری شد. در پایان دوره آزمایش تفاوت وزن و ضریب تبدیل تیمار یک و دو معنی‌دار نبود. تفاوت وزن بدن گروه کنترل منفی و تیمار ۵ در سن ۴۲ روزگی معنی‌دار بود ($P < 0/0001$). عملکرد یکسان جوجه‌های تغذیه‌شده با تیمار دو، با وجود کاهش مقدار انرژی قابل سوخت و ساز، پروتئین خام و فسفر قابل دسترس، با افزودن آنزیم در مقایسه با تیمار کنترل مثبت، بیانگر پتانسیل آزاد سازی مواد مغذی توسط مولتی آنزیم است.

استناد: دارسی آرانی، ا.، زاغری، م. و شادمان، ج (۱۴۰۲). اثر محاسبه مواد مغذی معادل مولتی آنزیم حاوی بتا-ماناناز در جیره غذایی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی. *نشریه علوم دامی ایران*، ۵۴ (۱)، ۱-۱۲. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2020.298520.653772>



۱. مقدمه

استفاده از آنزیم‌ها برای بالا بردن قابلیت دسترسی مواد مغذی در جیره حیوانات از سال ۱۹۲۵ گزارش شده است، اما استفاده تجاری از آنزیم‌ها به عنوان افزودنی‌های غذایی تاریخچه‌ی چهل ساله دارد. جیره طیور به‌طور عمده بر پایه ذرت و سویا می‌باشد که منبع اصلی انرژی و پروتئین جیره هستند. ذرت در جیره طیور به عنوان منبع انرژی استفاده می‌شود و مواد مغذی موجود در آن در سطح بالایی توسط طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد. سویا نیز یک منبع مرسوم پروتئینی در جیره طیور است اما تعدادی از فاکتورهای ضدتغذیه‌ای از جمله پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در آن وجود دارد. پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته از جمله فاکتورهایی هستند که میزان دسترسی مواد مغذی را کاهش می‌دهند. ۲۲/۷٪ کربوهیدرات‌های موجود در کنجاله سویا به صورت پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای هستند. مانان‌ها از جمله این پلی‌ساکاریدها هستند که متابولیسم گلوکز و ترشح انسولین را در خوک‌ها تحت تاثیر قرار داده و در نتیجه میزان جذب و استفاده از گلوکز و آمینواسیدها را تحت تاثیر قرار می‌دهند و منجر به کاهش رشد و بهره‌وری خوراک می‌شوند (Jackson *et al.*, 1999). شناسایی و حذف مواد غذایی (ضد تغذیه‌ای) که مانع استفاده از مواد مغذی می‌شوند برای رشد و تولید مناسب طیور ضروری است.

آنزیم‌ها قابلیت هضم مواد مغذی خوراک را یا به طور مستقیم و یا از طریق از بین بردن فاکتورهای غیرتغذیه‌ای بهبود می‌دهند (Bedford, 2018) و استفاده از آنها در جیره طیور از چهار دهه گذشته متداول شده است. فیتازها، پروتازها و پلی‌ساکاریدازهای غیرنشاسته‌ای انواعی از آنزیم‌ها هستند که در صنعت خوراک طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند و علاوه بر بهبود قابلیت هضم مواد غذایی، میزان جذب و استفاده از آنها را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند (Pirgozliev *et al.*, 2011; Cowieson *et al.*, 2009; Cowieson and Bedford, 2009). آنزیم‌ها به مقدار کم در جیره استفاده می‌شوند اما اثر قابل توجهی دارند و در نتیجه مقدار مواد مغذی آنها بالا است. مقدار مواد مغذی که در نتیجه فعالیت آنزیم‌ها آزاد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحت عنوان مواد مغذی معادل آنزیم (Matrix) شناخته می‌شود و انواع مختلف آنزیم‌ها باعث آزاد شدن انواع مختلفی از مواد مغذی در مقادیر متفاوت می‌شوند برای مثال پلی‌ساکاریدازهای غیرنشاسته‌ای باعث آزاد سازی انرژی، آمینواسیدها و پروتئین‌ها می‌شوند (Bedford and Cowieson, 2020). نتایج مطالعات مختلف نشان داد استفاده از این آنزیم‌ها در جیره طیور منجر به بهبود میزان دسترسی مواد مغذی و در نتیجه عملکرد طیور شده است (Cowan *et al.*, 1996; Berwanger *et al.*, 2017). به طور کلی استفاده از مواد مغذی معادل آنزیم در هنگام فرمولاسیون جیره می‌تواند میزان استفاده از مواد غذایی مرتبط با آنزیم و در نتیجه قیمت نهایی جیره را کاهش داده و عملکرد پرنده را بهبود دهد.

در بیشتر مطالعات انجام شده آنزیم به صورت سرک به جیره اضافه شده است اما جهت بهره‌مندی از مزایای افزودن آنزیم به خوراک بهتر است مواد مغذی معادل آنها در هنگام فرموله کردن جیره‌ها در نظر گرفته شود (Cowieson *et al.*, 2010; Rosen, 2001; 2002). مطالعات مختلفی میزان آزادسازی مواد مغذی مختلف را با افزودن آنزیم مورد بررسی قرار داده‌اند (Yi *et al.*, 1996; Ravindran *et al.*, 2001; Zaghari *et al.*, 2008; Cowieson *et al.*, 2010) و بر اساس تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگران، معادل انرژی، فسفر، پروتئین و آمینواسیدهای مولتی آنزیم استفاده شده در این تحقیق تعیین و توسط شرکت تولیدکننده این مولتی آنزیم ارائه شد.

با توجه به اینکه قابلیت هضم پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای بسیار پایین بوده و مقدار زیادی از آنها از طریق فضولات دفع می‌شوند و این پلی‌ساکاریدها با مقادیر زیادی آب ترکیب شده و در نتیجه چسبندگی را افزایش می‌دهند و این چسبندگی قابلیت هضم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، آنزیم ماناناز به ترکیب مولتی

آنزیم تجاری ناتوزیم اضافه شد. بنابراین با توجه به مطالعات انجام شده و با توجه به اضافه شدن آنزیم ماناناز به مولتی آنزیم تجاری ناتوزیم، در پژوهش حاضر اثر حضور آنزیم ماناناز در شرایط استفاده از معادل مواد مغذی آنزیم، بر عملکرد جوجه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در آزمایشگاه تحقیقات بیولوژی طیور گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. به منظور بررسی پاسخ جوجه‌های گوشتی به مولتی آنزیم سبزه‌گانه حاوی بتا ماناناز، آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار در ۸ تکرار و ۴۸ واحد آزمایشی که در هر واحد ۴ قطعه جوجه خروس راس ۳۰۸ قرار داشتند، انجام شد. بنابراین در مجموع ۱۹۲ قطعه جوجه یک روزه مورد استفاده قرار گرفت. در کل دوره شش جیره آزمایشی برای دوره‌های آغازین، رشد و پایانی فرموله شد. تیمار یک (کنترل مثبت) خوراک بر پایه ذرت و سویا بود و مواد مغذی محتوی آن در مراحل آغازین، رشد و پایانی بر اساس پیشنهاد راهنمای تغذیه سویه راس ۳۰۸ (سال ۲۰۱۴)، بدون استفاده از مولتی آنزیم سبزه‌گانه و بدون اعمال ماتریس مولتی آنزیم تنظیم شد. در تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵، خوراک حاوی ۰/۳ کیلوگرم در تن مولتی آنزیم سبزه‌گانه بود که به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از ارزش معادل مواد مغذی آنزیم (جدول ۱) در تنظیم فرمول‌ها لحاظ گردید و تیمار شش (کنترل منفی) از لحاظ نسبت اقلام جیره مشابه تیمار ۵ بود با این تفاوت که به جای مولتی آنزیم از پرکننده (ماسه بادی) استفاده گردید (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). به منظور حذف اثر افزایش مصرف خوراک (با رقیق شدن جیره‌ها از تیمار دو تا شش) مقدار خوراک مصرفی جوجه‌ها در کلیه تیمارها محدود و به اندازه مصرف تیمار آخر (کنترل منفی) یعنی رقیق‌ترین جیره تنظیم و روزانه در دفعات متعدد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت.

جوجه‌ها در سنین ۷، ۱۴، ۲۱، ۳۵ و ۴۲ توزین و ضریب تبدیل خوراک به وزن زنده محاسبه گردید (جدول ۵). در پایان دوره آزمایش، نمونه فضولات هر قفس برای اندازه‌گیری میزان کلسیم، فسفر و ازت فضولات جمع‌آوری شد (جدول ۶). مقدار کلسیم و فسفر به ترتیب با دستگاه جذب اتمی و اسپکتوفوتومتر و روش پیشنهادی انجمن تحلیلی رسمی شیمی دانان امریکا (ANOVA) اندازه‌گیری شد. خاکستر نا محلول در اسید با استفاده از کوره و روش معمول اندازه‌گیری شد (Siriwan *et al.*, 1993). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS 9.0 (2011) رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه تفاوت میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج مربوط به افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها در سنین مختلف در جدول ۵، آورده شده است. بالاترین وزن بدن و بهترین ضریب تبدیل خوراک در سنین ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روزگی با مصرف جیره حاوی مولتی آنزیم و محاسبه ۲۵ درصد معادل مواد مغذی آن حاصل شد و پایین‌ترین عملکرد مربوط به جوجه‌هایی بود که خوراک کنترل منفی را دریافت نموده بودند ($P < 0/0001$). در کل دوره آزمایش تفاوت وزن و ضریب تبدیل تیمار یک و دو معنی‌دار نبود ($P < 0/0001$). تفاوت وزن بدن گروه کنترل منفی و تیمار ۵ (محاسبه ۱۰۰ درصد مواد مغذی معادل آنزیم) در سن ۴۲ روزگی معنی‌دار بود ($P < 0/0001$).

جدول ۱. مواد مغذی معادل یک کیلوگرم مولتی آنزیم (توصیه شده توسط شرکت تولید کننده)

Table 1. Nutrient equivalency values of a Multi Enzyme recommended by producer

AMEn(kcal/kg)	442857	(kcal/kg)
CP	2143	%
Ca	400	%
P	371	%
Lys	34	%
Met	3	%
Met+Cys	12	%
Thr	37	%

ترکیبات مولتی آنزیم (واحد/گرم): فیتاز ۱۵۰۰، بتا گلوکاناز ۷۰۰، الفامیلاز ۷۰۰، سلولاز ۶۰۰۰، پکتیناز ۷۰، زایلاناز ۱۰۰۰۰، لیباز ۳۰، پروتاز ۳۰۰۰، بتا ماناناز ۶۰۰.
Multienzyme compounds(per gram): phytase1500, Bglucanase700, amylase700,cellolase6000, pektinase70,xylanase10000, lypase30, protease3000, mannanase600

جدول ۲. ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی خوراکی‌های آزمایشی دوره آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی)

Table 2. Ingredient and Nutritional composition of experimental diets (%) at starter phase

Ingredients	Diets					C ⁻
	C ⁺	25%NMV ²	50%NMV	75%NMV	100%NMV	
Corn grain	493.3	508.7	524.7	540.7	559.7	556.7
Soybean meal	423	416.3	409.6	402.8	396	396
Corn oil	41.1	33.1	25	16.8	8.7	8.7
Dicalcium phosphate	18.6	17	15.4	13.8	12.2	12.2
Oyster shell	9.6	9.8	10.1	10.3	10.6	10.6
Common Salt	4.5	4.3	4.1	3.9	3.7	3.7
Sodium bicarbonate	0.3	0.6	0.9	1.1	1.4	1.4
Vitamin and Min. premix ²	5	5	5	5	5	5
DL-Methionine	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2
L-Lysine HCl	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.4
L-Threonine	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
Multi enzyme	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0
Filler	0	0	0	0	0	0.3
Sum	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nutrients (Calculated as %)						
ME _n (kcal/kg)	2950	2916	2883	2850	2817	2817.14
Crude protein	22.616	22.455	22.294	22.133	21.973	21.973
Calcium	0.944	0.912	0.884	0.854	0.824	0.824
Available phosphorus	0.472	0.444	0.416	0.388	0.360	0.361
Na	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Anion cation balance (meq/kg)	250	250	250	250	250	250
Dig. Lys	1.258	1.255	1.253	1.250	1.247	1.248
Dig. Met	0.628	0.6277	0.6275	0.6273	0.6271	0.627
Dig. Met+Cys	0.934	0.844	0.754	0.664	0.574	0.93
Dig. Thr	0.8459	0.8431	0.8403	0.8375	0.8348	0.8384
Cost	1249	1233	1209	1186	1162	1155

۱. مکمل ویتامینی و معدنی در هر کیلوگرم خوراک، مواد زیر را تامین نمود: ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۴۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۵۵ واحد بین المللی ویتامین E، ۲/۲ میلی گرم ویتامین K، ۲/۲ میلی گرم ویتامین B₁، ۵/۴ میلی گرم ویتامین B₂، ۴۵ میلی گرم نیکوتینیک اسید، ۱۵ میلی گرم پنتوتینیک اسید، ۲/۲ میلی گرم ویتامین B₆، ۱/۱۵ میلی گرم بیوتین، ۱/۶ میلی گرم فولیک اسید، ۰/۱۱ میلی گرم ویتامین B₁₂، ۱۵۰۰ میلی گرم کولین کلراید، ۱۲۰ میلی گرم Mn، ۱۱۰ میلی گرم Zn، ۱۶ میلی گرم Cu، ۰/۳۰ میلی گرم Se، ۱/۲۵ میلی گرم Fe.

1. Vitamin-mineral premix (2.5 kg/1000 kg); vitamin A (9,000 IU), vitamin D2 (4,000IU), vitamin E (55 IU), vitamin K (2.2 g), vitamin B1 (2.2 g), vitamin B2 (5.4 g), nicotinic acid (45 mg), Pantothenic acid (15 mg), vitamin B6 2.2 (2.2 mg), Biotin (0.15 mg), Folate (1.6 mg), vitamin B12 (0.011 mg), Choline chloride (1500 mg), manganese (120 mg), zinc (110 g), copper (16 mg), selenium (0.3 mg), iodine (1 g), iron (20 mg)
2. Nutrient Matrix Value.

عملکرد مشابه در جوجه‌های تغذیه شده با تیمار دو (۲۵ درصد معادل مواد مغذی آنزیم) نسبت به تیمار کنترل مثبت، بیانگر تاثیر مثبت قابل توجه مولتی آنزیم در بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل خوراک است. از مکانیسم‌های احتمالی برای توضیح بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی، می‌توان به کاهش گرانروی محتویات لوله گوارشی و بهبود انتشار آنزیم‌ها و مواد مغذی (Meng & Slominski, 2005)، بهبود قابلیت هضم انرژی، نیتروژن و نشاسته توسط آنزیم‌های تجزیه کننده

(Endogenous) کاهش ترشحات درون‌زاد (Cowieson & Adeola, 2005, Meng & Slominski, 2005)، کاهش ترشحات درون‌زاد (Endogenous) (Cowieson & Adeola, 2005)، تخریب دیواره سلولی نمونه خوراک (Ravn *et al.*, 2016) و آزاد شدن مواد مغذی محصور شده توسط دیواره سلولی (Cowieson & Adeola, 2005, Ravindran *et al.*, 1999)، تغییر جمعیت میکروبی روده (Mathlouthi *et al.*, 2002)، تغییر مورفولوژی مخاط روده (Annisson & Choct, 1991, Sharifi *et al.*, 2013)، هضم اسید فیتیک توسط فیتات (Cowieson & Adeola, 2005)، هضم بتامانان توسط آنزیم بتاماناز (Odetallah *et al.*, 2004, Jackson *et al.*, 2002) و تولید الیگوساکاریدهای پری بیوتیکی (Lee *et al.*, 2017) اشاره کرد. نتایج تحقیقات نشان داده آنزیم‌های کربوهیدراز با تجربه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و تولید الیگوساکاریدهای کوچک‌تر، عملکرد پرنده را بهبود می‌دهند (Craig *et al.*, 2019; Al-Sultan *et al.*, 2016; Knudsen, 2014; Courtin *et al.*, 2008) و یکی از مکانیسم‌های بهبود مشاهده شده در عملکرد پرنده، خاصیت پری‌بیوتیکی الیگوساکاریدهای تولیدی در نتیجه فعالیت آنزیم‌های کربوهیدراز است. الیگوساکاریدهای حاصل از هیدرولیز پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای توسط باکتری‌هایی مانند بیفیدوباکتر ۱ و لاکتوباسیل ۲ تخمیر شده و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر را تولید می‌کنند (Lee *et al.*, 2017). با افزایش مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر، جمعیت باکتری‌های مفید افزایش، جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا کاهش (Engberg *et al.*, 2004) و عملکرد رشد پرنده بهبود می‌یابد (Ravangard *et al.*, 2017).

جدول ۳. ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی خوراکی‌های آزمایشی دوره رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی)

Table 3. Ingredient and Nutritional composition of experimental diets (%) at grower phase

Ingredients	Diets					C ⁺
	C ⁺	25%NMV ²	50%NMV	75%NMV	100%NMV	
Corn grain	548.9	564.2	580.2	596.2	612.2	612.2
Soybean meal	374.8	368.1	368.3	354.5	347.7	347.7
Corn oil	38.8	30.8	22.7	14.5	6.4	6.4
Dicalcium phosphate	16.1	14.5	12.9	11.3	9.8	9.8
Oyster shell	8.8	9.1	9.3	9.6	9.8	9.8
Common Salt	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	2.8
Sodium bicarbonate	1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.1
Vitamin and Min. premix ²	5	5	5	5	5	5
DL-Methionine	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
L-Lysine HCl	0.5	0.5	0.6	0.8	1	1
L-Threonine	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Multi enzyme	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0
Filler	0	0	0	0	0	0.3
Sum	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nutrients (Calculated as %)						
ME _n (kcal/kg)	3000	2966	2933	2907	2867	2867.14
Crude protein	20.806	20.645	20.484	20.323	20.163	20.163
Calcium	0.8419	0.8119	0.7819	0.7519	0.7219	0.722
Available phosphorus	0.421	0.393	0.365	0.337	0.309	0.3097
Na	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Anion cation balance (meq/kg)	240	240	240	240	240	240
Dig. Lys	1.1129	1.1104	1.1079	1.1054	1.1029	1.1027
Dig. Met	0.553	0.5527	0.5525	0.5523	0.5521	0.552
Dig. Met+Cys	0.8418	0.7518	0.6618	0.5718	0.4818	0.8382
Dig. Thr	0.7449	0.7421	0.7393	0.7365	0.7338	0.7338
Cost	1198	1118	1158	1134	1111	1104

۱. مکمل ویتامینی و معدنی در هر کیلوگرم خوراک، مواد زیر را تامین نمود: ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۴۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۵۵ واحد بین المللی ویتامین E، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین K، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۵/۴ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۴۵ میلی‌گرم نیکوتینیک اسید، ۱۵ میلی‌گرم پنتوتینیک اسید، ۲/۲ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۱/۱۵ میلی‌گرم بیوتین، ۱/۶ میلی‌گرم فولیک اسید، ۰/۱۱ میلی‌گرم ویتامین B₁₂، ۱۵۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۱۲۰ میلی‌گرم Mn، ۱۱۰ میلی‌گرم Zn، ۱۶ میلی‌گرم Cu، ۰/۳۰ میلی‌گرم Fe.

2. Nutrient Matrix Value.

1. Vitamin-mineral premix (2.5 kg/1000 kg); vitamin A (9,000 IU), vitamin D2 (4,000IU), vitamin E (55 IU), vitamin K (2.2 g), vitamin B1 (2.2 g), vitamin B2 (5.4 g), nicotinic acid (45 mg), Pantothenic acid (15 mg), vitamin B6 2.2 (2.2 mg), Biotin (0.15 mg), Folate (1.6 mg), vitamin B12 (0.011 mg), Choline chloride (1500 mg), manganese (120 mg), zinc (110 g), copper (16 mg), selenium (0.3 mg), iodine (1 g), iron (20 mg)

جدول ۴. ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی خوراکی‌های آزمایشی دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی)

Table 4. Ingredient and Nutritional composition of experimental diets (%) at finisher phase

Ingredients	Diets					
	C ⁺	25%NMV ²	50%NMV	75%NMV	100%NMV	C ⁻
Corn grain	618.6	634	650	666	681.9	681.9
Soybean meal	312.6	305.9	299.1	292.3	285.5	285.5
Corn oil	34.1	36.2	18	9.9	1.7	1.7
Dicalcium phosphate	14.2	12.6	11	9.4	7.8	7.8
Oyster shell	8.1	8.4	8.7	8.9	9.2	9.2
Common Salt	2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2
Sodium bicarbonate	2.5	2.7	3	3.3	3.5	3.5
Vitamin and Min. Premix ¹	5	5	5	5	5	5
DL-Methionine	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
L-Lysine	0.5	0.7	0.8	1	1.1	1.1
L-Threonine	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
Multi enzyme	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0
Filler	0	0	0	0	0	0.3
Sum	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nutrients (Calculated as %)						
ME _n (kcal/kg)	3050	3016	2983	2950	2917	2917.14
Crude protein (%)	18.586	18.42	18.26	18.04	17.94	17.94
Calcium (%)	0.753	0.723	0.693	0.663	0.633	0.633
Available phosphorus (%)	0.3765	0.348	0.321	0.293	0.265	0.265
Na (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Anion cation balance (meq/kg)	230	230	230	230	230	230
Dig. Lys (%)	0.9817	0.9792	0.9812	0.9742	0.9717	0.971
Dig. Met (%)	0.4962	0.4959	0.4957	0.4955	0.4953	0.495
Dig. Met+Cys (%)	0.762	0.672	0.582	0.492	0.402	0.758
Dig. Thr (%)	0.6575	0.6547	0.6519	0.6491	0.6464	0.6464
Cost	1141	1125	1101	1078	1054	1047

۱. مکمل ویتامینی و معدنی در هر کیلوگرم خوراک، مواد زیر را تامین نمود: ۹۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۴۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۵۵ واحد بین المللی ویتامین E، ۲/۲ میلی گرم ویتامین K، ۲/۲ میلی گرم ویتامین B₁، ۵/۴ میلی گرم ویتامین B₂، ۴۵ میلی گرم نیکوتینیک اسید، ۱۵ میلی گرم پنتوتنیک اسید، ۲/۲ میلی گرم ویتامین B₆، ۱/۱۵ میلی گرم بیوتین، ۱/۶ میلی گرم فولیک اسید، ۰/۱۱ میلی گرم ویتامین B₁₂، ۱۵۰۰ میلی گرم کولین کلراید، ۱۲۰ میلی گرم Mn، ۱۱۰ میلی گرم Zn، ۱۶ میلی گرم Cu، ۰/۳۰ میلی گرم Se، ۱/۲۵ میلی گرم Fe.

1. Vitamin-mineral premix (2.5 kg/1000 kg); vitamin A (9,000 IU), vitamin D₂ (4,000IU), vitamin E (55 IU), vitamin K (2.2 g), vitamin B₁ (2.2 g), vitamin B₂ (5.4 g), nicotinic acid (45 mg), Pantothenic acid (15 mg), vitamin B₆ 2.2 (2.2 mg), Biotin (0.15 mg), Folate (1.6 mg), vitamin B₁₂ (0.011 mg), Choline *chloride* (1500 mg), manganese (120 mg), zinc (110 g), copper (16 mg), selenium (0.3 mg), iodine (1 g), iron (20 mg)
2. Nutrient Matrix Value.

جدول ۵. اثر مواد مغذی معادل مولتی آنزیم سبزه گانه حاوی بتا ماناناز بر عملکرد جوجه های گوشتی

Table 5. Effects of multi enzyme with β-mannanase on performance of broilers

Item	Treatments					SEM	P value
	C ⁺	25%NMV ²	50%NMV	75%NMV	100%NMV		
Body weight gain (g)							
7 day	141.4 ^{ab}	145.3 ^a	144.5 ^{ab}	143.5 ^{ab}	138.7 ^{ab}	131.9 ^b	0.0001
12 day	292.9 ^{ab}	297.5 ^a	289.2 ^{ab}	291.2 ^{ab}	283.8 ^b	285.4 ^b	0.03
21 day	593.3 ^a	597.3 ^a	578.9 ^b	578.4 ^b	570.7 ^b	570.7 ^b	0.0007
28 day	997.2 ^a	1000.5 ^a	973.2 ^b	967.3 ^b	968.6 ^b	950.2 ^b	0.0003
35 day	1542.7 ^a	1521.6 ^a	1487.7 ^b	1482.9 ^b	1482.1 ^b	1439.7 ^c	0.0001
42 day	2058.5 ^a	2016.2 ^{ab}	1980.7 ^b	1962.6 ^b	1960.8 ^b	1879.9 ^c	0.0001
Feed conversion ratio (g feed/g gain)							
7 day	0.90 ^{bc}	0.89 ^{bc}	0.37 ^c	0.90 ^{bc}	0.93 ^{ab}	0.94 ^a	0.01
12 day	1.23 ^c	1.22 ^c	1.24 ^{abc}	1.23 ^{abc}	1.27 ^a	1.26 ^{ab}	0.01
21 day	1.33 ^b	1.32 ^b	1.35 ^{ab}	1.35 ^{ab}	1.38 ^a	1.37 ^a	0.01
28 day	1.45 ^b	1.44 ^b	1.47 ^{ab}	1.48 ^a	1.50 ^a	1.49 ^a	0.01
35 day	1.52 ^b	1.54 ^b	1.59 ^a	1.58 ^a	1.60 ^a	1.62 ^a	0.0001
42 day	1.61 ^b	1.64 ^b	1.69 ^a	1.69 ^a	1.71 ^a	1.74 ^a	0.0001

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار (P < ۰/۰۵) است.

C⁺; Positive control, C⁻; Negative control, Means with different superscripts on same row differ significantly (P < 0.05).

نتایج بیانگر این است که در تیمار ۲ (محاسبه ۲۵ درصد مواد مغذی معادل آنزیم) علی‌رغم کاهش ۳۳ کیلوکالری انرژی قابل سوخت و ساز، ۰/۱۶ واحد پروتئین خام و ۰/۰۳ واحد فسفر قابل دسترس، با افزودن آنزیم، عملکرد نسبت به کنترل مثبت تغییر نکرده است. اما با کاهش مقدار انرژی قابل سوخت و ساز، پروتئین خام و فسفر قابل دسترس در مقادیر بالاتر، افزودن آنزیم نتوانست عملکرد پرند را در سطح طبیعی حفظ کند و علت آن می‌تواند بالاتر بودن مقادیر برآورد شده معادل مواد مغذی آنزیم باشد.

تأثیر مولتی آنزیم بر میزان پروتئین، کلسیم و فسفر موجود در فضولات در سن ۴۲ روزگی، در جدول ۶ آورده شده است. افزودن مولتی آنزیم به جیره تأثیر معنی‌داری بر میزان دفع کلسیم از طریق فضولات نداشت. این در حالی است که افزودن آنزیم موجب کاهش دفع ازت از طریق فضولات شد. به طوری که پروتئین فضولات در تیمارهای چهار (محاسبه ۷۵ درصد مواد مغذی معادل آنزیم)، پنج (محاسبه ۱۰۰ درصد مواد مغذی معادل آنزیم) و شش (کنترل منفی) نسبت به تیمار کنترل مثبت کاهش قابل توجهی داشت ($P < 0/04$). در حالی که کاهش درصد پروتئین فضولات در تیمار دو (محاسبه ۲۵ درصد مواد مغذی معادل آنزیم) و سه (محاسبه ۵۰ درصد مواد مغذی معادل آنزیم)، نسبت به تیمار کنترل مثبت معنی‌دار نبود. دفع فسفر از طریق فضولات در تیمار پنج (محاسبه ۲۵ درصد مواد مغذی معادل آنزیم) و شش (کنترل منفی)، کاهش قابل توجهی در مقایسه با تیمار کنترل مثبت داشت ($P < 0/01$). اما کاهش دفع فسفر در تیمارهای دو، سه و چهار نسبت به تیمار کنترل مثبت معنی‌دار نبود.

بر اساس نتایج به دست آمده، دفع فسفر در جوجه‌هایی که آنزیم مصرف نموده بودند ۳/۶ درصد نسبت به دو گروه دیگر که آنزیم مصرف ننموده بودند (گروه کنترل مثبت و منفی) کمتر بود که حاکی از جذب بیشتر فسفر از دستگاه گوارش است. مصرف مولتی آنزیم و اعمال ماتریس آنزیم در فرمولاسیون جیره، موجب کاهش قابل توجه دفع فسفر و ازت از طریق فضولات شد. مکانیسم احتمالی دخیل در کاهش فسفر و پروتئین خام دفعی از طریق فضولات می‌تواند به این صورت باشد که کاهش سطح فسفر (Selle *et al.*, 2012)، کلسیم و پروتئین جیره، با اعمال ماتریس مولتی آنزیم در فرموله کردن جیره، از تیمار یک تا تیمار شش از یک سو و افزایش دسترسی و ابقای پروتئین، کلسیم و فسفر باند شده با فیتات به دلیل حضور مولتی آنزیم (Yi *et al.*, 1996) از سوی دیگر می‌تواند موجب کاهش دفع فسفر (Plumstead *et al.*, 2008, Selle *et al.*, 2012, Yi *et al.*, 1996)، پروتئین و کلسیم شود. به طوری که طبق گزارش، کاهش سطح فسفر جیره (Yan *et al.*, 2001) و افزودن فیتاز در جیره موجب کاهش دفع فسفر در خوک و جوجه گوشتی به ترتیب ۳۵ و ۴۷٪ شد (Selle *et al.*, 2012).

جدول ۶. اثر مواد مغذی معادل مولتی آنزیم سیزده‌گانه حاوی بتا ماناناز بر میزان دفع کلسیم، فسفر و ازت از طریق فضولات (بر حسب ماده خشک)

Table 6. Effects of multi enzyme with β -mannanase on excreta N, P, Ca

Treatment	Excreta		
	P (%)	Ca (%)	Protein (%)
C ⁺ (positive control)	1.07 ^a	2.58	25.74 ^a
25% Nutrient matrix value	1.13 ^a	2.37	25.61 ^{ab}
50% Nutrient matrix value	0.98 ^{ab}	2.65	23.72 ^{abc}
75% Nutrient matrix value	1.01 ^{ab}	2.63	22.69 ^{bc}
100% Nutrient matrix value	0.08 ^b	2.36	22.51 ^c
C ⁻ (negative control)	0.78 ^b	2.28	22.08 ^c
SEM	0.03	0.06	0.46
P Value	0.01	0.55	0.04

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0/05$) است.

Means with different superscripts on same column differ significantly ($P < 0.05$).

افزودن مولتی آنزیم به خوراک و محاسبه ۲۵ درصد از مواد مغذی معادل آنزیم موجب ارزان تر شدن خوراک به میزان ۱۶۰ ریال شد (جدول های ۲، ۳ و ۴). با توجه به اینکه تفاوت عملکرد تیمار ۱ و ۲ معنی دار نبود با احتساب هزینه خوراک برای هر کیلوگرم افزایش وزن ($۱۶۰ \times ۱/۶۴ = ۲۶۲/۴$) و هزینه افزودن آنزیم به خوراک ($۱۱۵/۶ = ۲۳۵۰۰۰ \times ۰/۰۰۳ \times ۱/۶۴$) نسبت هزینه به فایده (Return On Investment=ROI) ۲/۲۶ خواهد شد.

۴. نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده استفاده از مولتی آنزیم حاوی بتاماناز با در نظر گرفتن ۲۵ درصد معادل مواد مغذی آنزیم، عملکرد پرنده را در مقایسه با جیره فاقد آنزیم تحت تاثیر قرار نداد و با توجه به ارزان تر بودن خوراک دارای آنزیم با احتساب ۲۵ درصد معادل مواد مغذی استفاده از آنزیم در جیره هم از نظر اقتصادی و هم از نظر عملکردی دارای اهمیت بوده و استفاده از آن توصیه می شود.

۵. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

۶. منابع

- Al-Sultan, S., Abdel-Raheem, S.M., El-Ghareeb, W.R., & Mohamed, M.H.A. (2016). Comparative effects of using prebiotic, probiotic, symbiotic and acidifier on growth performance, intestinal microbiology and histomorphology of broiler chicks. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 64 (Supplement 2), S187-S195.
- Annisson, G., & Choct, M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science Journal*, 47, 232-242.
- Bedford, M.R. (2018). The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: the role of data interpretation. *British Poultry Science*, 59, 486-493.
- Berwanger, E., Nunes, R.V., Olivera, T.M.M DE., Bayerle, D.F., & Bruno, L.D.G. (2017). Performance and carcass yield of broiler fed increasing levels of sunflower cake. *Revista Caatinga*, 30(1), 201-212
- Courtin, C.M., Broekaert, W.F., Swenen, K., Lescort, O., Onagbesan, O., Buyse, J., & Decypere, E. (2008). Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induces beneficial nutritional effects in chickens. *Cereal Chemistry*, 85, 607-613.
- Cowen, E.L., Wyman, P.A., & WORK, W.C. (1996). Resilience in highly stressed urban children: Concepts and findings. *Psicologia Escolar e Educacional*, 73(2)267-84.
- Cowieson, A., & Adeola, O. (2005). Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poultry Science*, 84, 1860-1867.
- Cowieson, A.J., Bedford, M.R., Selle, P.H., & Ravindran, V. (2009). Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. *Worlds Poultry Science Journal*, 65, 401-417.
- Cowieson, A.J., & Bedford, M.R. (2009). The effect of phytase and carbohydrase on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: complimentary mode of action? *Worlds Poultry Science Journal*, 65, 609-624.
- Cowieson, A.J., Bedford, M.R., & Ravindran, V. (2010). Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. *British Poultry Science*, 51, 246-257.

- Craig, A.D., Khattak, F., Hastie, P., Bedford, M.R., & Olukosi, O.A. (2019). Xylanase and xylo- oligosaccharide prebiotic improve the growth performance and concentration of potentially prebiotic oligosaccharides in the ileum of broiler chickens. *British Poultry Science*, 61(1), 70-78.
- Engberg, R.M., Hedenann, M.S., Steenfekdt, 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*, 82, 925-938.
- Jackson, M., Fodge, D., & Hsiao, H. (1999). Effects of beta-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. *Poultry Science*, 78, 1737-1741.
- Jackson, M., Geronian, E. K., Knox, A., McNab, J., & McCartney, E. (2004). A dose-response study with the feed enzyme β -Mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. *Poultry Science*, 83, 1992-1990.
- KNUDSEN, K.E.B. (2014). Fibre and Non-Starch Polysaccharide Content and Variation in Common Crops Used in Broiler Diets. *Poultry Science*, 93, 2380-2393.
- Lee, S.A., Apajalahti, J., Vienola, K., Gonzalez-Ortiz, G., Fontes, C.M.G.A., & Bedford, M.R. (2017). Age and dietary xylanase supplementation affects ileal sugar residues and short chain fatty acid concentration in the ileum and caecum of broiler chickens. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 234, 29-42.
- Mathlouthi, N., Mallet, S., Saulnier, L., Quemener, B., & Larbier, M. (2002). Effects of xylanase and β -glucanase addition on performance, nutrient digestibility, and physico-chemical conditions in the small intestine contents and caecal microflora of broiler chickens fed a wheat and barley-based diet. *Animal Research*, 51, 395-406.
- Meng, X., & Slominski, B. (2005). Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poultry Science*, 84, 1242-1251.
- Odetallah, N.H., Ferket, P.R., Grimes, J.L., & McNaughton, J.L. (2002). Effect of mannan-endo-1,4-beta-mannosidase on the growth performance of turkeys fed diets containing 44 and 48% crude protein soybean meal. *Poultry Science*, 81, 1322-1331.
- Rosen, G. D. (2001). The Nutritive value of phytase. *Proceedings of the 13th European Symposium on Poultry Nutrition*, 30 Sept-4 Oct. World's Poultry Science Association, Beekbergen, the Netherlands, 215-216.
- Rosen, G. D. (2002). Exogenous enzymes as pronutrients in broiler diets. In P. C. Garnsworthy, J. Wiseman, eds. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Pp 89-104, Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Pirgozliev, V.R., Bedford, M.R., Acamovic, T., Mares, P., & Allymehr, M. (2011). The effects of supplementary bacterial phytase on dietary energy and total tract amino acid digestibility when fed to young chickens. *British Poultry Science*, 52, 245-254.
- Plumstead, P., Leytem, A., Maguire, R., Spears, J., Kwanyuen, P., & Brake, J. (2008). Interaction of calcium and phytate in broiler diets. 1. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. *Poultry Science*, 87, 449-458.
- Ravangard, A. H., Houshmand, M., Khajvi, M. and Naghihi, R. (2017). Performance and cecal bacteria counts of broilers fed low protein diets with and without a combination of probiotic and prebiotic. *Brazilian Journal of Poultry Science*, no. Special Issue–Nutrition: 75-82.
- Ravn, J.L., Martens, H.J., Pettersson, D., & Pedersen, N.R. (2016). A commercial GH 11 xylanase mediates xylanases solubilisation and degradation in wheat, rye, and barley as demonstrated by microscopy techniques and wet chemistry methods. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 216-225.
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G., & Bryden, W. L. (1999). Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility in feedstuffs for broilers. *Poultry Science*, 78, 699-706.

- Ravindran, V., Selle, P. H., Ravindran, G., Morel, P. C. H., Kies, A. K., & Bryden, W. L. (2001). Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy and amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poultry Science*, 80, 338-344.
- SAS Institute. (1990). *SAT/STAT_ User's Guide: Statistics*. Release 6.04. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Selle, P. H., Cowieson, A. J., Cowieson, N. P., & Ravindran, V. (2012). Protein-phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. *Nutrition Research Reviews*, 251.
- Sharifi, M., Bay, C., Skrocki, L., Rahimi, F., & Mehdipour, K. (2013). Moderate pulmonary embolism treated with thrombolysis (from the "MOPETT" Trial). *American Journal of Cardiology*, 111(2), 273-7.
- Siriwan, P., Bryden, W. L., Mollah, Y., & Annison, E. F. (1993). Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. *British Poultry Science*, 34, 939-949.
- Yi, Z., Kornegay, E. T., Ravindran, V., & Denbow, D. M. (1996). Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broiler using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Science*, 75, 240-249.
- Yan, F., Kersey, J., & Waldroup, P. (2001). Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. *Poultry Science*, 80, 455-459.
- Zaghari, M., Majdeddin, M., Taherkhani, R., & Moravej, H. (2008). Estimation of nutrient equivalency values of natuzyme and its effects on broiler chick performance. *The Journal of Applied Poultry Research*, 17, 446-453.