

تأثیر کنجاله کلزای تخمیری بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی، کانی شدن استخوان درشت‌نی و خصوصیات روده جوجه‌های گوشتی

محمد داودی^{فر*}، منصور رضائی^ا و سید محمد هاشمی^ب

۱. دانشجوی دکتری تغذیه طیور و استاد، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۵)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثرات تخمیر بر خصوصیات غذایی کنجاله کلزا (با استفاده از لاکتوباسیلوس فرمتوم و باسیلوس سابیلیس و اسپریلوس اوریزا) و همچنین مقایسه کنجاله کلزای فرآوری‌نشده با کنجاله کلزای تخمیری بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی صورت گرفت. در این تحقیق تعداد ۲۸۰ قطعه جوجه نر یک روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به هفت تیمار آزمایشی با چهار تکرار و در هر تکرار با ۱۰ جوجه اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمار شاهد، تیمارهای حاوی کنجاله کلزا و کنجاله کلزای تخمیری هر یک در سه سطح پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد بودند. نتایج نشان داد که تخمیر کنجاله کلزا سبب کاهش گلوکوزینولات و اسیدهای آمینه متیونین و سیستین به میزان ۵۰ درصد شد در حالی که میزان گوگرد حدود ۵۰ درصد و درصد پروتئین کنجاله کلزا تخمیری به میزان ۲/۲ درصد ماده خشک افزایش نشان داد. مصرف کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری تا سطح ۱۵ درصد تأثیری بر صفات عملکردی، وزن اجزا لاشه، کانی شدن استخوان درشت‌نی و قابلیت هضم مواد مغذی نشان نداد. استفاده از کنجاله کلزای تخمیری سبب افزایش میزان هورمون‌های TSH و ACTH شد، همچنین ویسکوزیته روده با مصرف هر دو نوع کنجاله افزایش نشان داد ($P < 0.05$) ولی بر ریخت‌شناسی ژوژنوم و pH ایلئوم بی‌تأثیر بود. بنابراین کنجاله کلزا (تخمیری و یا فرآوری‌نشده) را می‌توان تا سطح ۱۵ درصد بدون تأثیر منفی در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده نمود. همچنین تخمیر می‌تواند از سطح گلوکوزینولات کنجاله کانولا به‌طور چشم‌گیری بکاهد.

واژه‌های کلیدی: تخمیر، جوجه‌های گوشتی، کنجاله کلزا، ویسکوزیته.

The effect of fermented canola meal on performance, nutrient digestibility, blood parameters, tibia mineralization and intestinal characteristics of broiler chickens

Mohammad Davodifar^{1*}, Mansor Rezaee² and Seyed Mohammad Hashemi³

1, 2. Ph.D. Candidate and Professor, Department of Animal Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Qom Agriculture Research center, AREEO, Qom, Iran

(Received: Oct. 23, 2019 - Accepted: Feb. 24, 2020)

ABSTRACT

This study intended to investigate the effects of canola meal fermentation on its nutritional characteristics and broiler chickens growth performance using *Lactobacillus fermentum* and *Bacillus subtilis* and *Aspergillus oryzae*. In this experiment, 280 male Ross day-old chicks were randomly assigned to 7 experimental treatments with 4 replicates containing 10 chicks each. Treatments included control diet, canola meal and fermented canola meal at 3 levels (5, 10 and 15%) each. Results indicated that fermentation of canola meal reduced the amount of glucosinolates and amino acids methionine and cysteine by 50%, while its sulfur content increased about 50% and protein content of fermented canola meal increased by 2.2%. At the level of 15%, processed and unprocessed canola meal had no effect on growth performance, weight of carcass parts, tibia mineralization and nutrient digestibility in grower, finisher and whole period. It is concluded that fermented canola meal increased TSH and ACTH levels. Also intestinal viscosity increased with consumption of both types of meal ($P < 0.05$) but had no effect on jejunal morphology and ileum pH. canola meal (processed or unprocessed) can be used up to 15% in broiler diets without any adverse effect. However fermentation process reduces the glucosinolate level significantly.

Keywords: Broilers, canola meal, fermentation, performance, viscosity.

* Corresponding author E-mail: davodifar.m@gmail.com

مقدمه

در حال حاضر یکی از مواد خوراکی که می‌تواند به عنوان جایگزین کنجاله سویا مطرح باشد، کنجاله کلزا بوده که دارای کیفیت پروتئینی، ارزش بیولوژیکی و پروفیل اسید آمینه مناسب می‌باشد. همچنین با توجه به توسعه سطح زیر کشت دانه روغنی کلزا که به‌منظور رفع نیاز روغن نباتی مورد احتیاج کشور انجام می‌گردد، سالانه مقدار قابل توجهی کنجاله کلزا تولید می‌شود که به‌نظر می‌رسد تحقیق در زمینه استفاده از کنجاله این دانه روغنی در تغذیه دام و طیور امری ضروری باشد. البته کنجاله کلزا همانند اکثر ترکیبات مورد استفاده در تغذیه طیور، دارای مواد ضد تغذیه‌ای بوده که می‌تواند مقدار مصرف آن را در طیور کاهش دهد. با این وجود کاربرد روش‌های نوین فرآوری همانند تخمیر می‌تواند سبب کاهش آثار مواد ضدتغذیه‌ای این کنجاله شود. تخمیر می‌تواند یکی از سودمندترین روش‌ها در فرآوری خوراک دام و طیور باشد (Fadel & Batal, 2000)، چرا که اثرات مثبت تخمیر بر کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای و افزایش زیست‌فراهمی مواد مغذی و بهبود عملکرد طیور کاملاً به اثبات رسیده است (Niba *et al.*, 2009). همچنین ویژگی مثبت خوراک‌های تخمیری در کنترل سالمونلا و به دنبال آن کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها نیز بیش از پیش، آنها را مورد توجه قرار داده است (Fadel & Batal, 2000). به‌طور معمول جهت پیش برد اهداف تخمیر از گونه‌های قارچی و مخمر بهره برده می‌شود. نتایج مثبت استفاده از تکنیک تخمیر میکروبی جهت حذف و یا کاهش ترکیبات ضدتغذیه‌ای نظیر بازدارنده تریپسین و گوسیپول به‌ترتیب در کنجاله سویا (Hong *et al.*, 2004) و کنجاله پنبه دانه (Zhang *et al.*, 2006) گزارش شده است. همچنین گزارش شد که مقدار گلوکوزینولات در کنجاله کلزای تخمیرشده به‌کمک قارچ ریزوپوس الیگوسپوروس به مقدار قابل توجهی نسبت به کنجاله کلزای خام کاهش یافت (Ving & Walia, 2001). از سویی دیگر خوراک‌های تخمیری غنی از باکتری‌های اسید لاکتیکی می‌باشند که اثرات مفید این باکتری‌ها بر سلامت و ایمنی انسان و دام اثبات شده است

(Niba *et al.*, 2009). همچنین قابلیت هضم خوراک‌های تخمیری بهبود یافته و این امر ممکن است سبب تغییر فلور میکروبی دستگاه گوارش گردد (Xu *et al.*, 2012) و در نهایت این نوع خوراک‌ها دارای تراکم بالای اسید لاکتیک و سایر اسیدهای آلی هستند (Engberg *et al.*, 2009). اسیدهای آلی برای بقای سالمونلا مضر و مانع از تکثیر آنها می‌شوند. مطالعات پیرامون استفاده از خوراک‌های تخمیری در تغذیه طیور، محدود است و آثار آنها بر عملکرد رشد متناقض می‌باشد برای مثال در یک آزمایش استفاده از خوراک‌های تخمیری در جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود افزایش وزن آنها شد (Feng *et al.*, 2007). در مقابل گزارش شده است که عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های تخمیری در سن ۵ تا ۶ هفتهگی به‌طور چشم‌گیری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (Mathivanan *et al.*, 2006). بنابراین هدف از این تحقیق بررسی اثرات تخمیر بر میزان مواد مغذی به خصوص عوامل ضدتغذیه‌ای کنجاله کلزا و تعیین سطوح مجاز استفاده از کنجاله کلزا فرآوری‌نشده و تخمیری در جیره جوجه‌های گوشتی و اثر آن بر عملکرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر باکتری‌های لاکتوباسیلوس فرمنتوم و باسیلوس سابتیلیس و همچنین قارچ اسپرژیلوس اوریزا از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه و به‌ترتیب با استفاده از محیط‌های MRS-agar و Nutrient-agar در دمای ۳۷ درجه و همچنین PDA (Potato Dextrose Agar) در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ روز، فعال سازی و کشت داده شدند. پیش از شروع تخمیر جهت مشخص شدن تأثیر میکروارگانیسم های مذکور بر کنجاله کلزا، در دمای ۲۱ درجه به‌مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو شده تا آنزیم تجزیه‌کننده گلوکوزینولات‌ها (مایروزیناز) غیر فعال گردد (Ving & Walia, 2001). سپس به هر کیلوگرم از کنجاله کلزا، ۱/۵ لیتر از ترکیب آب مقطر و کشت آغازگر (حداقل حاوی 10^5 واحد تشکیل کلنی در میلی‌لیتر) اضافه شد. مخلوط

آزمایش، مقدار مصرف خوراک، وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک به‌طور دوره‌ای و نیز وزن تلفات به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. دوره‌های آزمایشی در این طرح به‌صورت دو مرحله شامل دوره رشد از ۱۱ تا ۲۴ روزگی و دوره پایانی از ۲۵ تا ۴۲ روزگی بود. در پایان آزمایش (۴۲ روزگی) از هر واحد آزمایشی تعداد ۲ قطعه جوجه با وزن نزدیک به میانگین وزن واحد آزمایشی (پن) انتخاب و پس از کشتار، صفات مربوط به لاشه (وزن لاشه، وزن سینه، وزن ران، وزن بال، وزن کبد، وزن پانکراس، وزن سنگدان و چربی محوطه بطنی) اندازه‌گیری شد. همچنین جهت اندازه‌گیری مقدار کلسیم و فسفر و خاکستر پای جوجه‌ها، استخوان درشت نی هر یک از مرغ‌های کشتار شده جدا شده و پس از برداشتن بافت‌های چسبیده به آن، در آن و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت، سپس میزان ۲ گرم از آن به مدت ۶ الی ۸ ساعت در دمای ۶۰۰-۷۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده، سپس از اسپکتروفتومتری استفاده شد (AOAC, 1995). نسبت بازده انرژی به‌منظور ارزیابی راندمان انرژی قابل متابولیسم مورد استفاده توسط پرنده، نسبت بازده پروتئین به‌منظور محاسبه مقدار پروتئین مصرفی و کارایی مورد استفاده قرار گرفتن آن توسط پرنده و فاکتور بازده اروپایی به جهت ارزیابی عملکرد جوجه‌ها توسط فرمول‌های زیر محاسبه شد (Kamran et al., 2008).

= نسبت بازده پروتئین (Protein Efficiency Ratio)

گرم پروتئین مصرفی / گرم افزایش وزن

= نسبت بازده انرژی (Energy Efficiency Ratio)

(کل انرژی قابل متابولیسم مصرفی / گرم افزایش وزن)

۱۰۰ ×

= فاکتور بازدهی اروپایی (European efficiency factor)

۱۰۰ × ضریب تبدیل خوراک × سن پرنده (روز) /

(درصد زنده‌مانی × کیلوگرم وزن زنده نهایی پرنده)

فاکتورهای خونی

در پایان آزمایش، دو قطعه جوجه نر از هر واحد آزمایشی به‌منظور اندازه‌گیری برخی از فراسنجه‌های

حاصل درون مخزن ویژه (دارای سوپاپ یک طرفه جهت خروج دی‌اکسیدکربن و ممانعت از ورود هوا) در مدت ۲۵ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از کامل شدن تخمیر، کنجاله کلزای تخمیری به مدت ۳ روز در دمای ۵۰ درجه خشک شد. سپس سه نمونه از هر کدام از کنجاله کلزا و کنجاله کلزای تخمیری جهت مشخص شدن ترکیبات شیمیایی آنها مورد تجزیه قرار گرفت. مقادیر ماده خشک (دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت)، به پروتئین خام (به‌روش کلدال)، چربی خام (استخراج با استفاده از دی‌اتیل اتر) به‌روش (AOAC, 1995) و انرژی خام با بمب کالریمتر تعیین شد. مقدار فسفر به روش فوتومتری (نورسنجی) و کلسیم با روش اسپکتروفتومتری (طیف نورسنجی) جذب اتمی و اسیدهای آمینه با روش کروماتوگرافی اندازه‌گیری شد. مقدار گلوکوزینولات‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا و براساس اندازه‌گیری گلوکز حاصل از شکسته شدن گلوکوزینولات‌ها به‌وسیله آنزیم مایروزیناز تعیین شد (Quinsac et al., 1991). در نهایت pH با توزین ۲۰ گرم کنجاله و اضافه کردن ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن، با استفاده از دستگاه pH متر تعیین گردید (Chiang et al., 2010).

تیمارها، جیره آزمایشی و عملکرد

در این تحقیق تعداد ۲۸۰ قطعه جوجه نر یک روزه گوشتی سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به ۷ تیمار آزمایشی با ۴ تکرار و در هر تکرار با ۱۰ جوجه اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد به همراه تیمارهای دارای سطوح پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری بودند. جیره‌های آزمایشی به‌صورت آردی و براساس جداول احتیاجات غذایی سویه راس ۳۰۸ (آویژن، ۲۰۱۶) برای سنین ۱-۱۰ روزگی، ۱۱-۲۴ روزگی و ۲۵-۴۲ روزگی با نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA تنظیم شدند (جدول ۱). در طی آزمایش، آب و خوراک به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار داده شد و دمای سالن و سایر موارد مدیریتی پرورش براساس راهنمای سویه بود. در طول

اکسیدکروم را دریافت کرده بودند را به روش جابه‌جایی مهره گردن کشتار کرده و مواد هضمی ایلئوم آنها برداشت شدند. مقدار ماده خشک، پروتئین، فیبر خام و انرژی خام طبق روش AOAC (1995) تعیین گردید. مقدار اکسید کروم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (Fenton & Fenton, 1979). سپس مقادیر قابلیت هضم مواد مغذی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$DD = 1 - [(ID \times AF) / (IF \times AD)] \times 100$$

که در آن:

DD: درصد قابلیت هضم ایلئومی ماده مغذی جیره، ID: غلظت مارکر در جیره، AF: غلظت ماده مغذی در محتویات ایلئوم، IF: غلظت مارکر در محتویات ایلئوم و AD: غلظت ماده مغذی در جیره می‌باشد.

خونی (هورمون‌های ACTH، TSH، T4، کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلر و نیتروژن اوره‌ای) انتخاب و خونگیری از زیر بال جوجه‌ها به عمل آمد (Ishikawa & Nanjo, 2009). سپس نمونه‌های خون به مدت ۵ دقیقه و با سرعت $3000 \times g$ سانتریفیوژ شده و سرم خون بعد از جداسازی برای اندازه‌گیری هورمون‌های ACTH و TSH، T4 (با استفاده از کیت‌های تجاری مخصوص ELISA) فریز شدند (Xu et al., 2012).

قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی

جهت تعیین قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، فیبر و ارزیابی انرژی قابل متابولیسم ظاهری در روز ۴۲ دوره پرورش، دو قطعه جوجه از هر تکرار که از ۴ روز قبل (روز ۳۸) جیره حاوی ۰/۳ درصد نشانگر

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره در طی دوره‌های آغازین، رشد و پایانی جوجه‌های گوشتی

Table 1. The ingredients and nutrients composition of diet in starter, grower and finisher periods of broilers

Ingredients (%)	Grower diet (11-24d)								Finisher diet (25-42d)								
	Starter diet (1-10d)	Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)				Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)			
		0	5	10	15	5	10	15	0	5	10	15	5	10	15		
Corn	51.2	59.28	57.36	55.4	53.58	57.80	56.35	54.73	66.28	64.31	62.37	60.42	64.76	63.26	61.67		
Soybean meal	40.7	34.6	31.1	27.6	24	30.7	26.7	23.0	28.3	24.8	21.3	17.8	24.4	20.5	16.7		
Canola meal	0	0	5	10	15	0	0	0	0	5	10	15	0	0	0		
Fermented canola meal	0	0	0	0	0	5	10	15	0	0	0	0	5	10	15		
Soybean oil	3.65	2.25	2.77	3.28	3.8	2.71	3.16	3.61	1.85	2.36	2.87	3.4	2.3	2.75	3.21		
Dicalcium phosphate	1.85	1.6	1.55	1.5	1.45	1.55	1.5	1.45	1.35	1.3	1.3	1.25	1.3	1.3	1.25		
Calcium carbonate	1.1	1.0	0.95	0.95	0.90	0.95	0.95	0.90	0.95	0.95	0.90	0.85	0.95	0.90	0.85		
Sodium chloride	0.3	0.28	0.27	0.26	0.25	0.27	0.26	0.25	0.27	0.27	0.27	0.25	0.27	0.25	0.25		
Mineral premix 1	0.275	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
Vitamin premix 2	0.275	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
DL- Methionine	0.33	0.28	0.27	0.27	0.26	0.28	0.27	0.27	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.25	0.25		
Lysine HCl	0.2	0.16	0.18	0.19	0.21	0.19	0.21	0.24	0.2	0.21	0.22	0.24	0.22	0.24	0.27		
Threonine	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
Calculated analysis																	
Metabolizable Energy (kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000		
Crude protein (%)	22.6	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3		
Calcium (%)	0.96	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75		
Available phosphorus (%)	0.47	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37		
Lysine (%)	1.24	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97		
Methionine (%)	0.65	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53		
Methionine + Cystine (%)	0.93	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75		
Arginine (%)	1.36	1.21	1.19	1.17	1.14	1.18	1.16	1.13	1.05	1.03	1.10	0.99	1.02	1.00	0.97		
Threonine (%)	0.84	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67		
Tryptophan (%)	0.23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		
K (%)	0.99	0.92	0.90	0.87	0.87	0.89	0.86	0.85	0.83	0.80	0.78	0.76	0.80	0.77	0.75		
Na (%)	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
Cl (%)	0.27	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26		
S (%)	0.23	0.21	0.23	0.24	0.26	0.23	0.24	0.26	0.19	0.20	0.22	0.23	0.20	0.22	0.23		

۱. مکمل کانی تأمین کننده مواد زیر در هر کیلوگرم جیره بود ۱۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰ میلی‌گرم مس، ۵۰ میلی‌گرم آهن، ۱ میلی‌گرم ید، ۲ میلی‌گرم سلنیوم، ۸ میلی‌گرم روی و ۲۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

۲. مکمل ویتامینی تأمین کننده مواد زیر در هر کیلوگرم جیره بود ۹۰۰۰: واحد بین‌المللی ویتامین A؛ ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی D3، ۱۸ واحد بین‌المللی ویتامین E3، ۲ میلی‌گرم K3، ۲ میلی‌گرم B1، ۶ میلی‌گرم B2، ۱۰۰ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۳۰ میلی‌گرم اسید نیکوتینیک، ۳ میلی‌گرم B6، ۱ میلی‌گرم اسید فولیک، ۱۵ میکروگرم B12، ۰/۱ میلی‌گرم بیوتین، ۱۰۰ میلی‌گرم پاداکسند و ۲۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

1. Provides per kg of diet: Vit. A (as all-trans retinol acetate), 9000 I.U.; Cholecalciferol, 2000 I.U.; Vit. E (as dl- alpha-tocopheryl acetate), 18 I.U.; Vit K (as menadion sodium bisulfate), 2 mg; Thiamine (as thiamin mononitrate), 2 mg; Riboflavin, 6 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxin, 3 mg; Vit B12, 15 mcg; Calcium d-Pantothenate, 100 mg; Folic acid, 1 mg; Biotin (as d-biotin), 0.1 mg; Choline chloride (as choline chloride), 250 mg; Antioxidant (as butylated hydroxy toluene), 100 mg.

2. Provides per Kg of diet: Manganese (as MnO), 100 mg; Zinc (ZnSO4. 7H2O), 84.7 mg; Iron (FeSO4. 7H2O), 50 mg; Copper (CuSO4. 5H2O), 10 mg; Iodine (KI), 1 mg; Se (Na2SeO3), 0.2 mg.

مورفولوژی، ویسکوزیته و pH روده باریک

در پایان پژوهش، جهت انجام آزمایش‌ها ریخت‌شناسی، ژوژنوم جوجه‌های کشتار شده (به روش جابجایی مهره گردن) جمع‌آوری شدند؛ در حقیقت برای نمونه‌برداری از ژوژنوم بخش وسطی بین دو نقطه ورودی مجرای صفرا و زائده مکل در نظر گرفته شد. سپس نمونه‌ها در محلول نمک فیزیولوژیک قرار داده و در فرمالین ۱۰ درصد فیکس شدند. آنگاه هر نمونه پس از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین و ائوزین و با استفاده از فرایند جاسازی پارافین استاندارد، آماده شدند (Xu *et al.*, 2012). ارتفاع ویلی‌ها، از نوک ویلی‌ها تا محل تقاطع ویلی‌ها- فرورفتگی و عمق فرورفتگی‌ها به صورت عمق چین خوردگی دو ویلی مجاور محاسبه گردید (Feng *et al.*, 2007). در نهایت شاخص‌های مورفولوژیکی با فرایند عکس‌برداری و سیستم آنالیزی (Version1, LeicaImaging System) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته، محتویات مواد هضمی ایلئوم پرندگان کشتار شده (۲ قطعه از هر واحد آزمایشی) جمع‌آوری گردید. سپس با سرعت $12000 \times g$ به مدت ۳ دقیقه سانتریفیوژ شده و بخش شفاف بالایی را برداشته و ویسکوزیته آن توسط دستگاه ویسکومتر دیجیتال بروک فیلد مدل LVDV-I اندازه‌گیری شد (Garcia *et al.*, 2008). همچنین از محتویات ایلئوم نمونه‌برداری و سپس برای اندازه‌گیری pH یک گرم از محتویات آنها برداشته و دو میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شده و با ورتکس مخلوط شد. آنگاه مقدار pH به وسیله pH متر اندازه‌گیری شد (Chiang *et al.*, 2010). کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 (2013) مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گردید (Duncan, 1955). مدل آماری آزمایش به صورت $X_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ بود به طوری که μ اثر میانگین، T_i اثر تیمار و e_{ijk} اشتباه آزمایشی است.

نتایج و بحث**ترکیب شیمیایی کنجاله کلزا فرآوری نشده و کنجاله کلزا تخمیری**

جدول ۲ خصوصیات کنجاله کلزا تخمیری را نشان داده است. در طی دوره تخمیر با وجود آن که میزان

ماده خشک تغییر محسوسی نشان نداد، اما میزان انرژی خام از ۴۵۱۲ به ۴۵۹۲ کیلو کالری بر کیلوگرم و میزان پروتئین از ۳۴/۰۵ به ۳۶/۲۵ درصد افزایش یافت. از سویی دیگر میزان فیبر خام، چربی خام و فسفر تغییر محسوسی نشان نداد با این حال میزان کلسیم از ۰/۸۷ به ۱/۰۳ درصد افزایش یافت. همچنین در طی این فرایند میزان گوگرد کنجاله به میزان ۲ برابر افزایش یافت، با این حال میزان ماده ضدتغذیه‌ای گلوکوزینولات روند کاملاً معکوسی داشته و به میزان ۱۰۰ درصد کاهش یافت. بررسی پروفیل اسیدآمینه کنجاله کلزای تخمیری نشان داد که اغلب اسیدهای آمینه تغییر محسوسی نداشته به غیر از اسیدآمینه متیونین و سیستئین که کاهش ۱۰۰ درصدی نشان دادند. با این حال در مطالعه Xu *et al.* (2012) تخمیر سبب افزایش میزان سیستئین و متیونین شده که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت. در نهایت این تغییرات در خصوصیات کنجاله کلزا با کاهش pH از ۵/۹۳ به ۴/۹۰ نیز همراه بود. این نتایج با آزمایش Ashayerizadeh *et al.* (2016) که کنجاله کلزا را با باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، باسیلوس سابتیلیس و قارچ اسپرژیلوس نایجر تخمیر کردند مطابقت داشت که می‌تواند ناشی از فعالیت میکروبی و تولید اسید لاکتیک باشد. بررسی‌ها در این آزمایش نشان داد که تخمیر سبب بروز تغییراتی در خصوصیات شیمیایی کنجاله کلزا می‌شود و این تغییرات می‌تواند ناشی از فعالیت باکتریایی و قارچی در طی تخمیر باشد به طوری که در طی این فرایند میکروارگانیزم‌ها با مصرف کربوهیدرات‌ها و گوگرد سبب تجزیه مواد ضدتغذیه‌ای نظیر گلوکوزینولات‌ها، پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و پروتئین‌های متصل به دیواره سلولی می‌شوند (Tripathi & Mishra, 2006) لذا افزایش انرژی و پروتئین و کلسیم می‌تواند ناشی از افزایش قابلیت دسترسی مواد مغذی باشد همچنین افزایش گوگرد می‌تواند ناشی از تجزیه گلوکوزینولات و اسیدهای آمینه گوگردی نظیر متیونین و سیستئین و به تبع آن آزادسازی گوگرد باشد. در همین راستا Ving & Walia (2001) گزارش کردند که تخمیر سبب کاهش گلوکوزینولات به مقدار

با جیره شاهد و جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزای خام وجود دارد اما این اختلاف نسبت به گروه دریافت‌کننده جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزای تخمیری معنی‌دار نیست. به‌نظر می‌رسد تفاوت در نتایج این آزمایش‌ها به کیفیت کنجاله کلزای فرآوری‌شده و میزان مواد ضدتغذیه‌ای آن برگردد، چرا که کنجاله کلزای استفاده‌شده در آزمایش Xu *et al.* (2012) و Chiang *et al.* (2010) به‌ترتیب دارای میزان ۱۰۸ و ۱۲۰ میکرو مول بر گرم گلوکوزینولات بود، درحالی‌که کنجاله کلزای این آزمایش دارای ۱۷ میکرو مول بر گرم گلوکوزینولات است. در این پژوهش بین تیمارها از لحاظ میزان مصرف خوراک تفاوت معنی‌داری دیده نشد. نتایج این آزمایش با مطالعات Xu *et al.* (2012) و Chiang *et al.* (2010) که نشان دادند مصرف کنجاله کلزای فرآوری‌نشده و یا تخمیری در سطح ۱۰ درصد بر مصرف خوراک تأثیری نداشت، مطابقت داشت. از طرفی Ving & Walia (2001) نشان دادند جایگزینی کنجاله کلزای فرآوری‌نشده و یا تخمیری در جیره خوراکی جوجه‌ها به دلیل وجود گلوکوزینولات سبب کاهش مصرف خوراک می‌شود. در واقع گلوکوزینولات در دستگاه گوارش طیور توسط آنزیم مایروزیناز میکروبی هیدرولیز شده و طیف وسیعی از ترکیبات از جمله ایزوتیوسیانات‌ها را آزاد می‌کند که قادرند مصرف خوراک را کاهش دهند. در مطالعه‌ای دیگر مشابه با نتایج این آزمایش Ashayerizadeh *et al.* (2016) گزارش کردند که جایگزینی ۵۰ درصد کنجاله سویا با کنجاله کلزا (جیره حاوی ۱۵ درصد کنجاله کلزا) تأثیری بر روی مصرف خوراک نداشت، با این حال افزایش بیشتر سطوح کنجاله کلزا (۱۰۰ درصد جایگزینی) به‌دلیل افزایش سطح گلوکوزینولات و کاهش ضریب هضم پروتئین و قابلیت دسترسی اسیدآمین و همچنین عدم توازن لیزین- آرژنین در زمان استفاده از مقادیر بالای کنجاله کلزا مصرف خوراک را کاهش داد (Leeson & Summers, 2005). در این پژوهش بین تیمارها از لحاظ میزان مرگ‌ومیر تفاوتی دیده نشد که با نتایج Ashayerizadeh *et al.* (2016) مطابقت داشت.

۴۳/۱ درصد شد. Chiang *et al.* (2010) نشان دادند که میزان گلوکوزینولات در کنجاله کلزای تخمیری به میزان قابل‌توجهی کاهش یافت. در مطالعه Xu *et al.* (2012) میزان ایزوتیوسیانات در کنجاله کلزای تخمیر شده به‌وسیله لاکتوباسیلوس فرمنتوم، باسیلوس سابتیلیس و ساکارومایسس سروریه و انترو کوكوس فاسیوم به میزان قابل‌توجهی نسبت به کنجاله کلزا کاهش یافت که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

جدول ۲. خصوصیات کنجاله کلزا و کنجاله کلزای

تخمیرشده

Table 2. Characteristics of Canola meal and Fermented canola meal

Items	CM ¹	Fermented CM
Dry matter (%)	97.26	97.48
Gross Energy (kcal/kg)	4512	4592
Crude protein (%)	34.05	36.25
Crude fiber (%)	14.54	14.85
Crude fat (%)	1.65	1.70
Calcium (%)	0.87	1.03
Phosphorus (%)	0.79	0.89
Sulfur (%)	0.37	0.56
Glucosinolate(μmol/gr)	17.31	8.41
pH	5.93	4.90
Amino acid(%)		
Methionine	0.66	0.33
Cystine	0.81	0.40
Methionine + Cystine	1.47	0.73
Lysine	1.86	1.95
Theronine	1.52	1.52
Tryptophan	0.44	0.38
Arginine	1.9	1.81
Isoleucine	1.34	1.27
Leucine	2.3	2.17
Valine	1.72	1.57
Histidine	0.87	0.73
Phenylalanine	1.33	1.23
Glycine	1.72	1.91

1-CM: Canola meal

عملکرد

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری تا سطح ۱۵ درصد تأثیری بر افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک نداشت. این نتایج با آزمایش Ashayerizadeh *et al.* (2016) مطابقت داشت. با این حال Xu *et al.* (2012) و Chiang *et al.* (2010) گزارش کردند تفاوت چشم‌گیری میان افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های تغذیه‌شده

جدول ۳. اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی
Table 3. Effect of experimental treatments on the performance of broiler chickens

Items		Canola meal (%)			Fermented canola meal (%)			SEM	P-value	
		0	5	10	15	5	10			15
Weight gain (g/b)	11-24d	631	639	613	642	640	652	661	62.96	0.9652
	25-42d	1420	1515	1460	1464	1497	1454	1358	125.94	0.8422
	11-42d	2250	2353	2313	2326	2322	2265	2191	148.95	0.8369
Feed intake (g/b)	11-24d	1000	1027	962	1070	1005	1035	1012	96.99	0.9146
	25-42d	2390	2654	2805	2907	2706	2573	2668	187.38	0.0691
	11-42d	3637	3931	4018	4228	3952	3856	3913	264.39	0.2857
Feed conversion ratio	11-24d	1.60	1.61	1.57	1.48	1.70	1.62	1.58	0.19	0.2312
	25-42d	1.69	1.75	1.95	1.99	1.85	1.79	1.9	0.19	0.4130
	11-42d	1.62	1.67	1.74	1.82	1.69	1.72	1.79	0.12	0.4226
Mortality (%)	11-24d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	1.89	0.4742
	25-42d	2.50	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	2.75	4.43	0.6474
	11-42d	2.50	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.60	0.8044
EER (g/100 kcal)	11-24d	21.27	21.10	23.42	21.00	21.62	20.00	21.57	1.92	0.3086
	25-42d	19.77	19.07	17.04	16.88	18.45	18.92	17.08	1.82	0.3924
	11-42d	20.42	19.97	20.02	18.65	19.82	19.37	19.02	1.34	0.4397
PER (g/g)	11-24d	3.06	3.04	3.37	3.02	3.11	2.88	3.10	0.28	0.3253
	25-42d	3.24	3.12	2.85	2.76	3.02	3.10	2.80	0.30	0.4034
	11-42d	3.16	3.09	3.08	2.88	3.06	3.01	2.93	0.21	0.4446
EEF		3.37	3.52	3.33	3.19	3.13	3.10	2.98	0.31	0.3362

a-b-c میانگین‌های باحروف غیر مشابه در هر ردیف از نظر آماری متفاوت هستند ($p < 0.05$ و $p < 0.01$).

SEM: خطای معیار میانگین، EER = نسبت بازده انرژی، PER = نسبت بازده پروتئین، EEF = فاکتور بازده اروپایی.

a-b-c: Means followed by different superscript are significantly different ($p < 0.01$, $p < 0.05$).

SEM: Standard error of mean; EER= Energy Efficiency Ratio; PER= Protein Efficiency Ratio; EEF= European efficiency factor.

تیمارها از لحاظ میزان فاکتور بازدهی اروپایی شود. جدول ۴ تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن زنده و وزن نسبی اجزای لاشه جوجه‌های گوشتی را نشان داده است. نتایج حاصله از آزمایش‌های تجزیه لاشه نشان می‌دهد که بین تیمارها از لحاظ وزن زنده، وزن اجزای لاشه (ران، سینه، بال) و وزن اندام‌های داخلی دستگاه گوارش (کبد، چربی محوطه بطنی، پانکراس و سنگدان) هیچگونه تفاوتی مشاهده نشد. با این حال Ashayerizadeh *et al.* (2016) گزارش کردند که استفاده از کنجاله کلزای تخمیرشده در سطح ۳۰ درصد در مقابل مصرف کنجاله فرآوری‌نشده، منجر به بهبود وزن لاشه، وزن ران و وزن سینه شد. همچنین با افزایش فعالیت باکتریایی اسید لاکتیکی در اثر تخمیر و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم استیل کوآ کربوکسیلاز، میزان ساخت چربی محوطه بطنی تحت تأثیر قرار گرفته و چربی محوطه بطنی کاهش یافت که البته چنین اثری در این آزمایش مشاهده نگردید. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به استفاده از سطوح کمتر کنجاله کلزای تخمیری در مطالعه حاضر و نبود تفاوت بین تیمارها از لحاظ عملکرد رشد چنین نتیجه‌ای در این مطالعه قابل انتظار باشد.

در این آزمایش بین تیمارها به لحاظ نسبت دریافت انرژی و پروتئین در دوره رشد، پایانی وکل دوره تفاوتی مشاهده نگردید. عواملی نظیر سن و سویه پرند، میزان مصرف خوراک و افزودنی‌های خوراکی بر میزان دریافت انرژی و پروتئین از خوراک مؤثر است همچنین میزان احتمالاً بر خورد خوراک در دستگاه گوارش با آنزیم‌های گوارشی و نمک‌های صفراوی و زمان در دسترس برای تماس بین ذرات هضم‌شده و سطح جذب احتمالاً بر برداشت انرژی و پروتئین به‌وسیله پرند مؤثر باشد (Alvarenga *et al.*, 2013).

در مطالعه دیگری بیان شده است میزان دریافت انرژی به‌طور مستقیم به میزان مصرف خوراک پرند مرتبط است (Zahroojian *et al.*, 2018). بنابراین به نظر می‌رسد نبود تفاوت در میزان دریافت انرژی و پروتئین در بین تیمارها، با مصرف خوراک مشابه در این تیمارها مرتبط باشد در این مطالعه بین تیمارها از جهت میزان فاکتور بازدهی اروپایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. در حقیقت نبود تفاوت بین تیمارها از لحاظ میزان ضریب تبدیل خوراک، افزایش وزن و درصد زنده مانده (عوامل مؤثر در محاسبه فاکتور بازدهی اروپایی) می‌تواند سبب نبود تفاوت بین

جدول ۴. اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن زنده (گرم)، وزن نسبی اجزای لاشه (۱۰۰ گرم وزن لاشه /گرم) و اندامهای دستگانه گوارش بر وزن زنده (۱۰۰ گرم وزن زنده/گرم) جوجه‌های گوشتی

Table 4. Effect of experimental treatments on live weight (gr), relative weight of carcass parts (gr/100grBW) and gastrointestinal organs to body live weight of broiler chicks

Items	Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)			SEM	P-value
	0	5	10	15	5	10	15		
Live weigh (gr)	2837	2975	2630	3077	2822	2897	2808	268.64	0.1420
Carcass (gr/100grBW)	66.90	66.95	65.20	71.52	67.12	65.87	65.82	3.78	0.5799
Thigh (gr/100grBW)	26.67	27.82	26.16	27.70	27.35	26.45	26.79	1.19	0.4479
Breast (gr/100grBW)	27.30	26.02	24.70	26.65	26.10	25.77	25.90	2.32	0.5221
Wing (gr/100grBW)	5.80	5.75	5.72	5.47	5.45	5.55	5.65	0.32	0.7444
Liver (gr/100grBW)	1.94	1.98	2.07	2.03	1.87	2.06	1.75	0.24	0.7644
Abdominal fat (gr/100grBW)	1.19	0.92	1.31	0.78	0.84	1.05	1.01	0.36	0.4788
Pancreas (gr/100grLW)	0.24	0.20	0.25	0.24	0.25	0.24	0.20	0.04	0.3392
Gizzard (gr/100grLW)	1.85	1.65	1.77	1.75	1.70	1.67	1.67	0.23	0.6206

a-b-c: میانگین‌های باحروف غیر مشابه در هر ردیف از نظر آماری متفاوت هستند ($p < 0.05$ و $p < 0.01$).

SEM: خطای معیار میانگین.

a-b-c: Means followed by different superscript are significantly different ($p < 0.01$, $p < 0.05$).

SEM: Standard error of mean

فاکتورهای خونی

که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت (Slominski *et al.*, 2011). هورمون TSH (هورمون محرک تیروئید) برخلاف هورمون T4 در تیمارهای حاوی کنجاله کلزای تخمیری افزایش پیدا کرد و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). در واقع وجود تخمیر و فعالیت باکتریایی سبب افزایش میزان ترشح TSH از غده هیپوفیز شد. در همین راستا پژوهش‌ها نشان می‌دهد که سطوح TSH بالا با وجود طبیعی بودن T4 می‌تواند شاخصی برای کم‌کاری تیروئید باشد این بدان معنی است که پرنده در معرض هیپوتیروئیدیسم قرار دارد و اما هنوز نشانه قابل توجهی ندارد. در این آزمایش ACTH (هورمون آدرنوکورتیکو تروپین) در تیمارهای حاوی کنجاله کلزای تخمیری و تیمار حاوی سطوح بالای کنجاله کلزا افزایش یافت و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). بنابراین مشاهده می‌گردد که استفاده از سطوح بالای کنجاله کلزا و تخمیر آن سبب افزایش هورمون ACTH شد. با این وجود Feng *et al.* (2007) نشان دادند تخمیر می‌تواند با کاهش اندازه مولکول‌های بزرگ پروتئینی سبب افزایش ایمینو گلوبولین‌های A و M در سرم خون شود. Engberg *et al.* (2009) گزارش کردند خوراک‌های پروتئین تخمیری نسبت به خوراک‌های معمولی جذابیت کمتری برای تمامی پرندگان با سرعت رشد بالا داشته و در نتیجه منجر به استرس، کاهش مصرف خوراک و پر و بال‌های نامرغوب می‌شود.

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر فاکتورهای خونی در جدول ۵ نشان داده است. نتایج حاصل آزمایش‌های سرم خون نشان داد که بین تیمارها از لحاظ میزان کلسیم، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلر و نیترژن اوره‌ای تفاوتی وجود ندارد. Xu *et al.* (2012) نشان دادند که در دوره آغازین، میزان کلسیم و فسفر سرم خون جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصدکنجاله کلزای تخمیری کاهش نشان داد همچنین میزان نیترژن اوره‌ای در کل دوره نیز با افزایش سطوح کنجاله کلزای تخمیری کاهش یافت. این تغییرات ناشی از افزایش قابلیت هضم کلسیم و فسفر در نتیجه تولید آنزیم فیتاز و شکسته شدن فیتات در فرایند تخمیر باشد (Fadal & Batal, 2000). همچنین Hong *et al.* (2004) پیشنهاد کردند که تغذیه خوراک‌های تخمیری سبب افزایش کارایی میزان دریافت نیترژن می‌شود لذا میزان نیترژن اوره‌ای با افزایش سطوح کنجاله کلزای تخمیری کاهش می‌یابد، که البته چنین اثری در این آزمایش مشاهده نگردید. در این آزمایش مصرف کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری بر سطح هورمون T4 تأثیری نداشت که می‌تواند به دلیل کاهش میزان گلوکوزینولات باشد (Xu *et al.*, 2012). با این حال گزارش‌هایی از افزایش وزن نسبی غده تیروئید و به تبع آن کاهش سطح هورمون T4 در اثر مصرف کنجاله کلزا در جوجه‌های گوشتی شده است

جدول ۵. اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی از فراسنجه های خونی جوجه های گوشتی

Table 5. Effect of experimental treatments on some blood parameters of broiler chicks

Items	Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)			SEM	P-value
	0	5	10	15	5	10	15		
Calcium (mg/dL)	8.23	8.87	9.80	8.60	9.93	9.43	9.60	0.88	0.3232
Phosphorous (mg/dL)	8.00	8.60	9.20	8.43	9.17	9.17	8.57	0.61	0.2969
Sodium (mEq/L)	14.9	144.3	144.9	144.2	144.5	144.2	145.9	0.97	0.1992
Potassium (mEq/L)	5.93	5.94	5.69	5.46	6.09	6.04	5.95	0.43	0.6321
Chloride (mEq/L)	108.3	108.0	105.7	108.0	107.7	111.7	107.0	3.89	0.7115
Urea nitrogen (mg/dL)	2.90	5.13	4.26	3.77	4.53	5.56	4.53	1.16	0.4111
T4 (µg/dL)	1.73	1.50	1.50	1.93	1.53	1.53	2.37	0.45	0.3718
TSH (µIU/mL)	0.09 ^b	0.09 ^b	0.08 ^b	0.07 ^b	0.20 ^a	0.20 ^a	0.19 ^a	0.03	0.0002
ACTH (pg/mL)	1.10 ^c	1.10 ^c	1.36 ^b	1.76 ^a	1.66 ^a	1.70 ^a	1.71 ^a	0.11	0.0001

a-b-c: میانگین های باحروف غیر مشابه در هر ردیف از نظر آماری متفاوت هستند ($p < 0.05$ و $p < 0.01$).

SEM: خطای معیار میانگین.

a-b-c: Means followed by different superscript are significantly different ($p < 0.01$, $p < 0.05$).

SEM: Standard error of mean

تیمارها به لحاظ میزان قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، فیبر و همچنین انرژی قابل متابولیسم ظاهری تفاوتی وجود ندارد. با این حال در آزمایش Chiang *et al.* (2010) نشان داده شد که تخمیر توانست قابلیت هضم ماده خشک، کلسیم، فسفر و انرژی را افزایش دهد همچنین اثرات مثبت تخمیر بر کاهش عوامل ضد تغذیه ای و افزایش زیست فراهمی مواد مغذی در آزمایش های متعددی اثبات شده است (Niba *et al.*, 2009). در حقیقت تخمیر با افزایش دریافت انرژی و پروتئین و قابلیت دسترسی مواد مغذی، سبب افزایش قابلیت هضم می شود که البته چنین اثری در این مطالعه مشاهده نگردید.

خصوصیات روده

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع پرز، عمق فرورفتگی، پهنای پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق فرورفتگی ژوزنوم روده جوجه های گوشتی در جدول ۷ نشان داده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین تیمارها به لحاظ ارتفاع پرز، عمق فرورفتگی، پهنای پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق فرورفتگی تفاوت معنی داری وجود ندارد. با این حال در آزمایش Xu *et al.* (2012) نشان داده شد که مصرف کنجاله کلزای تخمیری در سطح ۱۰ درصد سبب افزایش ارتفاع پرز و نیز افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق فرورفتگی می شود. در حقیقت نسبت ارتفاع پرز به عمق فرورفتگی یک پارامتر مفید جهت تخمین ظرفیت جذب روده کوچک می باشد.

بنابراین تغییر رنگ، طعم (نسبتاً ترش به دلیل وجود اسید لاکتیک) و بوی این خوراک های تخمیری می تواند سبب افزایش هورمون ACTH شده و به تبع آن منجر به افزایش هورمون استرس (کورتیزول) شود از طرفی افزایش استرس می تواند سبب اختلال در عملکرد تیروئید شده و منجر به افزایش میزان هورمون TSH نیز شود.

کانی شدن استخوان درشت نی و قابلیت هضم مواد مغذی

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان خاکستر، کلسیم و فسفر استخوان درشت نی در جدول ۶ نشان داده است. نتایج حاصل از این آزمایش که استفاده از کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری هیچ اثر منفی بر روی میزان خاکستر، کلسیم و فسفر استخوان درشت نی جوجه ها نداشت. با این حال Leeson & Summers (2005) نشان دادند میزان بالای گوگرد موجود در جیره های حاوی کنجاله کلزا قادر است به کلسیم محتویات گوارشی روده متصل و سبب افزایش دفع کلسیم شده و در نهایت سبب مشکلات پا گردد. همچنین وجود اسید فایتیک در کنجاله کلزا نیز می تواند مؤثر باشد. از طرف دیگر عدم توازن املاح پتاسیم، سدیم، کلر و گوگرد (تعادل آنیون و کاتیون) در کنجاله کلزا نیز می تواند میزان کانی شدن استخوان را تحت تأثیر قرار دهد، که البته این نتایج در این آزمایش مشاهده نگردید. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و فیبر و انرژی قابل متابولیسم جیره های آزمایشی در جدول ۶ نشان داده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین

جدول ۶. اثر تیمارهای آزمایشی برانرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری/کیلوگرم)، قابلیت هضم مواد مغذی (درصد) و درصد خاکستر، فسفر و کلسیم استخوان درشت نی جوجه‌های گوشتی

Table 6. Effect of experimental treatments on Apparent metabolisable energy (AME: kcal/kg), digestibility of nutrients (percentage) and tibia ash (%), phosphorus (%) and calcium (%) contents of broiler chicks

Items	Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)			SEM	P-value
	0	5	10	15	5	10	15		
Tibia component (%)									
Ash	49.36	49.47	49.67	49.80	49.46	49.83	49.73	1.19	0.9947
Calcium	15.40	15.40	15.37	15.57	156.47	15.73	15.47	0.78	0.8135
Phosphorus	12.86	12.80	12.97	13.00	13.16	13.07	12.97	0.43	0.2485
Digestibility (%)									
Dry matter	92.20	93.00	90.30	90.60	90.10	90.83	91.13	2.20	0.6288
Crude protein	67.97	67.13	67.60	60.90	65.67	65.60	69.00	7.35	0.6294
Crude fiber	84.90	88.37	85.47	84.63	83.53	85.63	87.13	4.19	0.8924
AME (kcal/kg)	2492	2740	2586	2309	2375	2618	2570	288.50	0.3984

a-b-c: میانگین‌های باحروف غیر مشابه در هر ردیف از نظر آماری متفاوت هستند ($p < 0.05$ و $p < 0.01$).

SEM: خطای معیار میانگین.

a-b-c: Means followed by different superscript are significantly different ($p < 0.01$, $p < 0.05$).
SEM: Standard error of mean

جدول ۷. اثر تیمارهای آزمایشی بر ریخت‌شناسی ژژونوم و ویسکوزیته و pH ایلئوم روده جوجه‌های گوشتی

Table 7. Effect of experimental treatments on jejunum morphology and digesta viscosity and pH of intestine ileal in broiler chickens

Item	Canola meal (%)				Fermented canola meal (%)			SEM	P-value
	0	5	10	15	5	10	15		
Jejunum morphology (μm)									
Villeus height (VH)	1458	1497	1462	1513	1498	1473	1453	48.04	0.6838
Villeus width (VW)	178.3	179.2	172.5	166.5	175.8	182.5	182.5	12.70	0.7869
Crypt depth, (CD)	123.3	129.3	123.7	128.7	126.3	125.3	126.0	3.59	0.3791
Vilelus height/ Crypt depth (VH/CD)	11.83	11.58	11.82	11.76	11.86	11.76	11.53	0.21	0.4097
Ileum									
Viscosity (cPs)	2.56 ^b	2.82 ^{ab}	3.01 ^a	2.86 ^a	2.68 ^{ab}	2.87 ^a	2.89 ^a	0.15	0.0001
pH	5.62	5.51	5.82	5.76	5.72	5.32	5.90	0.29	0.3134

a-b-c: میانگین‌های باحروف غیر مشابه در هر ردیف از نظر آماری متفاوت هستند ($p < 0.05$ و $p < 0.01$).

SEM: خطای معیار میانگین.

a-b-c: Means followed by different superscript are significantly different ($p < 0.01$, $p < 0.05$).
SEM: Standard error of mean

است. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که بین تیمارها به لحاظ میزان pH ایلئوم روده تفاوتی دیده نمی‌شود، در حالی که در آزمایش Ashayerizadeh *et al.* (2016) نشان داده شد استفاده از جیره‌های حاوی کنجاله کلزای تخمیری نسبت به جیره شاهد و جیره‌های حاوی کنجاله کلزای خام سبب کاهش pH در بخش‌های چینه‌دان و ایلئوم شد. در حقیقت در طی روند تخمیر باکتری‌های اسید لاکتیکی با تولید اسیدهای آلی سبب کاهش pH خوراک شده و در نهایت منجر به کاهش pH دستگاه گوارش می‌شوند. در نهایت یافته‌های آزمایش نشان می‌دهد که مصرف کنجاله کلزای خام و تخمیری در سطوح بیش از ۵ درصد سبب افزایش ویسکوزیته ایلئوم شد، به طوری که تیمار شاهد دارای کمترین ویسکوزیته بود و با

در همین راستا Chiang *et al.* (2010) گزارش کردند که نسبت ارتفاع پرز به عمق فرورفتگی در جوجه‌های خوراک‌دهی شده با کنجاله کلزای تخمیری بالاتر از جوجه‌هایی خوراک‌دهی شده با کنجاله کلزا بود. در واقع وجود مواد آنتی‌ژنیک سبب تحلیل پرزها، افزایش تقسیم سلولی (میتوز) سلول‌های حفرات و چین‌خوردگی‌های روده، افزایش اندازه سلول‌های حفرات و نیز منجر به سندروم بد جذبی می‌شوند. به هر حال تقویت مورفولوژی روده ممکن است مرتبط به تجزیه مواد آنتی‌ژنیک و تجزیه پروتئین‌های بزرگ و تولید پپتیدها باشد (Kiers *et al.*, 2003). با این وجود چنین نتایجی در این آزمایش مشاهده نگردید. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ویسکوزیته و pH ایلئوم روده جوجه‌های گوشتی در جدول ۷ نشان داده

خام حدود دو درصد افزایش یافت هرچند میزان اسیدهای آمینه گوگرددار (متیونین و سیستئین) آن کاهش یافت. از طرف دیگر سبب افزایش میزان گوگرد در این کنجاله نیز شد. در دوره رشد، پایانی و کل دوره استفاده از کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری تا سطح ۱۵ درصد برصفت عملکردی و صفات مربوط به تجزیه لاشه تأثیر نداشت. همچنین استفاده از کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری هیچ اثر منفی بر میزان کانی شدن استخوان درشت نی، قابلیت هضم مواد مغذی (ماده خشک، پروتئین و فیبر) و انرژی قابل متابولیسم نشان نداد. با این حال استفاده از سطوح بیش از ۵ درصد کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری سبب افزایش ویسکوزیته دستگاه گوارش گردید. در نهایت استفاده از کنجاله کلزای تخمیری سبب افزایش هورمون‌های TSH و ACTH در سرم خون پرند شد. بنابراین کنجاله کلزا (فرآوری شده و یا فرآوری نشده) می‌تواند تا سطح ۱۵ درصد بدون تأثیر منفی، جایگزین کنجاله سویا در جیره جوجه‌های گوشتی شود و همچنین تخمیر به عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش میزان گلوکوزینولات در کنجاله کلزا می‌تواند مطرح باشد.

تیمارهای ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کلزا و یا کنجاله کلزای تخمیری تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). در حقیقت افزایش میزان پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای با افزایش مصرف سطوح کنجاله کلزا سبب افزایش ویسکوزیته دستگاه گوارش و کاهش فعالیت آنزیم‌های دستگاه گوارش می‌شود (Kiers *et al.*, 2003). از طرفی تخمیر قادر است با تجزیه پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای و پروتئین‌های آنتی‌ژنیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و بهبود ویسکوزیته دستگاه گوارش شود (Hong *et al.*, 2004). که البته چنین اثری در این مطالعه مشاهده نگردید. بنابراین به نظر می‌رسد سویه‌های قارچی و باکتریایی مورد استفاده در این آزمایش که با هدف کاهش میزان گلوکوزینولات انتخاب شده‌اند، به اندازه کافی قادر به کاهش میزان سایر مواد ضدتغذیه‌ای و بهبود ویسکوزیته دستگاه گوارش نبوده است.

نتیجه‌گیری کلی

براساس یافته‌های این آزمایش تخمیر میکروبی قادر است میزان گلوکوزینولات‌های کنجاله کلزا را به نصف کاهش دهد. همچنین در این تکنیک میزان پروتئین

REFERENCES

1. AOAC. (1995). *Association of Official Analytical Chemists*. Official methods of AOAC International (16th Edn.). Virginia, USA, Pp, 1147.
2. Alvarenga, R. R., Zangeronimo, M. G., Rodrigues, P. B., Pereira, L. J., Wolp, R.C. & Almeida, E.C. (2013). Formulation of diets for poultry: the importance of prediction equations to estimate the energy values. *Archivos de Zootecnia*, 62, 1-11.
3. Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shamshargh, M., Sadeghi, A. R. and Zerehdaran, S. (2016). Effect of feeding fermented rapeseed meal on reduction salmonella population in broiler chickens. *Animal Science Journal (Pajohesh & Sazandegi)*, 111, 121-132.
4. Chiang, G., Lu, W. Q., Piao, X. S., Hu, J. K., Gong, L. M. & Thacker, P. A. (2010). Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. *Asia Australasian Journal of Animal Science*, 23, 263-271.
5. Duncan, D. B. (1955). Multiple rang and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1.
6. Engberg, R. M., Hammershoj, M., Johansen, N. F., Abousekken, M. S., Steinfeldt, S. & Jensen, B. B. (2009). Fermented feed for laying hen effects on egg production, egg quality, plumage condition and composition and activity of the intestinal microflora. *British Poultry Science*, 50(2), 228-39.
7. Fadal, M. & El-Batal, A. I. (2000). Studies on activation of amyolytic enzymes production by gamma irradiated *Aspergillus Niger* using some surfactants and natural oils under solid state fermentation. *Pakistan Journal of Biol. Science*, 3, 1762-1768.
8. Feng, J., Liu, X., Liu, Y. Y., Xu, Z. R. & Lu, Y. P. (2007). Effects of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal on growth performance and plasma biochemical parameters in broilers. *Journal of Animal Feed Science Technology*, 134, 235-242.
9. Fenton, T. W. & Fenton, M. (1979). An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and excreta. *Canadian Journal Animal Science*, 59, 631-634.

10. 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.
11. Hong, K. I., Lee, C. H. & Kim, S. W. (2004). *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and soybean meal. *Journal of Medical Food*, 7, 430-436.
12. Ishikawa, T. & Nanjo, F. (2009). Dietary cycloinulo oligosaccharides enhance intestinal immunoglobulin A production in mice. *Biosci Biotechnol Biochem*, 73, 677-682.
13. Kamran, Z., Sarwar, M., Nisa, M., Nadeem, M. A., Mahmood, S., Babar, M. E. & Ahmed, S. (2008). Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poultry Science*, 87(3), 468-474.
14. Kiers, J. L., Meijer, J. C., Nout, M. J. R., Rombouts, F. M., Nabuurs, M. J. A. & Meulen, J. (2003). Effect of fermented soybeans on diarrhea and feed efficiency in weaned piglets. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 545-555.
15. Leeson, S. J. O. & Summers, J. D. (2005). *Commercial poultry nutrition*. 3rd Ed. University books, Guelph, On, Canada.
16. Mathivanan, R., Selvaraj, P. & Nanjappan, K. (2006). Feeding of fermented soybean meal on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*, 5, 868-872.
17. Niba, A. T., Beal, J. D., Kudi, A. C. & Brooks, P. H. (2009). Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*, 8, 1758-1767.
18. Quinsac, A., Ribailler, D., Elfkir, C., Lafosse, M. & Dreux, M. (1991). A new approach to the study of glucosinolate by isocratic liquid chromatography: Part I. Rapid determination of de sulfated derives of rapeseed glucosinolate. *The Journal of AOAC International*, 74, 932-939.
19. Slominski, B. A., Jia, W., Mikulski, D., Rogiewicz, A., Jankowski, J., Jones, G.R.O. & Hickling, D. (2011). Chemical composition and nutritive value of low-fiber yellow-seeded *B. napus* and *B. juncea* canola for poultry. Pages 433-445 in proc. 16th Int. Rapeseed Conger., Prague.
20. Tripathi, M. K. & Mishra, A.S. (2006). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 132, 1-27.
21. Ving, A. P. & Walia, A. (2001). Beneficial effects of rhizopus oligosorus fermentation on reduction of glucosinolats, fiber and phytic acid in rapeseed (*Brassica napus*) meal. *Bioresource Technology*, 78, 309-312.
22. Xu, F. Z., Zeng, X. G. & Ding, X. L. (2012). Effect of replacing soybean meal with fermented rapeseed meal on performance, serum biochemical variables and intestinal morphology of broiler. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25(12), 1734-1741.
23. Zahroojian, N., Moravej, H., Zaghari, M. & Amin-zadeh, S. (2018). Comparison the energy value of process Zahroojian and non-processed soybean meal for broiler breeder hens, broiler chickens and commercial layer hens. *Iranian Journal of Animal Science*, 49(2), 335-342.
24. Zhang, W., Xu, Z., Sun, J. & Yang, X. (2006). A study on the reduction of gossypol levels by mixed cultre solid substrate fermentation of cottonseed meal. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 19, 1314-1321.