

اثر سطوح مختلف گلوکوسینولات‌های جیره غذایی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

سیدمحمدعلی جلالی حاجی آبادی^۱، سیدعبدالحسین ابوالقاسمی^۱، علیرضا جعفری صیادی^۱،
محمد روستائی علیمهر^۲ و محمود حقیقیان رودسری^۱

چکیده

تعداد ۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی سویه آرین در طرحی کاملاً تصادفی به منظور برآورد اثر مقادیر گلوکوسینولات‌های جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در دوره آغازین (۰-۲۱ روز) و رشد (۲۲-۴۲ روز)، مورد آزمون قرار گرفتند. مقادیر گلوکوسینولات‌های جیره در دوره آغازین صفر، ۷/۵، ۱۵، ۲۲/۵ و ۳۰ میکرومول در گرم (به ترتیب تیمارهای آغازین ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) و در دوره رشد صفر، ۵/۷، ۱۱/۴، ۱۷/۱ و ۲۲/۸ میکرومول در گرم (به ترتیب تیمارهای رشد ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) جیره بود. مصرف خوراک جوجه‌ها در دوره رشد تحت تأثیر سطح گلوکوسینولات‌های جیره قرار گرفت ($P < 0/05$) و کمترین مصرف خوراک در تیمار رشد ۵ مشاهده شد ($P < 0/05$). ضریب تبدیل غذایی تیمار آغازین ۵ با سایر تیمارهای دوره آغازین و تیمار رشد ۵ با دیگر تیمارها در این دوره تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0/05$). در دوره آغازین بین اضافه وزن و سطح گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های مصرفی هم‌بستگی منفی بالا (به ترتیب ۹۵/۳- و ۹۴/۷- درصد) و در دوره رشد هم‌بستگی منفی نسبتاً بالایی (به ترتیب ۶۹/۵- و ۷۲/۴- درصد) وجود داشت. این پژوهش نشان داد که سطح گلوکوسینولات‌های جیره در دوره‌های آغازین و رشد به ترتیب نباید بیش از ۱۱/۳۶ و ۸/۱۱ میکرومول در گرم جیره باشد. همچنین بیشترین مقدار کنجاله کلزایی که در دوره آغازین و رشد می‌تواند در جیره جوجه‌های گوشتی به کار برده شود به ترتیب برابر ۱۳ و ۸ درصد جیره است.

واژه‌های کلیدی: گلوکوسینولات‌ها، کنجاله کلزا، عملکرد و جوجه‌های گوشتی

مقدمه

دو لپه‌ای یافت می‌شوند. این ترکیبات در تمام گیاهان خانواده چلیپائی‌ان از جمله کلزا وجود دارند (۵). کلزا دارای ۲۷ نوع گلوکوسینولات شناخته شده است (۱). ساختمان عمومی

گلوکوسینولات‌ها (Glucosinolates) ترکیبات طبیعی ضد تغذیه‌ای مشتق شده از اسیدهای آمینه هستند که فقط در گیاهان

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد، مربی، مربی و استادیار علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

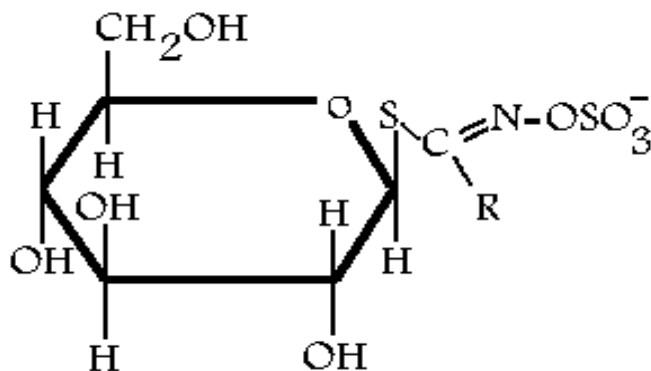
۲. دکتری دام‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

گلوکوسینولات‌ها مشابه بوده و از گلوکز، گوگرد، ازت و یک زنجیره جانبی تشکیل شده است که تفاوت انواع مختلف آن در زنجیره جانبی است (شکل ۱). این ترکیبات در مجاورت آنزیم میروزیناز (Myrosinase) (تسیوگلوکوزید گلوکوهیدرولاز EC ۳، ۲، ۳، ۱) که در بخش‌های مختلف گیاه و نیز توسط برخی باکتری‌های دستگاه گوارش طیور ساخته می‌شود (۱۲)، هیدرولیز شده و به گلوکز و آگلیکون (Aglycone) ناپایدار تبدیل می‌گردند. آگلیکون تحت شرایط مختلفی همچون تغییرات pH و یون آهن دو ظرفیتی تبدیل به ترکیباتی مانند تیوسیانات، ایزوتیوسیانات، نیتریل، اپی تیونیتریل و گواترین (Goitrin (5-Venyl,2-thio oxazolidinone)) می‌شود (۳ و ۱۳). پروگواترین (Progoitrin (2-Hydroxy,3-butenyl-glucosinolate)) (نوعی گلوکوسینولات) در اثر هیدرولیز، یک ترکیب حلقوی که گواترین نامیده می‌شود، تولید می‌کند که این ماده آثار گواترینایی بسیار قوی دارد. هم‌چنین سایر تولیدات هیدرولیزی گلوکوسینولات‌ها مانند تیوسیانات و ایزوتیوسیانات دارای فعالیت ضد تیروئیدی بوده و تفاوت آنها فقط در شدت و مکانیسم اثرشان است (۱). ایزوتیوسیانات مانع انتقال یدید خون به داخل غده تیروئید می‌شود (۴). هم‌چنین گزارش شده است که ایزوتیوسیانات در سطح میکروویلی‌های غده تیروئید در اتصال به حلقه تیروزین با ید رقابت می‌نماید و در نتیجه باعث کاهش ساخت تیروکسین می‌شود. تیوسیانات نیز به دام افتادن یدید خون توسط تیروئید را به صورت رقابتی محدود می‌نماید (۲). در جوجه‌هایی که از کنجاله کلزا استفاده کرده‌اند، خون‌ریزی کبدی، افزایش وزن کبد و تغییر در فعالیت آنزیم‌های کبدی مانند آسپارات ترانس آمیناز و لاکتات دهیدروژناز مشاهده شده است که این آثار مربوط به مقدار کل گلوکوسینولات‌های جیره و ترکیبات ناشی از هیدرولیز آنها است (۱۶، ۷). کنجاله کلزا به عنوان یک خوراک پروتئینی با کیفیت مناسب در جیره غذایی طیور قابل استفاده است (۱۳) ولی گلوکوسینولات‌های موجود در آن به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد حیوانات تأثیر می‌گذارند. محققین به بیان تأثیر مقدار گلوکوسینولات‌های

کنجاله کلزا و جیره بر اندام‌های داخلی، اضافه وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی موجودات مختلف، با استفاده از معادلات و روابط رگرسیونی پرداخته‌اند به طوری که در موش‌ها بین مقدار گلوکوسینولات جیره و اضافه وزن ارتباط خطی منفی بالایی وجود داشته ($r = -0.99$ ، $Y = 109/3 - 25/8X$) و کاهش معنی‌دار در اضافه وزن موش‌ها (Y) وقتی دیده می‌شود که مقدار گلوکوسینولات‌های جیره (X) بیش از ۲۰ میکرومول در گرم باشد (۱۳). در سال زراعی ۱۳۸۱ میزان تولید دانه روغنی کلزا در ایران ۶۸۲۲۵ تن بوده است که با توجه به توسعه کشت آن، انجام پژوهش درباره استفاده از کنجاله این محصول در تغذیه دام و طیور اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. واریته‌های اصلاح شده‌ای از کلزا با سطح گلوکوسینولات‌های پایین موجودند، ولی میزان گوگرد خاک و نسبت آن با ازت تأثیر مهمی بر مقدار گلوکوسینولات‌های کلزا و کنجاله آن دارد به طوری که با افزایش مقدار گوگرد در خاک، مقدار گلوکوسینولات‌ها در دانه و کنجاله کلزا افزایش می‌یابد (۲۲). پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سطوح مختلف گلوکوسینولات‌های جیره غذایی و نیز تعیین معادلات پیش‌بینی برای تغییرات در عملکرد جوجه‌های گوشتی در اثر مصرف گلوکوسینولات‌های جیره، انجام گرفته است. هم‌چنین بیشترین سطح قابل تحمل از این ترکیب ضد تغذیه‌ای و کنجاله کلزا در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی سویه آرین برآورد شده است تا حدود تقریبی استفاده از کنجاله کلزا، با توجه به مقدار گلوکوسینولات‌های موجود در آن، در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی مشخص شود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۰۰ قطعه جوجه یک روزه سویه آرین در طرحی کاملاً تصادفی شامل ۵ تیمار غذایی با چهار تکرار (فقس) و هر تکرار ۱۰ جوجه در دو دوره آغازین (۰-۲۱ روز) و رشد (۲۲-۴۲ روز) پرورش داده شدند. از کنجاله کلزا که مقدار کل گلوکوسینولات‌های آن ۷۹ میکرومول در گرم ماده خشک بود و مقدار آن با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با بازده بالا



شکل ۱. ساختمان عمومی گلوکوسینولات‌ها با زنجیره جانبی R متفاوت

غذایی و مصرف خوراک محاسبه گردید. هم‌چنین به منظور مقایسه بین میانگین تیمارهای غذایی، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. برای تخمین حداکثر سطح گلوکوسینولات‌های جیره و خورده شده بدون تأثیر معنی‌دار بر اضافه وزن و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها، ابتدا معادله درجه دومی بر حسب اضافه وزن و ضریب تبدیل غذایی تیمارها محاسبه گردید، سپس معادله خط بین دو تیمار متوالی که از نظر آزمون دانکن معنی‌دار بودند محاسبه و محل تلاقی این خط با منحنی درجه دوم محاسبه گردید تا محل تلاقی منحنی درجه دوم و خط نشان دهنده بیشترین مقدار گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های خورده شده بدون تأثیر معنی‌دار بر اضافه وزن و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها باشد.

نتایج

مصرف خوراک

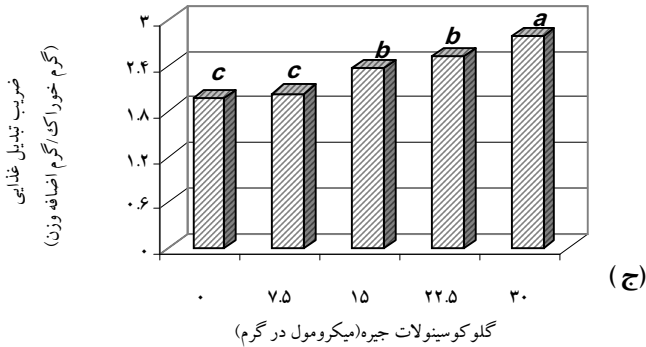
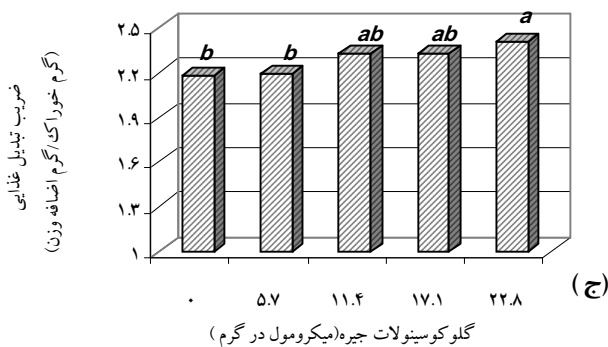
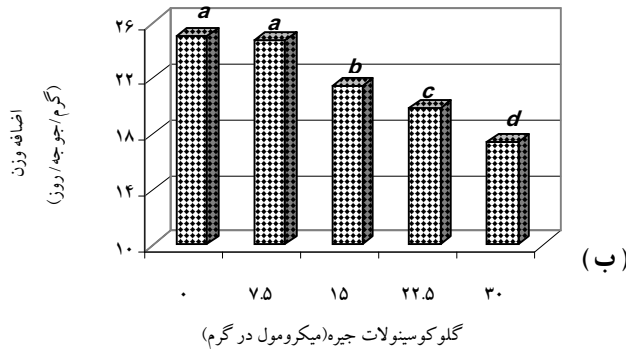
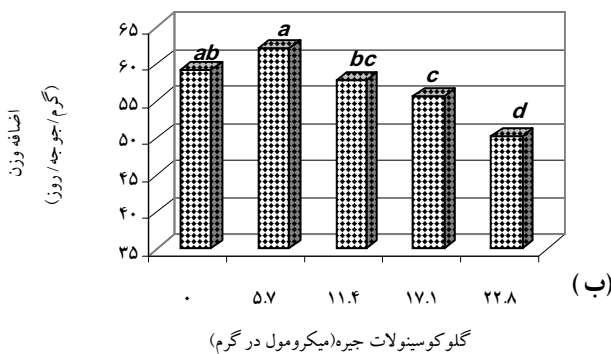
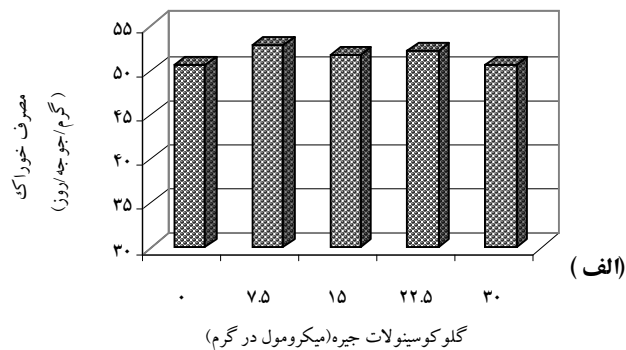
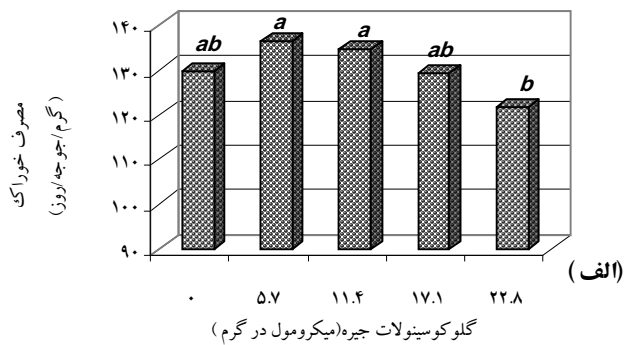
سطوح مختلف گلوکوسینولات جیره بر مصرف خوراک جوجه‌ها در دوره آغازین بی‌تأثیر بود (شکل ۲ الف) ولی بر مصرف خوراک در دوره رشد اثر معنی‌دار ($P < 0.05$) داشت (شکل ۳ الف) به طوری که جوجه‌هایی که از تیمار حاوی ۲۲/۸ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (تیمار رشد ۵) استفاده کردند کمترین مصرف خوراک را نشان دادند. به جز

(High performance liquid chromatography (HPLC)) اندازه‌گیری گردید (۹)، در جیره‌های غذایی جوجه‌ها استفاده و مقدار کل گلوکوسینولات‌های هر جیره محاسبه شد. به طوری که جیره تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در دوره آغازین به ترتیب حاوی صفر، ۷/۵، ۱۵، ۲۲/۵ و ۳۰ میکرومول در گرم و در دوره رشد به ترتیب حاوی صفر، ۵/۷، ۱۱/۴، ۱۷/۱ و ۲۲/۸ میکرومول در گرم گلوکوسینولات بود. مقدار انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌ها در هر دو دوره ۳۰۰۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم در نظر گرفته شد و مقدار پروتئین و سایر مواد مغذی جیره نسبت به آن متعادل گردید (جدول ۱). برای تعیین نیاز غذایی جوجه‌ها در دوره‌های آغازین و رشد و هم‌چنین مقدار مواد مغذی اجزای جیره از جداول تعیین احتیاجات غذایی استفاده شد (۱۵). در پایان هر دوره از پرورش، میزان خوراک مصرفی هر تکرار به صورت گرم خوراک مصرفی برای هر جوجه در روز ($\text{Gram chick}^{-1} \text{ day}^{-1}$) و اضافه وزن هر تکرار نیز به صورت گرم اضافه وزن برای هر جوجه در روز با ترازوی دیجیتال با دقت ± 5 گرم اندازه‌گیری و ضریب تبدیل غذایی با استفاده از داده‌های حاصل، محاسبه شد. با استفاده از نرم افزار SAS (۱۷) معادلات رگرسیون خطی و نیز هم‌بستگی گلوکوسینولات‌های جیره با اضافه وزن، ضریب تبدیل غذایی، مصرف خوراک و هم‌چنین هم‌بستگی مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده با اضافه وزن، ضریب تبدیل

جدول ۱. ترکیب، مقدار مواد مغذی تأمین شده و مقدار گلوکوسینولات‌های جیره‌های آزمایشی تیمارهای مختلف در دوره‌های آغازین (۰-۲۱روز) و رشد (۲۲-۴۲)

| تیمار | رشد | | | | | آغازین | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ |
| ترکیب (درصد) | | | | | | | | | | |
| ذرت | ۵۷/۰۰۰ | ۵۷/۰۰۰ | ۵۷/۰۰۰ | ۵۷/۰۰۰ | ۵۷/۰۰۰ | ۴۸/۰۰۰ | ۵۰/۰۰۰ | ۵۱/۰۰۰ | ۵۲/۰۰۰ | ۵۳/۰۰۰ |
| کنجاله کنزا | ۲۸/۹۵۰ | ۲۱/۸۱۰ | ۱۴/۲۷۰ | ۷/۳۳۷ | ۰/۰۰۰ | ۳۸/۲۰۰ | ۲۸/۱۵۰ | ۱۹/۱۰۶ | ۹/۵۵۳ | ۰/۰۰۰ |
| کنجاله سویا | ۰/۰۰۰ | ۶/۲۵۰ | ۱۲/۵۰۰ | ۱۸/۷۵۰ | ۲۵/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۸/۲۵۰ | ۱۶/۵۰۰ | ۲۴/۷۵۰ | ۳۳/۰۰۰ |
| پودر ماهی | ۳/۹۵۰ | ۳/۶۷۰ | ۳/۳۸۰ | ۳/۰۶۰ | ۲/۷۵۰ | ۴/۷۰ | ۴/۴۷۰ | ۴/۱۴۰ | ۳/۸۷۰ | ۳/۴۴۰ |
| سبوس گندم ^۱ | ۳/۴۰۰ | ۴/۵۰۰ | ۵/۶۰۰ | ۶/۸۰۰ | ۸/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۱/۴۰۰ | ۱/۴۰۰ | ۳/۰۰۰ |
| روغن و اسیدچرب ^۱ | ۴/۱۹۰ | ۴/۱۸۰ | ۴/۱۷۰ | ۴/۱۶۰ | ۴/۱۴۰ | ۵/۷۱۰ | ۵/۱۰۰ | ۴/۷۹۰ | ۴/۱۷۰ | ۴/۱۵۰ |
| صاف | ۰/۹۰۰ | ۰/۹۸۰ | ۱/۰۶۵ | ۱/۱۴۷ | ۱/۲۳۵ | ۰/۷۱۳ | ۰/۸۱۷ | ۰/۹۲۵ | ۱/۰۳۰ | ۱/۱۴۰ |
| دی کلسیم فسفات | ۰/۴۰۰ | ۰/۴۵۸ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۷۵ | ۰/۶۳۵ | ۰/۶۹۵ | ۰/۷۶۸ | ۰/۸۴۰ | ۰/۹۱۰ | ۰/۹۹۰ |
| دی ال متیونین | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۶۹ | ۰/۱۰۴ | ۰/۱۳۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۹۰ | ۰/۱۳۴ | ۰/۱۴۰ |
| ال لیزین | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۱۴ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۵۶ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۰۰ |
| نمک | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ | ۰/۲۰۰ |
| مکمل ویتامین ^۲ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ |
| مکمل مواد معدنی ^۳ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ | ۰/۵۰۰ |
| ماده مغذی | | | | | | | | | | |
| انرژی متابولیسمی (کیلوکالری/کیلوگرم) | ۳۰۰۰/۲ | ۳۰۰۰/۴ | ۳۰۰۰/۲ | ۳۰۰۰/۷ | ۳۰۰۰/۵ | ۳۰۰۰/۷ | ۳۰۰۰/۶ | ۳۰۰۰/۷ | ۳۰۰۰/۳ | ۳۰۰۰/۲ |
| پروتئین خام (درصد) | ۱۸/۷۵ | ۱۸/۷۵ | ۱۸/۷۵ | ۱۸/۷۵ | ۱۸/۷۵ | ۲۱/۵۶ | ۲۱/۵۶ | ۲۱/۵۶ | ۲۱/۵۶ | ۲۱/۵۶ |
| کلسیم (درصد) | ۰/۸۴۴ | ۰/۸۴۴ | ۰/۸۴۴ | ۰/۸۴۳ | ۰/۸۴۴ | ۰/۹۳۷ | ۰/۹۳۷ | ۰/۹۳۷ | ۰/۹۳۸ | ۰/۹۳۷ |
| فسفر قابل دسترس (درصد) | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۲۸ | ۰/۴۲۲ | ۰/۴۲۲ | ۰/۴۲۲ | ۰/۴۲۲ | ۰/۴۲۲ |
| لیزین (درصد) | ۰/۹۹۳ | ۰/۹۹۳ | ۰/۹۹۳ | ۰/۹۹۳ | ۰/۹۹۳ | ۱/۱۹۸ | ۱/۱۹۸ | ۱/۱۹۸ | ۱/۱۹۸ | ۱/۱۹۸ |
| متیونین + سیستین (درصد) | ۰/۷۶۸ | ۰/۷۶۸ | ۰/۷۶۸ | ۰/۷۶۸ | ۰/۷۶۸ | ۰/۸۸۵ | ۰/۸۸۵ | ۰/۸۸۵ | ۰/۸۸۵ | ۰/۸۸۵ |
| گلوکوسینولات‌ها (میکرومول/گرم) | ۲۲/۸ | ۱۷/۱ | ۱۱/۴ | ۵/۷ | ۰/۰ | ۲۲/۵ | ۲۲/۵ | ۱۵/۰ | ۷/۵ | ۰/۰ |

۱. نسبت وزنی روغن آفتاب گردان به اسید چرب سویا و آفتاب گردان ۱ به ۳.
 ۲. هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل ویتامین دارای ۹۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین B_۱، ۱۰۰۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_۲ (کلسیم پانتوتنات)، ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_۶ (نیاسین)، ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_{۱۲} (سیانکوبالین) و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_{۱۲} (بیوتین).
 ۳. هر ۲/۵ کیلوگرم مکمل مواد معدنی دارای ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۱۰۰۰ میلی‌گرم پتاسیم، ۲۰۰ میلی‌گرم سدیم و ۲۵۰۰۰۰ میلی‌گرم کلرین کلراید می‌باشد.



شکل ۳. اثر سطوح مختلف گلوکوسینولات‌های جیره بر مصرف خوراک (الف)، اضافه وزن (ب) و ضریب تبدیل غذایی (ج) جوجه‌ها در دوره رشد. (حروف متفاوت بر روی ستون‌های هر نمودار نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است).

شکل ۲. اثر سطوح مختلف گلوکوسینولات‌های جیره بر مصرف خوراک (الف)، اضافه وزن (ب) و ضریب تبدیل غذایی (ج) جوجه‌ها در دوره آغازین. (حروف متفاوت بر روی ستون‌های هر نمودار نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) است).

جوجه‌ها در دوره رشد با سطح گلوکوسینولات‌های جیره هم‌بستگی منفی متوسطی داشت ($P < 0.05$) (جدول ۲). به علت هم‌بستگی پایینی که مصرف خوراک با گلوکوسینولات‌های خورده شده و جیره در دوره آغازین نشان داد (جدول ۲)، حداکثر مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده و جیره بدون

تیمار رشد ۱، با افزایش سطح گلوکوسینولات در جیره، مصرف خوراک با روندی تقریباً یک‌نواخت کاهش نشان داد (شکل ۳ الف). بین مصرف خوراک جوجه‌های هر قفس و گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های خورده شده در دوره آغازین هم‌بستگی معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی مصرف خوراک

جدول ۲. معادلات و ضرایب هم‌بستگی اضافه وزن (Y)، مصرف خوراک (Y') و ضریب تبدیل غذایی (Y'') جوجه‌ها با مقدار گلوکوسینولات‌های جیره (X) و خورده شده (X') در دوره‌های آغازین (۰-۲۱ روز) و رشد (۲۱-۴۲ روز)

| صفت مورد اندازه‌گیری | دوره پرورش | ضرایب هم‌بستگی (درصد) | معادلات رگرسیونی | |
|---------------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | | | گلوکوسینولات‌های خورده شده (X') | گلوکوسینولات‌های جیره (X) |
| | | | (میکرومول/گرم) | (میکرومول/جوجه‌اروز) |
| اضافه وزن (Y) | آغازین | *** -۹۴/۷ | $Y=25/76-0/0052X'$ | $Y=25/73-0/267X$ |
| (گرم/جوجه‌اروز) | رشد | *** -۷۵/۶ | $Y=61/88-0/0033X'$ | $Y=61/91-0/425X$ |
| مصرف خوراک (Y') | آغازین | ns ۰/۰۱ | ؟؟؟ | ؟؟؟ |
| (گرم/جوجه‌اروز) | رشد | ns -۳۹/۸ | ؟؟؟ | $Y'=135/1-0/411X$ |
| ضریب تبدیل (Y'') | آغازین | *** ۹۳/۹ | $Y''=1/903+0/0006 X'$ | $Y''=1/908+0/028 X$ |
| (گرم‌خوراک/گرم‌اضافه‌وزن) | رشد | *** ۷۲/۴ | $Y''=2/161+0/00009 X'$ | $Y''=2/171+0/01X$ |

ns: غیر معنی‌دار ***: P<۰/۰۰۱ *: P<۰/۰۰۵ ؟؟؟: عدم محاسبه معادله

تأثیر معنی‌دار بر مصرف خوراک در این دوره مورد محاسبه قرار نگرفت (جدول ۳). در دوره رشد نیز به همین دلیل، حداکثر مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده بدون تأثیر معنی‌دار بر مصرف خوراک جوجه‌ها برآورد نگردید (جدول ۳). روند کاهش مصرف خوراک در دوره رشد با سطح ۷ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره آغاز می‌گردد (جدول ۳) که این سطح برابر با ۸/۸۹٪ کنجاله کلزا در جیره است.

اضافه وزن

اضافه وزن جوجه‌ها در دوره‌های آغازین و رشد تحت تأثیر گلوکوسینولات کنجاله کلزا قرار گرفت به طوری که در دوره آغازین با افزایش مقدار گلوکوسینولات‌های جیره، اضافه وزن جوجه‌ها کاهش یافت (P<۰/۰۰۱). در این دوره جوجه‌هایی که از جیره فاقد گلوکوسینولات (تیمار آغازین ۱) و ۷/۵ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (تیمار آغازین ۲) استفاده کردند بیشترین اضافه وزن را نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین آنها دیده نشد (P>۰/۰۰۵). کمترین اضافه وزن در تیمار آغازین ۵ دیده شد که نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۰۵) (شکل ۲ ب). در دوره آغازین، اضافه وزن جوجه‌های هر تکرار با سطح گلوکوسینولات‌های جیره آنها و مقدار خورده شده این ماده ضد تغذیه‌ای توسط جوجه‌های همان قفس، هم‌بستگی

منفی بالایی نشان داد که با معادلات رگرسیونی آنها در جدول ۲ بیان شده است. سطح بیش از ۱۱/۵۷ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (۱۴/۷۳ درصد کنجاله کلزا) و مصرف بیش از ۵۵۲/۰۲ میکرومول به ازای هر جوجه در روز (۳/۱۸ درصد کنجاله کلزا) باعث کاهش در اضافه وزن جوجه‌ها در این دوره گردید (جدول ۳). در دوره رشد نیز با افزایش سطح گلوکوسینولات جیره، اضافه وزن جوجه‌ها تحت تأثیر قرار گرفت (P<۰/۰۰۱). بیشترین اضافه وزن در تیمارهای رشد ۱ و ۲ دیده شد ولی اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نبود (P>۰/۰۰۵) (شکل ۳ ب). در این دوره نیز هم‌بستگی منفی نسبتاً بالایی بین اضافه وزن جوجه‌ها و سطح گلوکوسینولات‌های جیره و مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده دیده شد (جدول ۲). با افزایش ۱۰ واحد به گلوکوسینولات‌های جیره، مقدار ۴/۲۵ گرم به ازای هر جوجه در روز و با مصرف هر ۱۰۰۰ میکرومول گلوکوسینولات توسط جوجه‌ها مقدار ۳/۳ گرم به ازای هر جوجه در روز از اضافه وزن جوجه‌ها کم شد (جدول ۲). حداکثر سطح گلوکوسینولات‌های جیره و مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده در دوره رشد، بدون تأثیر معنی‌دار بر اضافه وزن جوجه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است که این مقادیر به ترتیب برابر ۱۰/۳۰ و ۹/۰۴ درصد کنجاله کلزا در جیره می‌باشد.

جدول ۳. حداکثر مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده و جیره بدون تأثیر معنی‌دار بر مصرف خوراک، اضافه وزن و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در دوره‌های آغازین (۰-۲۱روز) و رشد (۲۱-۴۲روز)

| دوره | صفت مورد اندازه‌گیری | گلوکوسینولات‌های خورده شده (X') | گلوکوسینولات‌های جیره (X) |
|--------|--|---------------------------------|---------------------------|
| پرورش | | (میکرومول/جوجه/روز) | (میکرومول/گرم) |
| آغازین | اضافه وزن (گرم/جوجه/روز) (Y) | ۵۵۲/۰۲ | ۱۱/۵۷ |
| | مصرف خوراک (گرم/جوجه/روز) (Y') | ۴۴۴ | ۴۴۴ |
| | ضریب تبدیل (گرم خوراک/گرم اضافه‌وزن) (Y'') | ۵۴۳/۹۸ | ۱۱/۳۶ |
| رشد | اضافه وزن (گرم/جوجه/روز) (Y) | ۹۳۷/۳۷ | ۸/۱۱ |
| | مصرف خوراک (گرم/جوجه/روز) (Y') | ۴۴۴ | ۷/۰۰ |
| | ضریب تبدیل (گرم خوراک/گرم اضافه‌وزن) (Y'') | ۸۲۵/۲۰ | ۸/۲۰ |

؟؟؟: عدم محاسبه مقدار X و X' است.

ضریب تبدیل غذایی

ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در دوره آغازین تحت تأثیر گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا قرار گرفت ($P < 0.001$). به طوری که در این دوره (شکل ۲ ج) بیشترین ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در تیمار آغازین ۵ دیده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت ($P < 0.05$). تیمار آغازین ۱ و ۲ (به ترتیب صفر و ۷/۵ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره) کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی را دارا بودند که از نظر آماری تفاوت بین آنها معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). در این دوره همبستگی بالایی بین ضریب تبدیل غذایی و سطح گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های خورده شده (۹۳/۹٪) دیده شد که با افزایش ۱۰ واحد به سطح + گلوکوسینولات‌های جیره، مقدار ۰/۲۸ و به ازای مصرف هر ۱۰۰۰ میکرومول گلوکوسینولات توسط جوجه‌ها مقدار ۰/۶ به ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها اضافه می‌شود (جدول ۲). بیشترین مقدار گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های خورده شده بدون تأثیر معنی‌دار بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در این دوره در جدول ۳ ارائه شده است که این مقادیر به ترتیب معادل ۱۳/۰۰ و ۱۴/۴۷ درصد کنجاله کلزا می‌باشد. در دوره رشد نیز سطوح مختلف گلوکوسینولات جیره بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در تیمارهای مختلف

تأثیر معنی‌دار داشت ($P < 0.05$). در این دوره جوجه‌های تیمار رشد ۵ بیشترین و تیمارهای رشد ۱ و ۲ کمترین ضریب تبدیل غذایی را دارا بودند که بین تیمار رشد ۱ و ۲ تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) مشاهده نگردید (شکل ۳ ج). ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیون بین ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های هر قفس با سطح گلوکوسینولات جیره و مقدار گلوکوسینولات خورده شده در جدول ۲ نشان داده شده است که در این دوره با افزایش ۱۰ واحد به گلوکوسینولات‌های جیره، مقدار ۰/۱ و به ازای مصرف هر ۱۰۰۰ میکرومول گلوکوسینولات توسط جوجه‌ها مقدار ۰/۰۹ به ضریب تبدیل غذایی آنها اضافه می‌گردد (جدول ۲). حداکثر سطح گلوکوسینولات جیره و خورده شده این ماده ضد تغذیه‌ای توسط جوجه‌ها، بدون تأثیر معنی‌دار بر ضریب تبدیل غذایی آنها در جدول ۳ نشان داده شده است که این مقادیر به ترتیب معادل با ۱۰/۴۰ و ۷/۹۶ درصد کنجاله کلزا در جیره است.

بحث

مصرف خوراک

به‌طور کلی گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا و کانولا مصرف خوراک جوجه‌ها را در سنین پایین (دوره آغازین) تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. با افزایش سن جوجه‌ها و استفاده از مقادیر زیاد گلوکوسینولات‌ها در جیره، خوشخوراکی جیره‌های حاوی این

کنجاله کاهش می‌یابد و مصرف خوراک جوجه‌ها در دوره رشد تحت تأثیر گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا قرار می‌گیرد. هرچند در مقایسه با سایر حیوانات پرورشی مثل نشخوارکنندگان، در طیور طعم خوراک تأثیر اندکی بر مصرف آن دارد، زیرا در این گروه از حیوانات حس‌های چشایی و بویایی به خوبی سایرین تکامل نیافته است (۲۳ و ۱۴)، با وجود این، مدارکی وجود دارد که نشان می‌دهد خوشخوراکی جیره با افزودن کنجاله کلزا تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مقدار گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا، به علت دارا بودن ترکیبات فنلی و ایجاد مزه تند و گسی، عاملی در جهت کاهش خوشخوراکی جیره‌های حاوی این کنجاله است (۱۹). خوشخوراکی جیره‌هایی که حاوی کنجاله کلزا با مقادیر کم (۱۰-۳۰ میکرومول در گرم) و بسیار کم (۱-۵ میکرومول در گرم) گلوکوسینولات‌هاست، بهبود می‌یابد (۱۴). مشخص شده است که سطوح پایین کنجاله کلزا (۶-۱۲ درصد جیره) با مقدار گلوکوسینولات‌های زیاد (سطح بیش از ۶۵ میکرومول در گرم ماده خشک کنجاله کلزا را، کنجاله کلزا با گلوکوسینولات‌های زیاد می‌نامند) بر خوشخوراکی جیره جوجه‌های گوشتی و در نتیجه مصرف خوراک تأثیری ندارد (۵). در این پژوهش نیز کنجاله کلزا تا سطح ۸۹٪ جیره تأثیری بر مصرف خوراک جوجه‌ها در دوره رشد نداشته است. چون کاهش مصرف خوراک جیره‌های حاوی کنجاله کلزا در جوجه‌های گوشتی احتمالاً به سطوح بالای گلوکوسینولات‌های جیره (۳) و نیز گوگرد موجود در گلوکوسینولات‌ها (۲۱) (شکل ۱) بستگی دارد (گوگرد زیاد باعث کاهش مصرف خوراک، افزایش دفع کلسیم از دستگاه گوارش و ادرار می‌گردد)، بنابراین سطح گلوکوسینولات‌های موجود در جیره، مصرف خوراک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اضافه وزن

کاهش اضافه وزن جوجه‌ها در تیمارهایی که از سطوح بالای گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا استفاده می‌کنند تا حدودی به کاهش مصرف خوراک آنها بستگی دارد که به دنبال آن مصرف

و استفاده مواد مغذی نیز کاهش می‌یابد (۸). بخش دیگری از کاهش اضافه وزن جوجه‌های تغذیه شده با سطوح بالای گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا مربوط به مقدار زیادتر گوگرد، بخصوص گوگرد معدنی موجود در گلوکوسینولات‌هاست. تولیدات هیدرولیزی گلوکوسینولات‌ها مانند ایزوتیوسینوات، تیوسینوات و اکسازولیدین ۲- تیون نیز دارای گوگرد هستند. مقدار گوگرد در کنجاله کلزا ۱/۱۴ درصد و در کنجاله سویا ۰/۴۴ درصد است که مقدار اسیدهای آمینه گوگرددار کنجاله سویا تقریباً ۷۵ درصد گوگرد یافت شده در این کنجاله بوده، در حالی که این مقدار در کنجاله کلزا تقریباً ۲۵ درصد است. همچنین مشخص شده است که دفع گوگرد در جوجه‌هایی که از جیره‌های حاوی کنجاله کلزا استفاده نموده‌اند بیشتر است (۲۰) که نشان دهنده مقدار بیشتر گوگرد در این کنجاله است. جوجه‌ها به افزایش مقدار کمی گوگرد معدنی در جیره خود مقاوم هستند و استفاده از مکمل‌های گوگرددار در جیره‌های حاوی کنجاله کانولا و کلزا عملکرد آنها را کاهش می‌دهد. در این رابطه افزودن متیونین نسبت به سیستم اثر منفی بیشتری دارد. بنابراین استفاده از کنجاله کلزا به عنوان تأمین کننده بخش مهمی از پروتئین جیره و به علت دارا بودن گوگرد معدنی بیشتر (گوگرد ناشی از هیدرولیز گلوکوسینولات‌ها) نسبت به کنجاله سویا و نیز همراه شدن با مکمل متیونین در جیره باعث کاهش اضافه وزن جوجه‌ها می‌شود (۲۰). در پژوهشی مشخص شده است که اضافه کردن گوگرد به جیره حاوی کنجاله سویا تا حدی که مقدار آن برابر با جیره حاوی کنجاله کلزا گردد (۰/۴۶٪) موجب کاهش اضافه وزن جوجه‌ها شده و بنابراین سطح گوگرد جیره جوجه‌های گوشتی نباید بیش از ۰/۵٪ باشد (۲۰). همچنین مشخص شده است که بخشی از کاهش عملکرد در ارتباط با اثر متقابل بین کلسیم و گوگرد است، به طوری که وجود گوگرد زیاد در جیره به کلسیم موجود در ترکیبات گوارش متصل و دفع کلسیم افزایش می‌یابد. چون گوگرد زیاد در جیره بر خوشخوراکی و جذب کلسیم تأثیر دارد، بنابراین باید به توازن کلسیم و گوگرد در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا توجه کافی داشت (۲۱).

جدول ۴. معادلات پیشنهادی محققین برای سطح گلوکوسینولات‌ها و کنجاله کلزای جیره غذایی جوجه‌های گوشتی

| محققین | X | Y | معادله |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|
| زب (۱۹۹۸) | گلوکوسینولات جیره | اضافه وزن | $Y=972/48-5/87X$ |
| (۲۳) | (میکرومول‌گرم جیره) | (گرم‌اجوجه) | |
| کلوس و همکاران (۱۹۹۴) | گلوکوسینولات خورده شده | اضافه وزن در هفته دوم | $Y=88/00-4/33X$ |
| (۱۰) | (میلی‌گرم‌گرم وزن بدن) | (گرم) | $P<0/05, r=-0/74$ |
| کلوس و همکاران (۱۹۹۴) | گلوکوسینولات خورده شده | اضافه وزن در هفته سوم | $Y=231/21-5/32X$ |
| (۱۰) | (میلی‌گرم‌گرم وزن بدن) | (گرم) | $P=0/051, r=-0/66$ |
| کاریناجیوا و همکاران (۱۹۹۳) | کنجاله کلزا جیره | اضافه وزن در دوره آغازین | $Y=608/8-0/56X$ |
| (۸) | (گرم‌کیلوگرم) | (گرم) | $P<0/01, r=-0/92$ |
| کاریناجیوا و همکاران (۱۹۹۳) | کنجاله کلزا جیره | مصرف خوراک در دوره آغازین | $Y=1111/8-0/93X$ |
| (۸) | (گرم‌کیلوگرم) | (گرم) | $P<0/01, r=-0/93$ |
| کاریناجیوا و همکاران (۱۹۹۳) | کنجاله کلزا جیره | اضافه وزن در دوره رشد | $Y=1258/4-0/82X$ |
| (۸) | (گرم‌کیلوگرم) | (گرم) | $P<0/01, r=-0/86$ |
| کاریناجیوا و همکاران (۱۹۹۳) | کنجاله کلزا جیره | مصرف خوراک در دوره رشد | $Y=2689/1-2/15X$ |
| (۸) | (گرم‌کیلوگرم) | (گرم) | $P<0/01, r=-0/91$ |

r: ضریب هم‌بستگی بر حسب درصد.

ضریب تبدیل غذایی

سطوح بالای گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا در جیره باعث افزایش در ضریب تبدیل غذایی شد که این افزایش ناشی از کاهش شدید در اضافه وزن جوجه‌ها بخصوص در تیمارهایی که از سطوح بالای گلوکوسینولات‌های جیره استفاده کرده‌اند، است. در تیمار رشد ۵ هرچند مصرف خوراک نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت (شکل ۳ الف)، اما مقدار اضافه وزن این تیمار در هر دو دوره آغازین و رشد نسبت به سایر تیمارها کاهش بیشتری نشان داد (شکل ۲ ب و ۳ ب). حداکثر مقدار کنجاله کلزایی که می‌توان در دوره آغازین و رشد جوجه‌ها استفاده کرد به ترتیب برابر با ۱۴/۴۷ و ۱۰/۴۰ درصد جیره است. نتایج این پژوهش با نتایج لیسون و همکاران (۱۱) که سطوح صفر تا ۱۰ درصد از کنجاله کانولا را در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی و مرغان تخم‌گذار به جای کنجاله سویا جایگزین نمودند، مغایرت دارد که علت این تفاوت احتمالاً مربوط به استفاده این محققین از کنجاله کانولا در جیره‌های

آزمایشی بوده است که مقدار گلوکوسینولات‌های آلیفاتیک آن کمتر از ۳۰ میکرومول در گرم ماده خشک کنجاله است (۱۸). نتایج به دست آمده از دوره رشد این پژوهش با نتایج کاریناجیوا و همکاران (۸) که کنجاله کلزا حاوی ۴۳/۳ میکرومول گلوکوسینولات در گرم ماده خشک را در دوره آغازین و رشد استفاده کردند، مطابقت می‌نماید. در پژوهش یولان و همکاران (۶) از کنجاله کلزا وارسته‌های کاندل (Candle) و تاور (Tower) در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شد که سطح بیش از ۲۰ درصد کنجاله کلزا در دوره آغازین باعث افزایش معنی‌دار در ضریب تبدیل غذایی شده است. علت تفاوت این نتایج با این پژوهش احتمالاً مربوط به مقدار گلوکوسینولات‌های کم در این وارسته‌ها (کاندل و تاور) است.

محققین معادلات رگرسیونی مختلفی را برای پیش بینی تغییرات در عملکرد جوجه‌های گوشتی بر حسب گلوکوسینولات‌ها و کنجاله کلزا بیان کرده‌اند که برخی از آنها در جدول ۴ نشان داده شده است. محققین دیگر بیان می‌کنند که

ترتیب بیش از ۱۱/۳۶ و ۸/۱۱ میکرومول در گرم جیره باشد. هم‌چنین بیشترین مقدار کنجاله کلزایی که در دوره آغازین و رشد می‌توان در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی به کار برد به ترتیب برابر ۱۳ و ۸ درصد جیره است.

سیاسگزاری

از آقایان دکتر جواد پوررضا و دکتر علیرضا علی‌اکبر به خاطر زحمات و تلاش‌های بی‌شائبه در انجام این پژوهش تشکر می‌نمائیم. این تحقیق بدون کمک‌ها و مساعدت‌های مرحوم دکتر علیرضا محمودزاده هرگز به ثمر نمی‌رسید، یادش گرامی و روحش قرین رحمت الهی باد.

سطح بیش از ۱۰ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره باعث کاهش معنی‌دار در رشد جوجه‌های گوشتی شده و سطح ۶ تا ۱۰ میکرومول گلوکوسینولات در جیره ممکن است باعث ۱۰ درصد کاهش در رشد آنها گردد (۱۳). در پژوهشی دیگر، هنگامی اضافه وزن جوجه‌های گوشتی به صورت خطی ۷ تا ۱۰ درصد کاهش یافت که سطح گلوکوسینولات‌های جیره ۷/۷ میکرومول در گرم بود (۱۳). در این پژوهش نیز با سطح ۱۰ میکرومول از گلوکوسینولات‌ها در گرم جیره، اضافه وزن جوجه‌ها در دوره آغازین و رشد به ترتیب ۱۰/۴ و ۶/۹ درصد کاهش و ضریب تبدیل غذایی آنها به ترتیب ۱۴/۷ و ۴/۶ درصد افزایش می‌یابد. در پایان به این نکته می‌توان اشاره کرد که سطح گلوکوسینولات‌های جیره در دوره‌های آغازین و رشد نباید به

منابع مورد استفاده

- Bell, M. 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal. *J. Anim Sci.* 58: 996-1010.
- Ciska, E. and H. Kozłowska. 1998. Glucosinolates of cruciferous vegetables. *Polish J. Food and Nutr. Sci.* 48(1): 5-22.
- Clandinin, D. R. and A. R. Robblee. 1983. Canola meal can be good source of high quality protein for poultry. *Feedstuffs* 55: 36-37.
- Clandinin, D. R., L. Bayly and A. Caballero. 1966. Rapeseed meal studies. 5: Effects of (\pm)-5-venyl-2-oxazolindithione, a goitrogen in rapeseed meal on the rate of growth and thyroid function in chicks. *Poult. Sci.* 45:833-838.
- Elwinger, K. and B. Saterby. 1986. Continued experiments with rapeseed meal of a Swedish low glucosinolate type fed to poultry. 1. Experiments with broiler chickens. *Swedish J. Agric. Res.* 16:27-34.
- Hulan, H. W., F. G. Proudfoot and K. B. Rae. 1981. Replacement of soybean meal in chicken broiler diets by rapeseed meal and fish meal complementary sources of dietary protein. *Can. J. Anim. Sci.* 61:999-1004.
- Griffiths, N. M., G. R. Fenwick, A. W. Pearson, N.M. Greenwood and E.J. Butler. 1980. Effects of rapeseed meal on broilers. Studies of meat flavor, liver haemorrhage and trimethylamine oxidase activity. *J. Sci. Food and Agric.* 31:188-193.
- Karunajewa, H., E. G. Ijagbuji and R. L. Reece. 1990. Effect of dietary levels of rapeseed meal and polyethyleneglycole on the performance of male broiler. *Poult. Sci.* 31:545-555.
- Kaushik, N. and A. Agnihotri. 1999. High performance liquid chromatographic method for separation and quantification of intact glucosinolates. *Chromatographia* 49:281-284.
- Kloss, P., E. Jeffery, M. Wallig, M. Tumbleson and C. Parsons. 1994. Efficacy of feeding glucosinolate extracted crambe meal to broiler chicks. *Poult. Sci.* 73:1542-1551.
- Leeson, S., J. O. Atteh and J. D. Summers. 1987. The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. *Can. J. Anim. Sci.* 67:151-158.
- Marangos, A. and R. Hill. 1974. The hydrolysis and absorption of thioglycosides of rapeseed meal. *Proc. Nutr. Soc.*, 33:90A (abstract).
- Mawson, R., R. K. Heany, Z. Zdunczyk and H. Kozłowska. 1993. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung* 37:167-177.
- Mawson, R., R. K. Heany, Z. Zdunczyk and H. Kozłowska. 1993. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects 2. Flavour and palatability. *Die Nahrung* 37:336-344.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed., National Academy Press, Washington, D.C.
- Pearson, A. W., N. M. Greenwood, E.J. Butler and G.R. Fenwick. 1983. Biochemical changes in layer and broiler chickens when fed on a high glucosinolates rapeseed meal. *Brit. Poult. Sci.* 24:417-427.

17. SAS Institute. 1993. SAS User's guide: Statistics, version 6.03, edition. SAS Institute, Inc. Cary. North Carolina. pp. 113-137.
18. Shahidi, F. 1990. Canola and Rapeseed. Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology. Van Nostrand Reinhold Pub., New York.
19. Shahidi, F. and M. Naczk. 1992. An overview of the phenolics of canola and rapeseed: Chemical sensory and nutritional significance. *J. Am. Oil Chem. Soc. (JAOCS)*. 69:917-924.
20. Summers, J. D., M. Bedford and D. Spratt. 1990. Interaction of calcium and sulfur in canola and soybean meal diets fed to broiler chicks. *Can. J. Anim. Sci.* 70:685-694.
21. Summers, J. D., D. Spratt and M. Bedford. 1992. Sulphur and calcium supplementation of soybean and canola meal diets. *Can. J. Anim. Sci.* 72:127-133.
22. Withers, P. J. A. and F.M. O'Donnell. 1994. The response of double low winter oilseed rape to fertiliser sulphure. *J. Sci. Food and Agric.* 66:93-101.
23. Zeb, A. 1998. Possibilities and limitations of feeding rapeseed meal to broiler chicks, Ph.D. Thesis, Georg August University. Gottingen, German.