اثر سطوح مختلف گلوکوسینولات‌های جیرهٔ 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 دورهٔ آغازین (۰-۲۱روز) و رشد (۲۲-۴۲روز)، مورد آزمون قرار گرفتند. مقادیر گلوکوسینولات‌های جیره در دورهٔ آغازین صفر، ۷/۵، ۱۵، ۲۲/۵و ۳۰ میکرومول در گرم (به ترتیب تیمارهای آغازین ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) و در دورهٔ 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 دورهٔ رشد تحت تأثیر سطح گلوکوسینولات‌های جیره قرار گرفت (P<۰/۰۵) و کمترین مصرف خوراک در تیمار رشد۵ دیده شد. کمترین اضافه وزن جوجه‌ها در دورهٔ آغازین و رشد به ترتیب در تیمار آغازین۵ و تیمار رشد۵ مشاهده شد(P<۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی تیمار آغازین۵ با سایر تیمارهای دوره آغازین و تیمار رشد۵ با دیگر تیمارها در این دوره تفاوت معنی‌دار داشت(P<۰/۰۵). در دورهٔ آغازین بین اضافه وزن و سطح گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های مصرفی هم‌بستگی منفی بالا (به ترتیب ۹۵/۳- و۹۴/۷- درصد) و در دورهٔ رشد هم‌بستگی منفی نسبتاً بالایی (به ترتیب ۶۹/۵- و۷۲/۴- 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 دورهٔ 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

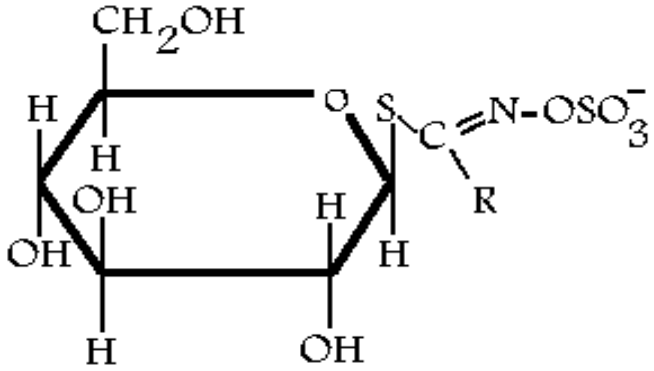
گلوکوسینولات‌ها(Glucosinolates) ترکیبات طبیعی ضد تغذیه‌ای مشتق شده از اسیدهای آمینه هستند که فقط در گیاهان دو لپه‌ای یافت می‌شوند. این ترکیبات در تمام گیاهان خانواده چلیپائیان از جمله کلزا وجود دارند(۵). کلزا دارای ۲۷ نوع گلوکوسینولات شناخته شده است(۱). ساختمان عمومی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد، مربی، مربی و استادیار علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه گیلان
۲. دکتری دام‌پزشکی، دانشکدهٔ 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 (شکل۱). این ترکیبات در مجاورت آنزیم میروزیناز (Myrosinase) (تیوگلوکوزید گلوکوهیدرولاز EC ۳، ۲، ۱) که در بخش‌های مختلف گیاه و نیز توسط برخی باکتری‌های دستگاه گوارش طیورساخته 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، اپی‌تیونیتریل و گواترین ((Goitrin (5 -Venyl,2-thio oxazolidinthione) 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 گواترزایی 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 حلقهٔ تیروزین با ئد 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 آسپارتات 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 = -٪۹۹ ، Y= ۱۰۹/۳-۲۵/۸X) و کاهش معنی‌دار در اضافه وزن موش‌ها (Y) وقتی دیده می‌شود که مقدار گلوکوسینولات‌های جیره (X) بیش از ۲۰میکرومول در گرم باشد (۱۳). در سال زراعی ۱۳۸۱میزان تولید دانه روغنی کلزا در ایران ۶۸۲۲۵ تن بوده است که با توجه به توسعه کشت آن، انجام پژوهش دربارهٔ 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 ۲۰۰قطعه جوجه یک روزه سویه آرین در طرحی کاملاً تصادفی شامل ۵ تیمارغذایی با چهار تکرار(قفس) و هر تکرار ۱۰ جوجه در دو دورهٔ آغازین (۰-۲۱روز) و رشد (۲۲-۴۲روز) 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 جانبیR متفاوت

(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 دورهٔ آغازین به ترتیب حاوی صفر، ۷/۵، ۱۵، ۲۲/۵و ۳۰ میکرومول در گرم و در دورهٔ 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(جدول۱). 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 ($Gram\ chick^{-1}\ day^{-1}$) و اضافه وزن هر تکرار نیز به صورت گرم اضافه وزن برای هر جوجه در روز با ترازوی دیجیتال با دقت ۵± 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 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 معادلهٔ 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 دورهٔ آغازین بی‌تأثیر بود (شکل۲ الف) ولی بر مصرف خوراک در دورهٔ رشد اثر معنی‌دار ($P<۰/۰۵$)داشت (شکل۳ الف) به طوری که جوجه‌هایی که از تیمار حاوی ۲۲/۸میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (تیمار رشد۵) استفاده کردند کمترین مصرف خوراک را نشان دادند. به جز

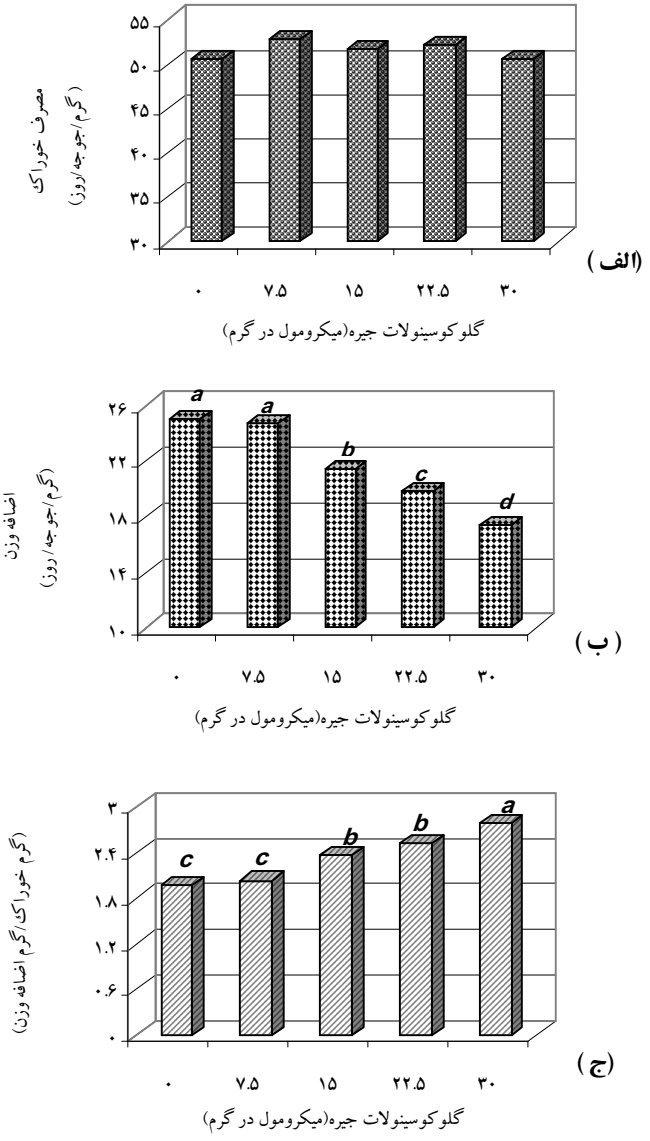
جدول۱. ترکیب، مقدار مواد مغذی تأمین شده و مقدار گلوکوسینولات‌های جیره‌های آزمایشی تیمارهای مختلف در دوره‌های آغازین (۰-۲۱روز) و رشد(۲۲-۴۲)

تیمار	آغازین					رشد				
ترکیب (درصد)	۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۵
ذرت	۵۳/۰۰۰	۵۳/۰۰۰	۵۱/۰۰۰	۵۰/۰۰۰	۴۸/۰۰۰	۵۷/۰۰۰	۵۷/۰۰۰	۵۷/۰۰۰	۵۷/۰۰۰	۵۷/۰۰۰
کنجاله کلزا	۰/۰۰۰	۹/۵۵۳	۱۹/۱۰۶	۲۸/۶۵۰	۳۸/۲۰۰	۰/۰۰۰	۷/۲۳۷	۱۴/۴۷۰	۲۱/۷۱۰	۲۸/۹۵۰
کنجاله سویا	۳۳/۰۰۰	۲۴/۷۵۰	۱۶/۵۰۰	۸/۲۵۰	۰/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۱۸/۷۵۰	۱۲/۵۰۰	۶/۲۵۰	۰/۰۰۰
پودر ماهی	۳/۴۴۰	۳/۸۷۰	۴/۱۴۰	۴/۴۷۰	۴/۷۶۰	۲/۷۵۰	۳/۰۶۰	۳/۳۸۰	۳/۶۷۰	۳/۹۵۰
سبوس گندم	۳/۰۰۰	۱/۴۰۰	۱/۴۰۰	۰/۷۰۰	۰/۷۰۰	۸/۰۰۰	۶/۸۰۰	۵/۶۰۰	۴/۵۰۰	۳/۴۰۰
روغن و اسیدچرب[1]	۴/۱۵۰	۴/۱۷۰	۴/۷۹۰	۵/۱۰۰	۵/۷۱۰	۴/۱۴۰	۴/۱۶۰	۴/۱۷۰	۴/۱۸۰	۴/۱۹۰
صدف	۱/۱۴۰	۱/۰۳۰	۰/۹۲۵	۰/۸۱۷	۰/۷۱۳	۱/۲۳۵	۱/۱۴۷	۱/۰۶۵	۰/۹۸۰	۰/۹۰۰
دی‌کلسیم فسفات	۰/۹۹۰	۰/۹۱۰	۰/۸۴۰	۰/۷۶۸	۰/۶۹۵	۰/۶۳۵	۰/۵۷۵	۰/۵۱۵	۰/۴۵۸	۰/۴۰۰
دی ال متیونین	۰/۱۴۰	۰/۱۳۴	۰/۰۹۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰	۰/۱۳۸	۰/۱۰۴	۰/۰۶۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰
ال لیزین	۰/۰۰۰	۰/۰۲۷	۰/۰۵۶	۰/۰۸۵	۰/۱۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۲۱	۰/۰۴۲	۰/۰۶۳	۰/۰۸۵
نمک	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰
مکمل ویتامین[2]	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰
مکمل مواد معدنی[3]	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	۳۰۰۰/۳	۳۰۰۰/۷	۳۰۰۰/۶	۳۰۰۰/۷	۳۰۰۰/۵	۳۰۰۰/۷	۳۰۰۰/۲	۳۰۰۰/۴	۳۰۰۰/۲
پروتئین خام(درصد)	۲۱/۵۶	۲۱/۵۶	۲۱/۵۶	۲۱/۵۶	۲۱/۵۶	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵
کلسیم(درصد)	۰/۹۳۷	۰/۹۳۸	۰/۹۳۷	۰/۹۳۷	۰/۹۳۷	۰/۸۴۴	۰/۸۴۳	۰/۸۴۴	۰/۸۴۴	۰/۸۴۴
فسفر قابل دسترس(درصد)	۰/۴۲۲	۰/۴۲۲	۰/۴۲۲	۰/۴۲۲	۰/۴۲۲	۰/۳۲۸	۰/۳۲۸	۰/۳۲۸	۰/۳۲۸	۰/۳۲۸
لیزین(درصد)	۱/۱۹۸	۱/۱۹۸	۱/۱۹۸	۱/۱۹۸	۱/۱۹۸	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳
متیونین+سیستین(درصد)	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۸۸۵	۰/۷۶۸	۰/۷۶۸	۰/۷۶۸	۰/۷۶۸	۰/۷۶۸
گلوکوسینولات‌ها(میکرومول/گرم)	۰/۰	۷/۵	۱۵/۰	۲۲/۵	۳۰/۰	۰/۰	۵/۷	۱۱/۴	۱۷/۱	۲۲/۸

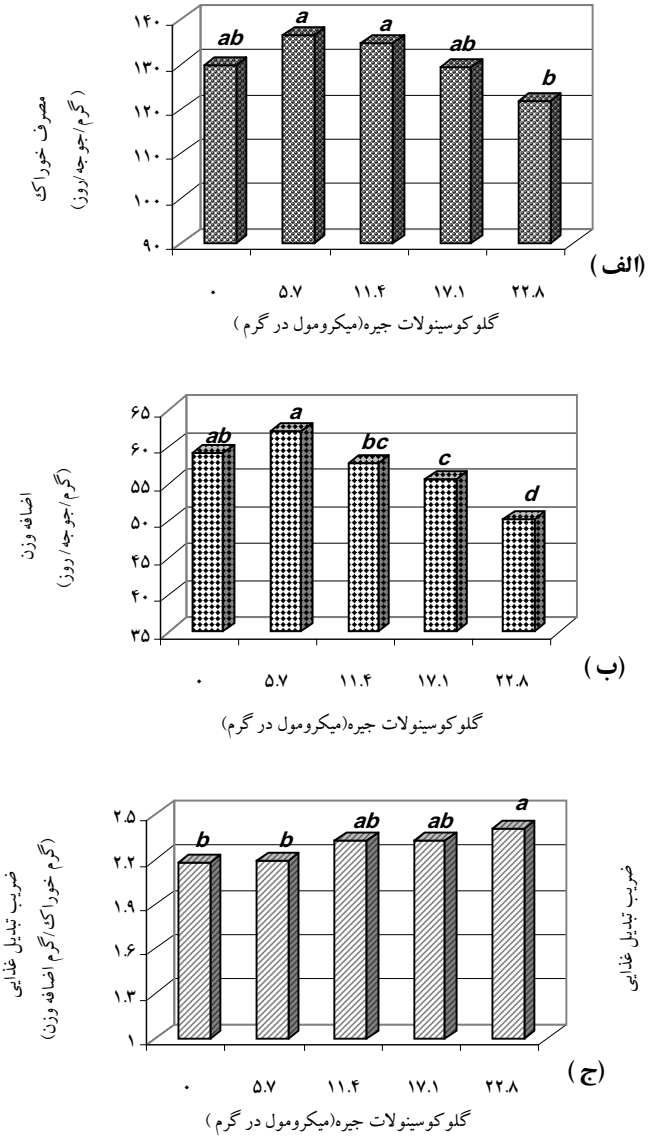
۱ . نسبت وزنی روغن آفتاب گردان به اسید چرب سویا و آفتاب گردان ۱ به ۳.

۲. هر ۲/۵کیلوگرم مکمل ویتامین دارای ۹۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A ،۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D_3، ۱۸۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E،۲۰۰۰میلی‌گرم ویتامین K_3،۱۸۰۰میلی‌گرم ویتامین B_1،۶۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3(کلسیم پانتوتنات)،۳۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5 (نیاسین)، ۳۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_9(اسید فولیک)، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۱۰۰میلی‌گرم ویتامین H_2(بیوتین) و ۲۵۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین کولین کلراید می‌باشد.

۳. هر ۲/۵کیلوگرم مکمل مواد معدنی دارای۱۰۰۰۰۰میلی‌گرم منگنز،۵۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱۰۰۰۰۰میلی‌گرم روی، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم مس،۱۰۰۰ میلی‌گرم ید، ۲۰۰میلی‌گرم سلینوم و ۲۵۰۰۰۰میلی‌گرم کولین کلراید می‌باشد.



شکل۲. 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 نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) است).



شکل۳. 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<۰/۰۵) است).

تیمار رشد۱ ، با افزایش سطح گلوکوسینولات در جیره، مصرف خوراک با روندی تقریباً یک‌نواخت کاهش نشان داد(شکل۳ الف). بین مصرف خوراک جوجه‌های هر قفس و گلوکوسینولات‌های جیره و گلوکوسینولات‌های خورده شده در دورهٔ آغازین هم‌بستگی معنی‌داری مشاهده نگردید، ولی مصرف خوراک جوجه‌ها در دورهٔ رشد با سطح گلوکوسینولات‌های جیره هم‌بستگی منفی متوسطی داشت (P<۰/۰۵)(جدول ۲). به علت هم‌بستگی پایینی که مصرف خوراک با گلوکوسینولات‌های خورده شده و جیره در دورهٔ آغازین نشان داد(جدول ۲)، حداکثر مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده و جیره بدون

جدول۲. 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(۰-۲۱روز) و رشد (۲۱-۴۲ روز)

صفت مورد اندازه‌گیری	دوره پرورش	ضرایب هم‌بستگی(درصد)		معادلات رگرسیونی	
		گلوکوسینولات‌های خورده شده (میکرومول\جوجه\روز)	گلوکوسینولات‌های جیره (میکرومول\گرم)	گلوکوسینولات‌های خورده شده (X′)	گلوکوسینولات‌های جیره (X)
اضافه وزن(Y)	آغازین	-۹۴/۷***	-۹۵/۳***	Y=۲۵/۷۶-۰/۰۰۵۲X′	Y=۲۵/۷۳-۰/۲۶۷X
(گرم\جوجه\روز)	رشد	-۷۵/۶***	-۷۹/۳***	Y=۶۱/۸۸-۰/۰۰۳۳X′	Y=۶۱/۹۱-۰/۴۲۵X
مصرف‌خوراک(Y′)	آغازین	۰/۰۱ns	-۳/۴ns	؟؟؟	؟؟؟
(گرم\جوجه\روز)	رشد	-۳۹/۸ns	-۴۷/۵*	؟؟؟	Y′=۱۳۵/۱-۰/۴۱۱X
ضریب تبدیل("Y)	آغازین	۹۳/۹***	۹۳/۹***	Y′′=۱/۹۰۳+۰/۰۰۰۶ X′	Y′′=۱/۹۰۸+۰/۰۲۸ X
(گرم‌خوراک\گرم‌اضافه‌وزن)	رشد	۷۲/۴***	۶۹/۵***	Y′′=۲/۱۶۱+۰/۰۰۰۰۹ X′	Y"=۲/۱۷۱+۰/۰۱X

ns : غیر معنی‌دار ***: P<۰/۰۰۱ *: P<۰/۰۵ ؟؟؟: عدم محاسبه معادله

تأثیر معنی‌دار بر مصرف خوراک در این دوره مورد محاسبه قرار نگرفت (جدول ۳). در دورهٔ 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 دورهٔ 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 آغازین۱) و ۷/۵ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (تیمار آغازین۲) استفاده کردند بیشترین اضافه وزن را نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین آنها دیده نشد (P>۰/۰۵). کمترین اضافه وزن در تیمارآغازین۵ دیده شد که نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت(P<۰/۰۵) (شکل۲ ب). در دورهٔ آغازین، اضافه وزن جوجه‌های هر تکرار با سطح گلوکوسینولات‌های جیرهٔ آنها و مقدار خورده شدهٔ این ماده ضد تغذیه‌ای توسط جوجه‌های همان قفس، هم‌بستگی منفی بالایی نشان داد که با معادلات رگرسیونی آنها در جدول۲ بیان شده است. سطح بیش از۱۱/۵۷میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره (۱۴/۷۳درصد کنجاله کلزا) و مصرف بیش از ۵۵۲/۰۲ میکرومول به ازای هر جوجه در روز (۱۳/۱۸درصد کنجاله کلزا) باعث کاهش در اضافه وزن جوجه‌ها در این دوره گردید(جدول۳). در دورهٔ رشد نیز با افزایش سطح گلوکوسینولات جیره، اضافه وزن جوجه‌ها تحت تأثیر قرار گرفت (P<۰/۰۰۱). بیشترین اضافه وزن در تیمارهای رشد۱ و۲ دیده شد ولی اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نبود (P> ۰/۰۵)(شکل۳ ب). در این دوره نیز هم‌بستگی منفی نسبتاً بالایی بین اضافه وزن جوجه‌ها و سطح گلوکوسینولات‌های جیره و مقدارگلوکوسینولات‌های خورده شده دیده شد (جدول۲). 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 (جدول۲). حداکثر سطح گلوکوسینولات‌های جیره و مقدار گلوکوسینولات‌های خورده شده در دورهٔ رشد، بدون تأثیر معنی‌دار بر اضافه وزن جوجه‌ها در جدول۳ نشان داده شده است که این مقادیر به ترتیب برابر ۱۰/۳۰ و ۹/۰۴درصد کنجاله کلزا در جیره می‌باشد.

جدول۳. 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(۲۱-۴۲ روز)

دوره پرورش	صفت مورد اندازه‌گیری	گلوکوسینولات‌های خورده شده (X′) (میکرومول\جوجه\ روز)	گلوکوسینولات‌های جیره(X) (میکرومول\گرم)
آغازین	اضافه وزن (گرم\جوجه\روز) (Y)	۵۵۲/۰۲	۱۱/۵۷
	مصرف خوراک (گرم\جوجه\روز) (Y′)	؟؟؟	؟؟؟
	ضریب‌تبدیل (گرم‌خوراک\گرم‌اضافه‌وزن) ("Y)	۵۴۳/۹۸	۱۱/۳۶
رشد	اضافه وزن (گرم\جوجه\روز) (Y)	۹۳۷/۳۷	۸/۱۱
	مصرف خوراک (گرم\جوجه\روز) (Y′)	؟؟؟	۷/۰۰
	ضریب‌تبدیل (گرم‌خوراک\گرم‌اضافه‌وزن) ("Y)	۸۲۵/۲۰	۸/۲۰

؟؟؟: عدم محاسبه مقدار X و X′ است.

ضریب تبدیل غذایی

ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در دورهٔ آغازین تحت تأثیر گلوکوسینولات‌های کنجاله کلزا قرار گرفت(P<۰/۰۰۱). به طوری که در این دوره (شکل۲ ج) بیشترین ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در تیمارآغازین۵ دیده شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت(P<۰/۰۵). تیمار آغازین۱ و۲ (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> ۰/۰۵). 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(جدول۲). بیشترین مقدار گلوکوسینولات‌های جیره وگلوکوسینولات‌های خورده شده بدون تأثیر معنی‌دار برضریب 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 دورهٔ رشد نیز سطوح مختلف گلوکوسینولات جیره بر ضریب تبدیل غذایی جوجه‌ها در تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌دار داشت(P<۰/۰۵). در این دوره جوجه‌های تیمار رشد۵ بیشترین و تیمارهای رشد ۱ و۲ کمترین ضریب تبدیل غذایی را دارا بودند که بین تیمار رشد ۱ و۲ تفاوت معنی‌داری (P>۰/۰۵) مشاهده نگردید (شکل۳ 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 مقدار۰/۰۹ به ضریب تبدیل غذایی آنها اضافه می‌گردد (جدول۲). حداکثر سطح گلوکوسینولات جیره و خورده شدهٔ این ماده ضد تغذیه‌ایی 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 و۷/۹۶ 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 طعم خوراک تأثیر اندکی بر مصرف آن دارد، زیرا در این گروه از حیوانات حس‌های چشایی و بویایی به خوبی سایرین تکامل نیافته است(۱۴و۲۳)، 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 درگرم) و بسیار کم (۱- ۵ میکرومول در گرم) گلوکوسینولات‌هاست، بهبود می‌یابد(۱۴). مشخص شده است که سطوح پایین کنجاله کلزا (۶-۱۲درصد 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 جوجه‌های‌گوشتی و در نتیجه مصرف خوراک تأثیری ندارد(۵). در این پژوهش نیز کنجاله کلزا تا سطح۸/۸۹٪ جیره تأثیری بر مصرف خوراک جوجه‌ها در دورهٔ 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) (شکل۱) 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 ایزوتیوسیونات، تیوسیونات و اکسازولیدین۲- تیون نیز دارای گوگرد هستند. مقدارگوگرد در کنجاله کلزا ۱/۱۴درصد و در کنجاله سویا ۰/۴۴ درصد است که مقدار اسیدهای آمینه گوگرددار کنجاله سویا تقریباً ۷۵درصد گوگرد یافت شده در این کنجاله بوده، در حالی که این مقدار در کنجاله کلزا تقریباً ۲۵درصد 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 سیستین 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).

جدول۴. معادلات پیشنهادی محققین برای سطح گلوکوسینولات‌ها و کنجاله کلزای جیره غذایی جوجه‌های گوشتی

معادله	Y	X	محققین
Y=۹۷۲/۴۸–۵/۸۷X	اضافه وزن	گلوکوسینولات جیره	زب(۱۹۹۸)
	(گرم\جوجه)	(میکرومول\گرم جیره)	(۲۳)
Y=۸۸/۰۰–۴/۳۳X	اضافه وزن در هفته دوم	گلوکوسینولات‌خورده‌شده	کلوس و همکاران(۱۹۹۴)
P<۰/۰۵، r = – ۷۴	(گرم)	(میلی‌گرم\گرم وزن بدن)	(۱۰)
Y=۲۳۱/۲۱–۵/۳۲X	اضافه وزن در هفته سوم	گلوکوسینولات‌خورده‌شده	کلوس و همکاران(۱۹۹۴)
P=۰/۰۵۱، r = –۶۶	(گرم)	(میلی‌گرم\گرم وزن بدن)	(۱۰)
Y=۶۰۸/۸–۰/۵۶X	اضافه‌وزن در دوره آغازین	کنجاله کلزا جیره	کاریناجیوا و همکاران (۱۹۹۳)
P<۰/۰۱، r = – ۹۲	(گرم)	(گرم\کیلوگرم)	(۸)
Y=۱۱۱۱/۸–۰/۹۳X	مصرف‌خوراک‌در دوره‌آغازین	کنجاله کلزا جیره	کاریناجیوا و همکاران(۱۹۹۳)
P<۰/۰۱، r = – ۹۳	(گرم)	(گرم\کیلوگرم)	(۸)
Y=۱۲۵۸/۴–۰/۸۲X	اضافه‌وزن در دوره رشد	کنجاله کلزا جیره	کاریناجیوا و همکاران(۱۹۹۳)
P<۰/۰۱، r = – ۸۶	(گرم)	(گرم\کیلوگرم)	(۸)
Y=۲۶۸۹/۱–۲/۱۵X	مصرف‌خوراک در دوره رشد	کنجاله کلزا جیره	کاریناجیوا و همکاران(۱۹۹۳)
P<۰/۰۱، r = – ۹۱	(گرم)	(گرم\کیلوگرم)	(۸)

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 رشد۵ هرچند مصرف خوراک نسبت به سایرتیمارها کاهش یافت (شکل۳ الف)، اما مقدار اضافه وزن این تیمار در هر دو دورهٔ آغازین و رشد نسبت به سایر تیمارها کاهش بیشتری نشان داد(شکل۲ ب و۳ ب). حداکثر مقدار کنجاله کلزایی که می‌توان در دورهٔ آغازین و رشد جوجه‌ها استفاده کرد به ترتیب برابر با ۱۴/۴۷ و ۱۰/۴۰درصد جیره است. نتایج این پژوهش با نتایج لیسون و همکاران (۱۱) که سطوح صفر تا ۱۰۰درصد از کنجاله کانولا را در جیرهٔ 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 دورهٔ رشد این پژوهش با نتایج کاریوناجیوا و همکاران (۸) که کنجاله کلزا حاوی ۴۳/۳ میکرومول گلوکوسینولات در گرم ماده خشک را در دورهٔ آغازین و رشد استفاده کردند، مطابقت می‌نماید. در پژوهش یولان و همکاران(۶) از کنجاله کلزا واریته‌های کاندل(Candle) و تاور(Tower) در جیره جوجه‌های گوشتی استفاده شد که سطح بیش از ۲۰درصد 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 واریته‌ها (کاندل وتاور) 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

سطح بیش از۱۰ میکرومول گلوکوسینولات در گرم جیره باعث کاهش معنی‌دار در رشد جوجه‌های گوشتی شده و سطح ۶ تا ۱۰میکرومول گلوکوسینولات در جیره ممکن است باعث۱۰ درصد کاهش در رشد آنها گردد(۱۳). در پژوهشی دیگر، هنگامی اضافه وزن جوجه‌های گوشتی به صورت خطی ۷ تا ۱۰درصد 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 دورهٔ آغازین و رشد به ترتیب ۱۰/۴ و ۶/۹ درصد کاهش و ضریب تبدیل غذایی آنها به ترتیب ۱۴/۷و۴/۶ درصد افزایش می‌یابد. در پایان به این نکته می‌توان اشاره کرد که سطح گلوکوسینولات‌های جیره در دوره‌های آغازین و رشد نباید به 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.

سپاسگزاری

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.

منابع مورد استفاده

1. Bell, M. 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal. J. Anim Sci. 58: 996-1010.
2. Ciska, E. and H. Kozlowska. 1998.Glucosinolates of cruciferous vegetables. Polish J. Food and Nutr. Sci. 48(1): 5-22.
3. Clandinin, D. R. and A. R. Robblee. 1983. Canola meal can be good source of high quality protein for poultry. Feedstuffs 55: 36-37.
4. Clandinin, D. R., L. Bayly and A. Caballero. 1966. Rapeseed meal studies. 5: Effects of (±)-5-venyl-2. oxazolidinthione, a goitrogen in rapeseed meal on the rate of growth and thyroid function in chicks. Poult. Sci. 45:833-838.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Kaushik, N. and A. Agnihotri. 1999. High performance liquid chromatographic method for separation and quantification of intact glucosinolates. Chromatographia 49:281-284.
10. 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.
11. 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.
12. Marangos, A. and R. Hill. 1974. The hydrolysis and absorption of thioglycosides of rapeseed meal. Proc. Nutr. Soc., 33:90A (abstract).
13. Mawson, R., R. K. Heany, Z. Zdunczyk and H. Kozlowska. 1993. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects 3.Animal growth and performance. Die Nahrung 37:167-177.
14. Mawson, R., R. K. Heany, Z. Zdunczyk and H. Kozlowska. 1993. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects 2. Flavour and palatability. Die Nahrung 37:336-344.
15. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry.9th ed., National Academy Press, Washington, D.C.
16. 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 overvirw 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.