

اثرات اسیدهای چرب غیر اشباع ۳-n و ۶-n جیره غذایی بر عملکرد و پاسخ ایمنی همورال جوجه‌های گوشتی

مهران ترکی^۱، جواد آرشامی^۲، فریدون افتخار شاهرودی^۳، جلیل توکلی افشار^۴ و ابوالقاسم گلپان^۵
۱، دانشجوی سابق دوره دکتری و عضو هیات علمی دانشگاه رازی کرمانشاه، ۲، ۳، ۵، اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی
دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
تاریخ پذیرش مقاله ۸۰/۴/۱۳

خلاصه

اثرات منابع چربی جیره غذایی حاوی نسبت‌های مختلف اسیدهای چرب ۳-n به ۶-n بر عملکرد و پاسخ اولیه تولید آنتی‌بادی جوجه‌های گوشتی در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. هفتصد قطعه جوجه گوشتی به طور تصادفی بین ۳۵ قفس تقسیم شدند و از ۶ روزگی با جیره‌های غذایی یکسان به لحاظ انرژی و پروتئین با سطوح مختلف روغن ماهی و یا پنبه دانه (۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ درصد) و یا بدون روغن (گروه شاهد) تغذیه گردیدند. برای تعیین تیترا آنتی‌بادی علیه بیماری نیوکاسل، در ۱۳ روزگی ۵ جوجه به ازای هر قفس به طور تصادفی انتخاب، خونگیری و سپس واکسینه شدند. خونگیری‌های بعدی در روزهای ۶، ۱۱ و ۱۸ پس از واکسیناسیون انجام گرفت. به منظور تعیین تیترا آنتی‌بادی علیه گلبول قرمز گوسفند (SRBC)، در ۳۶ روزگی ۶ جوجه به ازای هر قفس به طور تصادفی انتخاب و خونگیری شدند. سپس به آنها ۱ میلی‌لیتر سوسپانسیون ۵٪ SRBC تزریق گردید و خونگیری‌های بعدی در روزهای ۳، ۷، ۱۰ و ۱۳ پس از تزریق به عمل آمد. وزن بدن و مصرف خوراک در روزهای ۲۱، ۴۲ و ۴۹ اندازه‌گیری شد. تیمارهای غذایی بر عملکرد جوجه‌ها در طی دوره‌های آغازین و رشد تاثیر معنی‌داری نداشتند، اما مصرف خوراک در دوره پایانی در جوجه‌های تغذیه شده با تیمارهای ۲/۲۵٪ روغن ماهی و یا پنبه دانه نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P < 0/01$). جوجه‌های تغذیه شده با جیره ۲/۲۵٪ روغن ماهی، بیشترین آنتی‌بادی را در روزهای ۳، ۷، ۱۰ و ۱۳ پس از تزریق SRBC تولید کردند (به ترتیب $P < 0/05$ ، $P < 0/01$ ، $P < 0/05$ و $P < 0/01$). تیترا آنتی‌بادی علیه نیوکاسل در گروه‌های شاهد و ۲/۲۵٪ روغن پنبه‌دانه، در روز ۱۸ واکسیناسیون نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P < 0/01$). همبستگی منفی معنی‌داری بین وزن بدن و تیترا آنتی‌بادی علیه SRBC در روزهای ۳ و ۷ پس از تزریق مشاهده شد (به ترتیب: $r = -0/383$ و $r = -0/246$). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نسبت بالای اسیدهای چرب ۳-n/۶-n در جیره غذایی باعث بهبود تیترا آنتی‌بادی علیه SRBC می‌شود؛ در حالیکه نسبت‌های متوسط آن اثر مطلوبتری بر تیترا آنتی‌بادی علیه نیوکاسل دارد.

واژه‌های کلیدی: روغن ماهی، روغن پنبه‌دانه، اسیدهای چرب ۳-n و ۶-n، آنتی‌بادی، جوجه‌های گوشتی

مقدمه

تعدیل سیستم ایمنی^۱ به اعمال برخی تغییرات فیزیولوژیکی اشاره داشته که در نهایت باعث تشدید یا تضعیف فعالیت‌های

این سیستم می‌شوند (۱۵). اسیدهای چرب غیر اشباع با چندین پیوند دوگانه^۲ (PUFA) می‌توانند از طریق استقرار در غشاء فسفولیپیدی سلول‌های بافت‌های لنفوئیدی باعث تعدیل فعالیت

(کیلوگرم/ کیلوکالری) انرژی متابولیسمی و ۱۸/۱۳ و ۱۶/۵۹ درصد پروتئین بودند.

هفتصد قطعه جوجه یک روزه نر نژاد راس^۱ تا سن پنج روزگی با جیره آغازین تجارتي تغذیه گردیدند. در سن شش روزگی (متوسط وزن بدن $70/86 \pm 1/20$ گرم)، جوجه‌ها در بین ۳۵ قفس به طور مساوی و تصادفی تقسیم شدند و از این روز جیره‌های غذایی مورد مطالعه در اختیار آنها قرار گرفت. در طول دوره پرورش، جوجه‌ها آزادانه آب و غذا در اختیار داشتند. وزن بدن و مصرف خوراک بر مبنای قفس در روزهای ۲۱، ۴۲ و ۴۹ اندازه‌گیری و نسبت غذای مصرفی به اضافه وزن محاسبه گردید. تمام جوجه‌ها در سنین ۲۰ و ۲۵ روزگی از طریق آب آشامیدنی علیه ویروس بیماری بورس عفونی^۲ (گامبورو) واکسینه شدند. ترکیب اسیدهای چرب جیره‌های غذایی مورد آزمایش به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی^۳ (GC) و مطابق روش تشریح شده توسط فریدمن و اسکلان تعیین گردید (۹). مقادیر برخی از اسیدهای چرب مهم جیره آغازین در جدول ۱ درج شده است و متوسط نسبت اسیدهای چرب ۳-۶ / ۳-۶ جیره‌های سه دوره پرورش در جداول ۳ و ۵ گزارش شده است (جدول آنالیز اسیدهای چرب جیره‌های رشد و پایانی گزارش نشده است).

خونگیری و تعیین تیترا آنتی‌بادی علیه SRBC و نیوکاسل

در روز سیزدهم دوره پرورش تعداد پنج جوجه از هر قفس (۱۷۵ = n) به طور تصادفی انتخاب و از طریق قطره چشمی علیه بیماری نیوکاسل واکسینه گردیدند. این جوجه‌ها از طریق ورید زیربال قبل از شروع واکسیناسیون و در روزهای ۶، ۱۱ و ۱۸ پس از آن خونگیری شدند. نمونه‌های خون به مدت ۳ - ۱ ساعت بر روی یخ قرار داده شدند و پس از سانتریفیوژ، سرم‌های مربوطه جمع‌آوری و تا تعیین تیترا آنتی‌بادی تام در زمان مناسب در 20°C - نگهداری گردیدند. تیترا آنتی‌بادی علیه نیوکاسل بر اساس روش HI^۴ تعیین شد. به طور خلاصه، ابتدا با یک میکروپیپت در داخل هر یک از حفرات یک ردیف افقی میکروپلیت ۹۶ خانه‌ای (۸×۱۲) مقدار ۲۵ میکرولیتر سرم فیزیولوژی وارد شد. سپس ۲۵ میکرولیتر از نمونه سرم مورد

سیستم ایمنی شوند (۴). ترکیب اسیدهای چرب بافتهای لنفونیدی به نوبه خود تحت تأثیر محتویات جیره غذایی قرار می‌گیرند (۵، ۸، ۱۲، ۱۷). روغن ماهی به لحاظ دارا بودن اسیدهای چرب غیر اشباع ۳-۶ n می‌تواند میزان و نوع آیکوزانوئیدها (برخی واسطه‌های سیستم ایمنی از قبیل پروستاگلندین‌ها و لوکوترین‌ها که از اسیدهای چرب غشای فسفولیپیدی سلولها منشاء می‌گیرند) را تغییر دهد (۳). مطالعات نشان می‌دهند که پروستاگلندین E_2 (PGE_2) موجب کاهش پاسخ اولیه تولید آنتی‌بادی در مرغان تخم‌گذار می‌شود (۲۸). تولید آنتی‌بادی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی روغن ماهی و یا کتان (غنی از اسیدهای چرب ۳-۶ n) افزایش معنی‌داری در مقایسه با سایر منابع روغن نشان داد (۱۱، ۳۰). با وجود این، برخی از پژوهشگران با استفاده از روغن ماهی در جیره غذایی بهبود معنی‌داری در پاسخ ایمنی همورال مشاهده نکردند (۱۰، ۱۶). به طور کلی، بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه تأثیر اسیدهای چرب جیره غذایی بر سیستم ایمنی بیانگر عدم یکنواختی در نتایج به دست آمده است (۱، ۱۴).

پراکنش قابل ملاحظه‌ای در ترکیب اسیدهای چرب روغن‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف ماهی دیده می‌شود (۲). تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد اثرات احتمالی روغن ماهی کیلکا بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی انجام نگرفته است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی اثرات منابع مختلف روغن در جیره غذایی با نسبت‌های مختلف اسیدهای چرب ۳-۶ / ۳-۶ n بر عملکرد و پاسخ ایمنی همورال جوجه‌های گوشتی است.

مواد و روش‌ها

جیره‌های غذایی و جوجه‌ها

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار غذایی و پنج تکرار (قفس) انجام گرفت. هفت جیره غذایی همسان به لحاظ انرژی و پروتئین، مطابق با جداول NRC تنظیم شدند (۲۰) که شش جیره حاوی مقادیر ۰/۷۵، ۱/۵۰ و ۲/۲۵ درصد روغن ماهی کیلکا و یا پنبه دانه بودند و جیره شاهد فاقد روغن مکمل بود. ترکیب جیره پیش‌دان در جدول ۱ گزارش شده است. جیره‌های دوره‌های رشد و پایانی مشابه جیره آغازین تنظیم شدند و به ترتیب حاوی ۲۹۰۰ و ۲۹۵۰

1 . Ross

2 . Infectious bursal disease virus

3 . Gas chromatography

4 . Hemmagglutinin – Inhibition test

جدول ۱- ترکیب جیره‌های غذایی پیش‌دان (دوره آغازین ۲۱-۶ روزگی)

اجزاء جیره	شاهد			روغن ماهی			روغن پنبه دانه		
	%/۷۵	%/۱۵	%/۲۵	%/۷۵	%/۱۵	%/۲۵	%/۷۵	%/۱۵	%/۲۵
ذرت	۵۹/۴۵۳	۵۹/۹۴۱	۵۱/۹۲۶	۵۶/۷۸۰	۵۴/۴۳۱	۵۴/۴۳۱	۵۴/۱۰۷	۵۴/۱۰۷	۵۱/۴۳۱
کنجاله سویا	۳۵/۱۳۱	۳۴/۸۷۹	۳۴/۳۹۲	۳۴/۸۳۹	۳۴/۶۳۲	۳۴/۳۹۲	۳۴/۵۴۸	۳۴/۵۴۸	۳۴/۲۵۶
سبوس گندم	۱/۵۸۱	۳/۶۰۳	۵/۶۱۶	۷/۶۲۱	۵/۶۱۶	۷/۶۲۱	۶/۰۲۷	۶/۰۲۷	۸/۲۵۳
روغن ماهی	-	۰/۷۵۰	۱/۵۰۰	۲/۲۴۹	۱/۵۰۰	۲/۲۴۹	-	-	-
روغن پنبه دانه	-	-	-	-	-	-	۰/۷۵۰	۱/۵۰۰	۲/۲۵۰
صدف	۱/۴۸۴	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱/۴۸۳
دی کلسیم فسفات	۱/۳۲۹	۱/۳۲۲	۱/۳۱۵	۱/۳۰۸	۱/۳۱۵	۱/۳۰۸	۱/۳۲۱	۱/۳۱۳	۱/۳۰۶
پیش مخلوط ویتامینی و معدنی	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰
نمک طعام	۰/۴۰۵	۰/۴۰۴	۰/۴۰۳	۰/۴۰۱	۰/۴۰۳	۰/۴۰۱	۰/۴۰۴	۰/۴۰۲	۰/۴۰۱
دی - ال متیونین	۰/۱۱۷	۰/۱۱۹	۰/۱۲۰	۰/۱۲۱	۰/۱۲۰	۰/۱۲۱	۰/۱۱۹	۰/۱۲۰	۰/۱۲۱
مقادیر محاسبه شده:									
انرژی متابولیسی (کیلوگرم/کیلوکالری)	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
پروتئین (%)	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴	۲۰/۱۲۴
اسید لینولئیک	۱/۲۹۷	۱/۳۰۲	۱/۳۰۷	۱/۳۱۲	۱/۳۰۷	۱/۳۱۲	۱/۸۵۲	۱/۹۴۴	۲/۲۶۷
کلسیم	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵	۰/۸۷۵
فسفات قابل دسترس	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۳۹۴
سدیم	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵
آرژینین	۱/۳۴۵	۱/۳۴۸	۱/۳۵۲	۱/۳۵۵	۱/۳۵۲	۱/۳۵۵	۱/۳۴۸	۱/۳۵۲	۱/۳۵۵
لیزین	۱/۱۰۹	۱/۱۰۸	۱/۱۰۷	۱/۱۰۷	۱/۱۰۷	۱/۱۰۷	۱/۱۰۸	۱/۱۰۷	۱/۱۰۶
متیونین	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳
متیونین + سیستین	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷	۰/۷۸۷
ترئونین	۰/۷۸۵	۰/۷۸۳	۰/۷۸۲	۰/۷۸۰	۰/۷۸۲	۰/۷۸۰	۰/۷۸۳	۰/۷۸۱	۰/۷۸۰
تریپتوفان	۰/۲۹۹	۰/۳۰۰	۰/۳۰۲	۰/۳۰۳	۰/۳۰۲	۰/۳۰۳	۰/۳۰۱	۰/۳۰۲	۰/۳۰۳
ترکیب اسیدهای چرب مهم (تجزیه شده)									
اسید لینولئیک	۵۱/۳۹۱	۵۲/۳۵۱	۴۱/۱۳۸	۴۴/۷۹۵	۴۱/۱۳۸	۴۴/۷۹۵	۵۳/۳۹۵	۵۳/۸۶۳	۵۱/۹۱۳
اسید لینولئیک	۳/۲۳۶	۲/۸۵۶	۳/۱۵۱	۳/۲۸۴	۳/۱۵۱	۳/۲۸۴	۲/۶۸۹	۲/۴۷۹	۲/۱۱۴
اسید آیکوز اپنتانویک	۰/۱۳۴	ND ¹	۱/۵۲۵	۲/۱۴۳	۱/۵۲۵	۲/۱۴۳	ND	ND	ND
اسید داکوزاهگزانویک	۰/۳۰۱	ND	۳/۱۱۵	۴/۴۳۴	۳/۱۱۵	۴/۴۳۴	ND	ND	ND
کل اسیدهای چرب آنالیز شده	۹۶/۴۷۳	۹۷/۸۶۸	۹۸/۳۳۳	۹۷/۲۶۴	۹۸/۳۳۳	۹۷/۲۶۴	۹۸/۹۹۱	۹۹/۱۴۷	۹۸/۹۷۷
اسیدهای چرب اشباع	۱۸/۶۵۸	۱۹/۸۸۹	۲۳/۰۰۹	۲۵/۲۱۸	۲۳/۰۰۹	۲۵/۲۱۸	۲۱/۰۵۴	۲۱/۷۱۱	۲۴/۰۶۱
اسیدهای چرب با یک پیوند دو گانه	۲۵/۹۱۴	۲۴/۷۳۳	۲۵/۸۰۱	۲۶/۴۷۴	۲۵/۸۰۱	۲۶/۴۷۴	۲۲/۸۶۲	۲۱/۹۴۷	۲۱/۹۱۱
اسیدهای چرب با چندین پیوند دو گانه	۵۵/۳۸۹	۵۵/۳۷۹	۵۰/۸۳۳	۴۷/۶۵۴	۵۰/۸۳۳	۴۷/۶۵۴	۵۶/۰۸۴	۵۶/۳۴۲	۵۴/۰۲۷
مجموع اسیدهای چرب ۳-π	۳/۹۲۰	۲/۸۵۶	۹/۵۶۳	۱۲/۲۵۱	۹/۵۶۳	۱۲/۲۵۱	۲/۶۸۹	۲/۴۷۹	۲/۱۱۴
مجموع اسیدهای چرب ۶-π	۵۱/۴۶۹	۵۲/۵۲۳	۴۱/۲۰۴	۳۵/۱۵۰	۴۱/۲۰۴	۳۵/۱۵۰	۵۳/۳۹۵	۵۳/۸۶۳	۵۱/۹۱۳
نسبت اسیدهای چرب ۳-π به ۶-π	۰/۰۷۷	۰/۰۵۴	۰/۲۳۲	۰/۳۵۱	۰/۲۳۲	۰/۳۵۱	۰/۰۵۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۱

ND¹ - غیر قابل تشخیص بوسیله کروماتوگرافی گازی

در مورد تیتراژ آنتی‌بادی و نیز شاخص عضو، اثر قفس هم در مدل قرار گرفت (طرح نمونه‌برداری که در آن تکرار در تیمار آزمایشی نیست^۳ می‌شود): $Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \rho_{jk} + e_{ijk}$. چون رگرسیون وزن بدن بر تیتراژ آنتی‌بادی علیه SRBC معنی‌دار بود، ضرائب رگرسیون وزن بدن و توان دوم آن نیز به مدل اضافه گردید:

$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \rho_{jk} + \beta_1(X_{ijk} - \bar{X}) + \beta_2(X_{ijk}^2 - \bar{X}^2) + e_{ijk}$
در مدل‌های آماری فوق $Y_{ijk} =$ ارزش مربوط به i امین جوجه؛ $\mu =$ میانگین جمعیت؛ $\alpha_j =$ میانگین اثر j امین تیمار غذایی؛ $\rho_{jk} =$ میانگین اثر k امین قفس در j امین تیمار غذایی؛ β_1 و β_2 به ترتیب عبارتند از ضرائب رگرسیون وزن بدن و توان دوم آن بر تیتراژ آنتی‌بادی، e_{ij} و e_{ijk} برابرند با خطا (باقیمانده).

نتایج و بحث

وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی و شاخص اعضاء
نتایج اثرات تیمارهای غذایی بر وزن بدن، افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی و همچنین میانگین‌های تیمارهای مختلف در جدول ۲ گزارش شده است. در این مطالعه تیمارهای غذایی تاثیر معنی‌داری بر وزن بدن و افزایش وزن روزانه جوجه‌ها نداشت که این مورد با نتایج به دست آمده توسط سایر پژوهشگران در جوجه‌های گوشتی (۱۱) مغایر است؛ در حالیکه، برخی دیگر از محققین به نتایج مشابهی نظیر مطالعه اخیر دست یافتند (۱۰). علت تفاوت نتایج این آزمایش با مطالعه فریج و همکاران (۱۱) را می‌توان در درصد روغن مورد استفاده جستجو کرد؛ به طوریکه آنها روغن‌های ذرت، منداب کانادایی (کنولا)، کتان، ماهی و یا پی را به میزان هفت درصد به تیمارهای مختلف غذایی اضافه کردند، در حالیکه در این مطالعه جیره‌ها، حاوی روغن در سطوح پایین‌تر یعنی ۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ درصد بودند. طبق گزارش NRC (۱۹۹۴) طیور به طور معمول برای دریافت حداقل انرژی، مصرف خوراک خود را تعدیل می‌کنند، اما همیشه این امر دقیق نمی‌باشد، به طوریکه مصرف انرژی به وسیله جوجه‌های گوشتی و بوقلمونها به هنگام تغذیه آنها با جیره‌های پرانرژی در مقایسه با انرژی متوسط و یا کم بیشتر می‌باشد (به مراجع ۱۷۲، ۸۸۴، ۹۲۳،

آزمایش در حفره اول ریخته و با چندین بار کشیدن و تخلیه کردن، با سرم فیزیولوژی مخلوط گردید. سپس با انتقال ۲۵ میکرولیتر از مخلوط حفره اول به حفره دوم و همینطور از آن به حفره سوم و ادامه این روند تا حفره آخر، رقت‌هایی به طور ردیفی تهیه گردید (۱/۲، ۱/۴، ۱/۸ ...). در مرحله بعد ۲۵ میکرولیتر از سوسپانسیون ویروس نیوکاسل و پس از گذشت ۳۰ دقیقه به همان مقدار سوسپانسیون گلبول قرمز به هر حفره اضافه گردید. نتایج پس از ۳۰ دقیقه قرائت شد، به نحوی که بالاترین رقتی از سرم که به طور کامل از آگلوتیناسیون گلبول قرمز جلوگیری نمود (X) به عنوان عیار HI سرم مورد نظر ثبت گردید و لگاریتم بر مبنای ۲ معکوس آن در محاسبات استفاده شد ($\log_2 1/X$)

در روز ۳۶ پرورش، شش قطعه جوجه از هر قفس (n=۲۱۰) به طور تصادفی انتخاب، وزن کشی و به آنها از طریق ماهیچه سینه یک میلی‌لیتر سوسپانسیون ۵٪ SRBC تزریق شد. نمونه‌های خون از این جوجه‌ها، قبل از تزریق و همچنین در روزهای ۳، ۷، ۱۰ و ۱۳ پس از آن جمع‌آوری گردید. تهیه و نگهداری نمونه‌های سرم مشابه آنچه در مورد نیوکاسل توضیح داده شد صورت گرفت. تیتراژ آنتی‌بادی تام علیه SRBC در نمونه‌های سرم به روش HA^۱ و مطابق دستورالعمل شرح داده شد توسط ون در زیب و لینسترا تعیین و گزارش شد (۲۹).

جمع‌آوری اعضاء لنفوئیدی

در روزهای ۴۷ و ۵۰ دوره پرورش، دو جوجه از هر قفس به طور تصادفی انتخاب و پس از وزن کشی آنها، غدد طحال، تیموس و بورس فابریسیوس جدا و توزین گردیدند. نسبت وزن هر یک از غدد مربوطه به وزن بدن (شاخص عضو^۲) به صورت (وزن بدن / ۱۰۰۰ × وزن عضو) محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تمام اعداد مربوط به وزن بدن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، شاخص عضو و تیتراژ آنتی‌بادی با روش GLM نرم افزار آماری SAS تجزیه آماری شدند (۲۶) و اثر جیره غذایی به عنوان تیمار اصلی در قالب مدل $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + e_{ij}$ مشخص گردید.

1 . Hemmaglutinin assay

2 . Organ index

جدول ۲- اثرات تیمارهای غذایی بر وزن بدن، افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی

متوسط افزایش وزن روزانه (روز / جوجه / گرم)				وزن بدن (گرم)				جیره‌های غذایی	
۶-۴۹	۴۳-۴۹	۲۲-۴۲	۶-۲۱	۴۹	۴۲	۲۱	روز	شاخص	درجه آزادی
۴۰/۰±۰/۶	۵۹/۹±۲/۷	۴۶/۳±۰/۶	۲۳/۱±۰/۲	۱۸۳۳/۱±۲۵/۰	۱۴۱۳/۴±۱۲/۱	۴۴۰/۱±۳/۵ ^۱	شاهد		
۴۰/۰±۰/۹	۵۶/۳±۳/۶	۴۷/۵±۰/۶	۲۳/۱±۰/۳	۱۸۳۱/۷±۳۹/۹	۱۴۳۷/۷±۱۷/۴	۴۴۰/۰±۴/۸	روغن ماهی	۰/۷۵	۶
۴۰/۸±۰/۸	۵۸/۶±۳/۴	۴۸/۳±۱/۱	۲۳/۱±۰/۳	۱۸۶۴/۴±۳۵/۵	۱۴۵۴/۲±۲۵/۵	۴۴۰/۸±۴/۵	روغن ماهی	۰/۱۵	۶
۴۱/۳±۰/۸	۶۶/۴±۵/۷	۴۶/۶±۰/۷	۲۳/۳±۰/۵	۱۸۸۷/۰±۳۳/۴	۱۴۲۲/۴±۲۲/۸	۴۴۳/۹±۷/۹	روغن ماهی	۰/۲۵	۶
۴۲/۲±۰/۴	۶۴/۷±۲/۶	۴۸/۳±۱/۱	۲۴/۴±۰/۵	۱۹۲۷/۵±۱۶/۴	۱۴۷۴/۸±۲۱/۹	۴۶۰/۸±۸/۵	روغن پنبه دانه	۰/۷۵	۶
۴۱/۷±۰/۸	۶۲/۹±۲/۱	۴۸/۴±۱/۶	۲۳/۷±۰/۵	۱۹۰۵/۴±۳۳/۶	۱۴۶۶/۶±۳۸/۰	۴۴۹/۹±۸/۲	روغن پنبه دانه	۰/۱۵	۶
۴۰/۲±۰/۵	۶۱/۵±۲/۰	۴۵/۵±۰/۷	۲۳/۹±۰/۲	۱۸۳۸/۵±۲۱/۷	۱۴۰۷/۸±۱۲/۵	۴۵۲/۳±۳/۵	روغن پنبه دانه	۰/۲۵	۶
مجموع مربعات									
۳/۷۳	۶۰/۹۷	۶/۵۱	۱/۲۰	۷۲۴۶/۳	۳۴۸۴/۱	۳۰۸/۳	تیمار	۶	
۲/۳۸	۵۷/۱۹	۴/۹۶	۰/۷۳	۴۶۲۴/۶	۲۶۶۲/۴	۱۹۳/۴	خطا	۲۸	
۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۵	R ²	-	
ضریب تبدیل غذایی (افزایش وزن/مصرف خوراک)				مصرف خوراک (گرم)				جیره‌های غذایی	
۶-۴۹	۴۳-۴۹	۲۲-۴۲	۶-۲۱	۶-۴۹	۴۳-۴۹	۲۲-۴۲	۶-۲۱	روز	شاخص
۲/۱۹±۰/۰۵	۲/۴۰±۰/۰۸	۲/۲۶±۰/۰۶	۱/۸۰±۰/۰۲	۸۸/۲±۱/۲ ^d	۱۵۰/۸±۳/۶ ^c	۱۰۴/۳±۱/۹	۴۱/۳±۰/۲	شاهد	
۲/۲۹±۰/۰۷	۲/۷۴±۰/۱۶	۲/۲۷±۰/۰۷	۱/۸۰±۰/۰۶	۹۲/۴±۱/۶ ^{abcd}	۱۶۱/۳±۲/۱ ^{bc}	۱۰۷/۶±۲/۵	۴۳/۷±۱/۴	روغن ماهی	۰/۷۵
۲/۱۸±۰/۰۴	۲/۶۰±۰/۱۲	۲/۱۸±۰/۰۸	۱/۷۵±۰/۰۳	۸۸/۹±۱/۶ ^{cd}	۱۵۹/۵±۴/۹ ^{bc}	۱۰۴/۷±۱/۸	۴۰/۰±۰/۸	روغن ماهی	۰/۱۵
۲/۳۱±۰/۰۶	۲/۷۸±۰/۲۳	۲/۳۳±۰/۰۴	۱/۸۰±۰/۰۵	۹۵/۳±۱/۹ ^{ab}	۱۸۲/۷±۳/۹ ^a	۱۰۸/۵±۳/۱	۴۱/۸±۱/۲	روغن ماهی	۰/۲۵
۲/۱۲±۰/۰۵	۲/۳۹±۰/۱۰	۲/۱۷±۰/۰۶	۱/۷۲±۰/۰۳	۹۰/۲±۲/۱ ^{bcd}	۱۶۲/۸±۶/۳ ^{bc}	۱۰۴/۴±۲/۲	۴۱/۶±۰/۶	روغن پنبه دانه	۰/۷۵
۲/۳۵±۰/۰۷	۲/۶۲±۰/۱۵	۲/۲۴±۰/۰۸	۱/۸۰±۰/۰۴	۹۳/۷±۱/۲ ^{abc}	۱۷۱/۸±۶/۳ ^{ab}	۱۰۸/۱±۱/۴	۴۲/۵±۰/۴	روغن پنبه دانه	۰/۱۵
۲/۳۷±۰/۰۴	۲/۷۹±۰/۱۱	۲/۴۱±۰/۰۷	۱/۸۰±۰/۰۵	۹۵/۷±۱/۵ ^a	۱۷۷/۲±۴/۳ ^a	۱۱۰/۸±۲/۶	۴۲/۸±۱/۵	روغن پنبه دانه	۰/۲۵
مجموع مربعات									
۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۳۵/۸۰*	۶۱۷/۴۹**	۳۱/۲۰	۶/۹۰	تیمار	۶
۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۱۳/۴۱	۱۱۱/۷۵	۲۶/۱۶	۴/۸۹	خطا	۲۸
۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۲۰	۰/۲۳	R ²	-

(۱) میانگین ± خطای استاندارد ($\bar{X} \pm SE$)
 (a-d) اعداد در هر ردیف بدون حروف مشترک با هم اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$)
 * معنی‌دار در $P < 0.05$
 ** معنی‌دار در $P < 0.01$

NRC، ۱۹۹۴ (مراجعه شود) (۲۰). همچنین کول و هرسین (۱۹۸۹) پیشنهاد کردند که استفاده از روغن در جیره غذایی طیور باعث افزایش خوشخوراکی شده و می‌تواند بر میزان مصرف غذا تأثیر بگذارد. نتایج مربوط به اثر تیمارهای غذایی بر شاخص اعضاء در جدول ۶ گزارش شده است. در این آزمایش، تیمارهای غذایی مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر شاخص اعضاء نداشتند که این مورد با یافته‌های گروهی از پژوهشگران همخوانی دارد (۱۲).

پاسخ اولیه تولید آنتی‌بادی

نتایج اثرات جیره‌های غذایی بر تولید آنتی‌بادی تام علیه SRBC در روزهای متوالی خونگیری پس از تزریق و میانگین تیترا آنتی‌بادی سرم جوجه‌های انتخابی از تیمارهای مورد آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. تیترا آنتی‌بادی تام علیه SRBC در زمان تزریق (روز صفر) صفر بود. تولید آنتی‌بادی تام علیه SRBC بطور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای غذایی اعمال شده قرار گرفت. جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی

۱۰۳۷ و ۱۰۴۱ از کتاب NRC، ۱۹۹۴ رجوع شود) (۲۰). مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در طول ۲ دوره آغازین و رشد تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای غذایی نشان نداد، اما مصرف خوراک در دوره پایانی اختلاف داشت ($P < 0.01$). جوجه‌هایی که با تیمارهای غذایی حاوی بالاترین سطح روغن مکمل (۲/۲۵٪) تغذیه شدند، در مقایسه با سایر گروه‌ها، خوراک بیشتری مصرف نمودند ($P < 0.01$). مصرف خوراک در گروه شاهد کمترین مقدار بود. بر اساس مطالعات متعددی که در NRC (۱۹۹۴) به آنها اشاره شده است، بعضی از مخلوط‌های کربوهیدرات، چربی و پروتئین در جیره سبب مصرف بیشتر انرژی در مقایسه با دیگر مخلوط‌ها می‌شوند، به طوریکه جیره‌ها حاوی ۳ درصد چربی باعث افزایش مصرف خوراک در مقایسه با جیره‌های بدون چربی گردیدند و مرغهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی درصد پروتئین بالاتر نیز انرژی بیشتری دریافت نموده‌اند، به طور معمول، تنظیم مصرف انرژی در مرغهای تخمگذار و گوشتی در طی مصرف جیره‌های حاوی انرژی پایین، دقیق‌تر می‌باشد (به مراجع ۳۶۶، ۶۴۲، ۷۹۰ و ۹۵۷ از کتاب

جدول ۳- اثرات جیره‌های غذایی بر آنتی‌بادی تام علیه گلبول قرمز گوسفند ۳، ۷، ۱۰ و ۱۳ روز پس از تزریق

آنتی‌بادی تام علیه گلبول قرمز گوسفند ($10g_2$)					
روز				n-۳:n-۶	تیمارهای غذایی
۱۳	۱۰	۷	۳		
$1/12 \pm 0/21^c$	$1/85 \pm 0/28^c$	$1/73 \pm 0/23^c$	$1/66 \pm 0/16^b$	۰/۰۹	شاهد
$1/67 \pm 0/22^b$	$2/43 \pm 0/24^b$	$2/87 \pm 0/26^b$	$0/80 \pm 0/13^b$	۰/۱۰	روغن ماهی ۰/۷۵
$1/57 \pm 0/26^b$	$2/29 \pm 0/26^b$	$2/84 \pm 0/27^b$	$0/60 \pm 0/12^b$	۰/۲۵	روغن ماهی ۰/۱۵
$2/07 \pm 0/22^a$	$2/72 \pm 0/22^a$	$3/64 \pm 0/26^a$	$1/10 \pm 0/18^a$	۰/۳۸	روغن ماهی ۰/۲۵
$1/41 \pm 0/22^b$	$2/17 \pm 0/29^b$	$2/52 \pm 0/25^{bc}$	$0/64 \pm 0/13^b$	۰/۰۵	روغن پنبه دانه ۰/۷۵
$1/11 \pm 0/25^c$	$1/80 \pm 0/27^c$	$1/84 \pm 0/23^c$	$0/41 \pm 0/11^c$	۰/۰۴	روغن پنبه دانه ۰/۱۵
$0/87 \pm 0/18^c$	$1/57 \pm 0/22^c$	$2/27 \pm 0/24^{bc}$	$0/55 \pm 0/13^{bc}$	۰/۰۳	روغن پنبه دانه ۰/۲۵
میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییر
۱/۹۰۹	۲/۲۸۸	۴/۸۲۶**	۰/۸۲۰	۳۶:	مدل
۱/۳۷۰	۱/۸۸۲	۱/۰۹۴	۰/۳۹۹	۲۸	پن(تیمار)
۴/۹۰۸**	۴/۸۲۲*	۱۲/۹۰۷**	۱/۴۲۸*	۶:	تیمار
۰/۰۰۵	۰/۰۸۱	۰/۰۰۲	۰/۰۴۵	۱	شاهد نسبت به روغن ^۲
۲۳/۷۵۲**	۲۴/۳۶۴**	۶۰/۹۸۸**	۳/۷۱۶**	۱	روغن ماهی نسبت به روغن پنبه دانه
۰/۲۸۶	۰/۱۷۲	۰/۵۰۰	۰/۷۱۶	۱	روغن ماهی (۰/۱۵VS۲/۲۵)
۰/۸۷۴	۱/۱۱۴	۴/۱۶۶	۰/۱۶۲	۱	روغن ماهی (۰/۷۵VS۱/۵+۲/۲۵)
۰/۴۷۸	۰/۱۰۷	۲/۷۵۴	۰/۰۴۳	۱	روغن پنبه دانه (۰/۱۵VS۲/۲۵)
۳/۶۹۸	۲/۷۰۹	۹/۴۴۱	۳/۷۷۶	۱	روغن پنبه دانه (۰/۷۵VS۱/۵+۲/۲۵)
کوواریانس					
۱/۶۸۲	۰/۶۱۹	۷/۵۷۹*	۳/۲۰۱**	۱	وزن
۱/۵۷۱	۰/۳۶۵	۲/۹۴۱	۲/۴۷۱*	۱	وزن × وزن
۱/۶۰۳	۲/۰۱	۱/۵۴۵	۰/۵۵۸	۱۷۲	خطا
۰/۱۹۹	۰/۱۹۳	۰/۳۹۵	۰/۲۳۵	-	R ²

a-c) میانگین‌های در هر ردیف بدون حرف مشترک اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0/05$)

(۱) میانگین \pm خطای استاندارد ($\bar{X} \pm SE$) (۲) مقایسات ارتوگونال (متعامد)

* معنی‌دار در ($P < 0/05$) ** معنی‌دار در ($P < 0/01$)

همخوانی دارد (۱۱). در حالیکه برخی دیگر از پژوهشگران با بکارگیری جیره‌های غذایی حاوی روغن ماهی، بهبود معنی‌داری در پاسخ اولیه و ثانویه تولید آنتی‌بادی در جوجه‌های گوشتی مورد آزمایش مشاهده نکردند (۱۰، ۱۶). دلپنتی و سالمون (۱۹۶۶) گزارش کردند که پاسخ ایمنی جوجه‌ها به طور چشمگیری در طول عمر آنها تغییر می‌کند. پراکنش موجود در

بالاترین سطح روغن ماهی (۲/۲۵٪) در مقایسه با سایر گروه‌ها بیشترین میزان آنتی‌بادی تام علیه SRBC را در روزهای ۳، ۷، ۱۰ و ۱۳ پس از تزریق SRBC تولید کردند (به ترتیب $P < 0/05$ ، $P < 0/01$ ، $P < 0/05$ و $P < 0/01$). استفاده از روغن ماهی در جیره غذایی موجب بهبود پاسخ ایمنی همورال در این آزمایش گردید که با نتایج به دست آمده توسط فریج و همکاران

علیه SRBC و واکنش ازدیاد حساسیت تاخیری^۲ (شاخصی برای ارزیابی ایمنی سلولی) گردید (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از جیره‌های غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع ۳-n در موشهای آزمایشگاهی نتایج مشابهی به لحاظ پاسخ ایمنی همورال به دست آمد (۲۴). تاثیر جیره‌های غنی از اسیدهای چرب ۳-n بر پاسخ ایمنی همورال با توجه به مطالعات فریج و همکاران (۱۹۹۱) قابل بررسی است. آنها مشاهده کردند که غلظت اسید آراشیدونیک (اسید چرب ۲۰ کربنی از گروه ۶-n) در سرم و بافت‌های سیستم ایمنی جوجه‌هایی که از جیره‌های غنی از اسیدهای چرب ۳-n تغذیه کردند، ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافت. از طرفی پژوهشگران نشان داده‌اند که PGE₂ (مشتق شده از اسید آراشیدونیک) باعث کاهش تکثیر لنفوسیت‌ها و تولید آنتی‌بادی می‌گردد (۲۷). بنابراین، ممکن است اسیدهای چرب ۳-n از طریق کاهش تولید PGE₂ موجب افزایش تولید آنتی‌بادی گردند.

در جدول ۴ ضرایب همبستگی پیرسون^۳ بین تیترا آنتی‌بادی علیه SRBC و وزن بدن جوجه‌ها در روزهای مختلف پس از تزریق آمده است. این ضرایب در روزهای ۳ و ۷ پس از ایمنی‌زایی علیه SRBC معنی‌دار بودند (به ترتیب $r = -0.246$ و $r = -0.383$ در $P < 0.01$). پارمینتر و همکاران (۱۹۹۶) از وجود همبستگی فنوتیپیکی بین وزن جوجه‌ها در ۱۷ هفتگی و تیترا آنتی‌بادی در یک هفته پس از ایمنی‌زایی خبر دادند، در حالیکه در هفته‌های بعدی نتایج مشابهی به دست نیاموردند. قریشی و هاونستین مشاهده کردند که جوجه‌های گوشتی اصلاح شده به منظور افزایش وزن بدن در مقایسه با سویه خالص اصلاح نشده^۴ نسبت به تنش‌ها مقاومت کمتری داشته و نیز پاسخ ایمنی همورال ضعیفتری نشان می‌دهند (۲۵). دیگر محققین به نتایج مشابهی در جمعیت‌های وایت‌راک (White rock) دست یافتند، به طوری‌که پاسخ ایمنی همورال در لاین‌های سبک وزن در مقایسه با سنگین وزن بهتر بود (۱۸، ۱۹).

در این مطالعه، تیترا آنتی‌بادی علیه نیوکاسل در بین سرم‌های جمع‌آوری شده قبل از واکسیناسیون اختلاف معنی‌داری

نتایج آزمایش‌های گوناگون احتمالاً ناشی از بکارگیری جوجه‌ها در سنین مختلف می‌باشد. به علاوه، آگلوتیناسیون گلبولهای قرمز در روش HA برای تعیین تیترا آنتی‌بادی سرم، تا حدود زیادی متأثر از غلظت و نیز حجم سوسپانسیون SRBC تزریق شده می‌باشد (۱۳).

براگتون و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که اثر اسیدهای چرب ۳-n بر تولید واسطه‌های سیستم ایمنی بستگی به مقدار کل اسیدهای چرب غیر اشباع و همچنین نسبت اسیدهای چرب ۳-n به ۶-n جیره دارد (۳). فریدمن و اسکلان (۱۹۹۵) گزارش کردند که تولید آنتی‌بادی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح پایین اسید لینولئیک (اسید چرب ۶-n) با سرعت بیشتری به بالاترین سطح رسید و تداوم مطلوب‌تری در مقایسه با سایر گروه‌ها نشان داد. در مطالعه دیگر، آنها دریافتند که تولید آنتی‌بادی در بوقلمون‌ها به طور درجه دوم^۱ با غلظت اسید لینولئیک و کل اسیدهای چرب ۶-n سرم ارتباط دارد (۹). کوروروکلاسینگ (۱۹۹۷) گزارش کردند که تزریق لیپولی ساکارید (LPS) باکتریایی به جوجه‌های گوشتی باعث ظهور واکنش التهابی در آنها شد، که به نوبه خود کاهش وزن جوجه‌ها را به همراه داشت. آنها با بکارگیری روغن ماهی در جیره غذایی اثرات نامطلوب واکنش التهابی بر رشد را تخفیف دادند، ولی این تاثیر تنها با استفاده از روغن ماهی در جیره‌های حاوی گندم دیده شد، در حالیکه در جیره‌های پایه ذرت تاثیر روغن ماهی معنی‌دار نبود. این محققین چنین نتیجه‌گیری کردند که احتمالاً علت این امر وجود سطوح پایین‌تر اسیدهای چرب غیر اشباع ۶-n (منجمله اسید لینولئیک) در جیره‌هایی بر پایه گندم در مقایسه با ذرت می‌باشد. پارمینتر و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که بین لاین و جیره غذایی در زمینه تولید آنتی‌بادی اثر متقابل وجود دارد؛ به طوری‌که در لاین اصلاح شده به منظور تولید آنتی‌بادی بالا علیه SRBC، پاسخ اولیه تولید آنتی‌بادی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره غنی از اسید لینولئیک بیشتر بود. در یک مطالعه زکی و هادی اثرات روغن کتان را با پی (غنی از اسیدهای چرب اشباع) بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی مقایسه کردند. آنها مشاهده نمودند که جیره‌های حاوی روغن کتان باعث بهبود پاسخ تولید آنتی‌بادی

2. Delayed type hypersensitivity

3. Pearson's correlation coefficients

4. 1957- randombred strain

1. Quadratic

جدول ۴- ضرائب همبستگی (correlation) پیرسون بین آنتی‌بادی تام علیه گلبول قرمز گوسفند و وزن بدن جوجه‌ها

وزن بدن جوجه‌ها در روزهای پس از تزریق	تیترا آنتی‌بادی تام علیه گلبول قرمز گوسفند در روزهای پس از تزریق			
	سوم	هفتم	دهم	سیزدهم
سوم	۰/۲۴۶**	۰/۳۴۱**	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹
هفتم	۰/۲۴۵**	۰/۳۸۷**	۰/۰۳۹	۰/۰۱۳
دهم	۰/۲۵۶**	۰/۳۴۷**	۰/۰۴۶	۰/۰۲۲
سیزدهم	۰/۱۹۶**	۰/۳۲۸**	۰/۰۵۲	۰/۰۱۵

** معنی‌دار در $P < 0.01$

جدول ۵- اثرات جیره‌های غذایی بر آنتی‌بادی تام علیه ویروس مولد بیماری نیوکاسل در روزهای متوالی پس از واکسیناسیون

تیمارهای غذایی	نسبت		n-s:n-6
	روز ۱۱	روز ۱۸	
شاهد	۵/۹۲±۰/۳۶ ^a	۶/۴۰±۰/۳۴ ^a	۰/۰۹
روغن ماهی ۰/۰۷۵٪	۵/۴۵±۰/۲۴	۵/۳۸±۰/۳۶ ^{bc}	۰/۱۰
روغن ماهی ۱/۱۵٪	۵/۸۵±۰/۴۰	۵/۳۱±۰/۴۳ ^{bc}	۰/۲۵
روغن ماهی ۲/۲۵٪	۴/۹۵±۰/۳۴	۴/۷۰±۰/۴۱ ^c	۰/۳۸
روغن پنبه‌دانه ۰/۷۵٪	۵/۳۵±۰/۳۱	۵/۰۴±۰/۳۱ ^{bc}	۰/۰۵
روغن پنبه‌دانه ۱/۱۵٪	۵/۱۷±۰/۳۷	۵/۸۰±۰/۳۳ ^b	۰/۰۴
روغن پنبه‌دانه ۲/۲۵٪	۵/۴۷±۰/۳۵	۶/۴۵±۰/۳۰ ^a	۰/۰۳
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
مدل	۳۴	۳/۶۷۱	۵/۳۲۵**
پن (تیمار)	۲۸	۲/۱۰۱	۴/۱۸۶
تیمار	۶	۱/۹۴۱	۱۱/۰۶**
شاهد VS روغن	۱	۴/۲۸۰	۱۷/۷۵۰*
روغن ماهی پنبه‌دانه	۱	۰/۱۹۹	۱۶/۶۹۰*
روغن ماهی (۰/۰۷۵ vs ۲/۲۵)	۱	۰/۰۳۸	۲/۰۲۱
روغن ماهی (۰/۱۵ vs ۲/۲۵)	۱	۰/۰۰۹	۲۲/۰۷۴**
روغن پنبه‌دانه (۰/۰۷۵ vs ۱/۱۵)	۱	۰/۷۸۵	۲/۱۳۴
روغن پنبه‌دانه (۰/۱۵ vs ۲/۲۵)	۱	۰/۷۸۵	۲/۱۳۴
خطا	۱۴۰	۱/۶۰۸	۲/۶۸۴
R ²	---	۰/۴۵۶	۰/۳۴۵

a-b) میانگین‌های در هر ردیف بدون حرف مشترک تفاوت معنی‌دار دارند ($P < 0.05$)

(۱) میانگین ± خطای استاندارد ($\bar{X} \pm SE$) مقایسات ارتوگونال (متعامد)

* معنی‌دار در $P < 0.05$ ** معنی‌دار در $P < 0.01$

جدول ۶- اثرات جیره‌های غذایی بر شاخص‌های لنفوئیدی (وزن بدن / ۱۰۰۰ × وزن عضو)

جیره‌های غذایی	روز ۴۷			روز ۵۰		
	بوس	طحال	تیموس	بوس	طحال	تیموس
شاهد	۰/۸۰۹	۱/۱۴۸	۳/۴۰۷	۱/۲۸۳	۱/۴۰۹	۲/۶۸۱
روغن ماهی ۰/۷۵٪	۰/۹۴۴	۱/۱۴۷	۴/۰۲۱	۰/۹۲۵	۱/۴۹۹	۳/۰۲۴
روغن ماهی ۱/۱۵٪	۰/۸۸۶	۱/۳۰۵	۴/۰۷۶	۰/۹۱۷	۱/۱۱۱	۴/۰۴۶
روغن ماهی ۲/۲۵٪	۱/۰۹۷	۱/۲۹۴	۳/۶۷۹	۰/۸۷۸	۱/۰۶۴	۲/۹۹۸
روغن پنبه‌دانه ۰/۷۵٪	۰/۷۲۶	۱/۲۲۹	۳/۲۶۱	۰/۹۱۵	۱/۳۳۴	۳/۶۸۶
روغن پنبه‌دانه ۱/۱۵٪	۰/۹۳۷	۰/۹۹۰	۳/۷۳۲	۰/۸۷۸	۱/۱۶۷	۳/۲۳۵
روغن پنبه‌دانه ۲/۲۵٪	۰/۸۰۸	۱/۱۳۱	۳/۹۲۳	۱/۰۳۰	۱/۰۶۱	۳/۱۴۹
خطای استاندارد (MSE)	۰/۱۴۱	۰/۱۲۳	۰/۳۲۹	۰/۱۵۳	۰/۱۶۲	۰/۲۹۷
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
مدل	۳۴	۰/۱۹۰	۰/۱۴۶	۱/۰۶۳	۰/۲۳۰	۱/۱۰۰
پن (تیمار)	۲۸	۰/۱۹۰	۰/۱۵۲	۱/۰۸۸	۰/۲۴۳	۰/۸۸۲
تیمار	۶	۰/۱۴۷	۰/۱۹۹	۰/۹۴۸	۰/۳۱۵	۲/۱۲۰
خطا	۳۵	۰/۱۳۵	۰/۱۴۳	۱/۷۹۷	۰/۲۹۳	۰/۸۸۶
R ²		۰/۵۷۸	۰/۴۹۷	۰/۳۶۵	۰/۴۴۲	۰/۵۴۷

معنی‌داری نشان نداد. ضمناً وجود آنتی‌بادی احتمالی علیه نیوکاسل در سرم‌های جمع‌آوری شده در شش روز پس از واکسیناسیون به وسیله روش HI قابل تشخیص نبود. در پژوهشی دیگر نیز جوجه‌های واکسینه شده علیه نیوکاسل پاسخ آنتی‌بادی قابل توجهی در طول یک هفته پس از واکسیناسیون نشان ندادند (۲۲). در جدول ۵ نتایج اثرات جیره‌های غذایی بر پاسخ تولید آنتی‌بادی علیه نیوکاسل و همچنین میانگین تیترا آنتی‌بادی تولید شده در گروه‌های مختلف غذایی آمده است. جیره غذایی تاثیر معنی‌داری بر پاسخ آنتی‌بادی علیه نیوکاسل در روز ۱۱ پس از واکسیناسیون نداشت، در حالیکه جوجه‌های تغذیه شده با جیره شاهد و جیره حاوی روغن پنبه‌دانه (۲/۲۵٪) بیشترین آنتی‌بادی را در ۱۸ روز پس از واکسیناسیون تولید کردند ($P < 0.01$).

به طور کلی، نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که با ایجاد تغییراتی در جیره غذایی به لحاظ ترکیب اسیدهای چرب می‌توان پاسخ ایمنی همورال جوجه‌های گوشتی را تحت تأثیر قرار داد. افزایش نسبت اسیدهای چرب n-۳ به n-۶ در

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی برای تأمین اعتبار مالی این طرح و نیز از ریاست محترم پژوهشکده بوعلی به دلیل فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی قدردانی می‌شود. همچنین از دکتر کورو، عضو هیئت علمی دانشگاه آلبرتا در کانادا، برای در اختیار گذاشتن دستگاه کروماتوگرافی گازی صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

جیره غذایی در اثر مکمل سازی با روغن ماهی باعث ایجاد روند افزایشی تولید آنتی بادی علیه SRBC گردید، به طوریکه بهترین پاسخ ایمنی همورال اولیه علیه SRBC در گروه های غذایی حاوی بالاترین سطح ۳-n به ۶-n دیده شد، ضمن اینکه تغییری بر رشد و وزن بدن جوجه ها به همراه نداشت. در این مطالعه نسبت های متوسط اسیدهای چرب ۳-n به ۶-n موجب بروز پاسخ آنتی بادی مطلوبتری علیه نیوکاسل شدند.

REFERENCES

- Alexander, J. W. 1998. Immunonutrition: The role of ω -3 fatty acids. *Nutrition* 14: 627-633.
- Bimbo, A. P. 1990. Production of fish oils. Pages: 141-180. in: *Fish Oil in Nutrition*, Stansby, M. E. (ed) Van Nostrand Reinhold, New York.
- Broughton, K. S., J. Whelan, R. Hardardottir, and J. E. Kinsella. 1991. Effects of the increasing the dietary (n-3) to (n-6) polyunsaturated fatty acid ration on murine liver and peritoneal cell fatty acids and eicosanoid formation. *J. Nutr.* 121: 155-164.
- Calder, P. C. 1998. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Brza. J. Med. Biol. Res.* 31: 467-490.
- Chanmugan, P., M. Boudereau, T. Boutte, R. S. Park, and D. H. Hwang. 1992. Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci.* 71: 516-521.
- Cole, D. J. A., and W. Haresign. 1989. Recent development in poultry nutrition. Pages: 27-53, Butterworths, London.
- Delhanty, J., and S. Salmon. 1966. The nature of antibody to goat's erythrocyte in the developing chicken. *Immunology* 11: 103-113.
- Friedman, A., and D. Sklan. 1995. Effect of dietary fatty acids on antibody production and fatty acid composition of lymphoid organs in broiler chicks. *Poultry Sci.* 74: 1463-1469.
- Friedman, A., and D. Sklan. 1997. Effect of dietary fatty acids on humoral immune response of turkey. *Br. Poultry Sci.* 37: 342-348.
- Fritsche, K. L., and N. A. Cassity. 1992. Dietary n-3 fatty acids reduce antibody – dependent cell cytotoxicity and alter eicosanoid release by chicken immune cells. *Poultry Sci.* 71: 1646-1657.
- Fritsche, K. L., N. A. Cassity, and S. C. Haung. 1991. Effect of dietary fat source on antibody production and lymphocyte proliferation in chickens. *Poultry Sci.* 70: 611-617.
- Fritsche, K. L., N. A. Cassity, and S. C. Haung. 1991. Effect of dietary fats on the fatty acid compositions of serum and immune tissues in chickens. *Poultry Sci.* 70: 1213-1222.
- Glick, B., E. J. Day, and D. Thompson. 1981. Calorie- protein deficiencies and the immune response of the chicken. I. Humoral Immunity. *Poultry Sci.* 60: 2494-2500.
- James, M. J., R. A. Gibson, and L. G. Cleland. 2000. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(Suppl): 343S-348S.
- Klasing, K. C. 1998. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. *Poultry Sci.* 77: 1119-1125.
- Korver, D. R., and K. C. Klasing. 1997. Alterations in specific and inflammatory immune responses in chicks fed fish oil. *J. Nutr.* 127: 2039-2046.
- Lands, W. E. M., A. Morris, and B. Libelt. 1990. Quantitative effects of dietary polyunsaturated fats on composition of fatty acids in rat tissues. *Lipids* 25: 505-516.
- Liu, G., E. A. Dunnington, and P. B. Siegel. 1995. Growth related traits in body weight selected lines and their crosses reared under different nutritional regimens. *Br. Poultry. Sci.* 36: 209-219.

19. Miller, L. L., P. B. Siegel, and E. A. Dunnington. 1992. Inheritance of antibody response to sheep erythrocytes in lines of chickens divergently selected for fifty – six – day body weight and their crosses. *Poultry Sci.* 71: 47-52.
20. National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
21. Nir, I. 1990. Performance of broilers fed diets supplemented with 1. 5% soybean or red fish oil. *Poultry Sci.* 69(suppl. 1): 99(Abstr).
22. Parmentier, H. K., M. G. B. Nieuwland, E. Rijke, G. De Vries Relingh, J. W. Schrama. 1996. Divergent antibody response to vaccines and divergent body weights of chicken lines selected for high and low humoral responsiveness to sheep red blood cells. *Avian Dis.* 40: 634-644.
23. Parmentier, H. K., M. G. B. Nieuwland, M. W. Barwegen, R. P. Kwakkel, and J. W. Schrama. 1997. Dietary unsaturated fatty acids affect antibody responses and growth of chickens divergently selected for humoral responses to sheep red blood cells. *Poultry Sci.* 76: 1164-1171.
24. Prickett, J. D., D. R. Robinson, and K. J. Block. 1982. Enhanced production of IgE and IgG antibodies, associated with a diet enriched in eicosapentaenoic acid. *Immunology* 46: 819-826.
25. Qureshi, M. A., and G. B. Havenstein. 1994. A comparison of the immune performance of a 1991 commercial broiler with 1957 random bred strain when feed typical 1957 and 1991 broiler diets. *Poultry Sci.* 73: 1805-1812.
26. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's guide: 1988 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
27. Schoenherr, W. D., and D. E. Jewell. 1997. Nutritional modification of inflammatory diseases. *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal)* 12: 212-222.
28. Sijben, J. W. C., J. W. Schrama, M. G. B. Nieuwland, and H. K. Parmentier. 2000. Immunomodulatory effect of indomethacin and prostaglandin E₂ on primary and secondary antibody response in growing laying hens. *Poultry Sci.* 79: 949-955.
29. Van der Zijpp, A. J., and F. R. Leenstra. 1980. Genetic analysis of the humoral immune response of white leghorn chicks. *Poultry Sci.* 59: 1363-1369.
30. Zaki, M. M., and M. M. Hady. 1995. Impact of different dietary fat sources on performance and immune response of broiler chickens. *Vet. Med. J. Giza* 43 183-192.

Effects of Dietary n-3 and n-6 Polyunsaturated Fatty Acids on Performance and Humoral Immune Response in Broiler Chicks

M. TORKI¹, J. ARSHAMI², F. EFTEKHAR SHAHROODI³,
J. TAVAKOLI AFSHAR⁴ AND A. GOLIAN⁵

1, Former Ph.D. Student and Faculty Member, Razi University of Kermanshah

2, 3, 5, Faculty Members, Faculty of Agriculture, University of Mashhad

4, Faculty Member, Medical Sciences, University of Mashhad

Accepted July 4, 2001

SUMMARY

This study was designed and carried out to determine the effects of dietary fat sources with various n-3: n-6 polyunsaturated fatty acid (PUFA) ratios on performance and primary antibody response in broiler chicks. Seven hundred 5-day-old male Ross broiler chicks were assigned to 35 pens (a completely random design) and fed isocaloric and isonitrogenous corn – soybean meal diets containing 0.75, 1.5, and 2.25 g/ 100 g of either fish or cottonseed oil. Diet with no supplementary oil served as control. Five to six chicks from each pen were randomly selected and either vaccinated with Newcastle disease virus (NCV) or injected (im) with 1 ml of a 5% suspension of sheep red blood cells (SRBC) on days 13 and 36, respectively. Blood samples were taken prior to immunization and every 3 to 6 days post – immunization for 3 weeks in order to collect serum and subsequent antibody (Ab) assay. Body weight (BW) and feed intake were measured on days 21, 42, and 49. There was no effect of diet on BW, gain and feed intake during periods of starter and grower, but feed consumption was more in chicks fed the diets with 2.25% of fish or cottonseed oil on finishing period ($P<0.01$). Chicks on the diets with the 2.25% of fish oil produced the highest anti – SRBC titers on 3, 7, 10 and 13 days after SRBC injection ($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively). Chicks fed control or cottonseed oil (2.25%) diets produced more Ab than chicks in other groups on day 18 after vaccination ($P<0.01$). There was a negative correlation between BW and anti-SRBC titer on days 3 and 7 after injection ($r=-0.246$ and -0.383 , respectively). The results showed that Ab production against SRBC in chicks fed a diet with highest ratio of n-3: n-6 PUFA was higher among the dietary groups, where moderate dietary ratio of n-3: n-6 PUFA improved Ab production against NCV.

Key words: Fish oil, Cottonseed oil, n-3: n-6 Polyunsaturated fatty acid ratio, Antibody, Broiler chicks.