

تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر عملکرد، کیفیت تخم مرغ و قابلیت هضم مواد

مغذی در مرغان تخمگذار

محبوبه محسنی هماغرانی^۱، رحمان جهانیان^۲

۱ و ۲ - کارشناس ارشد تغذیه طیور و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر عملکرد، پاسخ‌های ایمنی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون و قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی در مرغ‌های تخمگذار به انجام رسید. در این تحقیق از تعداد ۲۴۰ قطعه مرغ تخمگذار های لاین W-36 در سن ۴۶ هفتگی و طی یک دوره آزمایشی ۷۷ روزه استفاده شد. پرندگان بطور تصادفی در بین ۴ تکرار (۵ قطعه مرغ در هر تکرار) هر یک از ۱۲ تیمار آزمایشی توزیع شدند. تیمارهای مورد مطالعه شامل سه سطح روغن سویا (صفر، ۲ و ۴ درصد جیره) و چهار سطح متیونین (۰/۳۷، ۰/۴۱، ۰/۴۵ و ۰/۴۹ درصد جیره) بود که بصورت یک آزمایش فاکتوریل ۴×۳ مورد بررسی قرار گرفتند. فراسنجه‌های عملکردی شامل خوراک مصرفی، درصد تولید، وزن تخم مرغ، بازده تولید تخم مرغ، ضریب تبدیل غذا و شاخص‌های کیفی تخم مرغ بصورت دوره‌ای (بازه‌های ۳۵ روزه) اندازه‌گیری شدند. در پایان دوره آزمایش، دو پرند از هر قفس به منظور بررسی وزن نسبی کبد، صفرا، پانکراس، قلب و طحال و همچنین نمونه برداری از محتویات ایلئوم کشتار شدند. تیترا آنتی‌بادی در برابر ویروس نیوکاسل و گلبول قرمز گوسفندی در فواصل زمانی مشخص بعد از تزریقات مربوطه اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌های سرم خون از لحاظ غلظت متابولیت‌های لیپیدی و میزان مالون‌دی‌آلدئید (MDA) مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که درصد تخم‌گذاری در تمام مراحل آزمایش بطور معنی‌داری ($P < 0/001$) تحت تأثیر سطح چربی جیره قرار گرفت بطوریکه استفاده از ۴ درصد روغن سویا، میزان تولید تخم مرغ را به شکل معنی‌داری بهبود بخشید. همچنین سطح ۰/۴۹ درصد متیونین جیره به طور قابل ملاحظه‌ای درصد تولید را در طی ۳۵ روز دوم ($P < 0/01$) و کل دوره آزمایش ($P < 0/05$) افزایش داد. اگر چه سطح چربی جیره بر وزن تخم مرغ تأثیر نداشت اما افزایش سطح متیونین جیره، وزن تخم مرغ را بطور معنی‌داری ($P < 0/05$) در کل دوره آزمایش افزایش داد. استفاده از سطوح ۲ و ۴ درصد روغن سویا در جیره و به تبع آن افزایش سطح انرژی جیره، میزان خوراک مصرفی را کاهش ($P < 0/05$) داد. بهترین ($P < 0/01$) ضرایب تبدیل غذا به پرندگان اختصاص داشت که با سطح ۴ درصد روغن سویا و سطح ۰/۴۹ درصد متیونین تغذیه شده بودند. در بین متغیرهای مربوط به کیفیت تخم مرغ، ضخامت و استحکام پوسته تحت تأثیر سطح چربی قرار گرفت بطوریکه استفاده از سطوح ۲ و ۴ درصد روغن سویا در مقایسه با جیره‌های بدون روغن باعث افزایش ضخامت ($P < 0/05$) و استحکام ($P < 0/001$) پوسته در طی ۳۵ روز اول آزمایش گردید. همچنین افزایش سطح متیونین جیره، واحد هاو را در طی ۳۵ روز دوم آزمایش بطور معنی‌داری ($P < 0/01$) کاهش داد. افزایش سطح متیونین جیره به ۰/۴۵ درصد، پاسخ اولیه تولید آنتی‌بادی در برابر گلبول قرمز گوسفند ($P < 0/001$) و تیترا آنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل ($P < 0/05$) را بهبود بخشید. استفاده از روغن سویا در جیره، تیترا آنتی‌بادی در برابر نیوکاسل را روز ۷ بعد از واکسیناسیون، افزایش و در روز ۱۴ کاهش داد. غلظت MDA به عنوان شاخص آنتی‌اکسیدانی سرم در نتیجه استفاده از روغن سویا در جیره، به طور معنی‌داری افزایش ($P < 0/001$) یافت، اما افزایش سطح متیونین جیره توانست غلظت MDA را کاهش ($P < 0/05$) دهد. افزایش سطح متیونین جیره، غلظت کلسترول، LDL و تری‌گلیسرید سرم خون را بطور قابل ملاحظه‌ای ($P < 0/01$) کاهش داد. نتایج مربوط به قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی حاکی از آن بود که استفاده از روغن سویا در جیره در مقایسه با جیره‌های فاقد روغن باعث بهبود ($P < 0/05$) قابلیت هضم پروتئین خام، چربی و ماده خشک شد. همچنین سطوح ۰/۴۵ و ۰/۴۹ متیونین، قابلیت هضم چربی و پروتئین خام را افزایش ($P < 0/05$) دادند. بطور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که افزایش سطح چربی جیره بر نیازمندی‌های متیونین تأثیر افزاینده داشته، بطوریکه استفاده از سطوح بالای متیونین در جیره‌های حاوی ۴ درصد روغن سویا با بهترین عملکرد و بازده تولیدی همراه بود

واژه‌های کلیدی: مرغان تخمگذار، متیونین، سطح چربی جیره، عملکرد، کیفیت تخم مرغ، پاسخ‌های ایمونولوژیک، قابلیت

هضم ایلئومی مواد مغذی

مقدمه

امروزه با پیشرفت صنعت دام و طیور برای پاسخگویی به نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش جهان، تراکم واحدهای پرورشی و لذا هزینه‌های کل مزارع افزایش یافته که در این میان، هزینه‌های خوراک بیشترین سهم را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین، استفاده از راهکارهایی جهت دستیابی به حداکثر پتانسیل ژنتیکی دام و طیور با حداقل هزینه، امری ضروری است. انرژی جیره یکی از مهمترین عواملی است که بر بازده غذای مصرفی طیور و کاهش هزینه‌ها تأثیر بسزایی دارد که غالباً برای تکمیل کمبودهای انرژی جیره، از منابع چربی استفاده می‌شود. چربی‌ها منابع متراکمی از انرژی بوده که تغییرات حتی جزئی آنها در جیره، اثرات زیادی بر انرژی قابل سوخت و ساز جیره خواهد داشت. از منابع مختلفی مانند چربی‌های حیوانی، چربی‌های گیاهی و یا مکمل‌های چربی تجاری در صنعت طیور استفاده می‌شود.

افزایش اندازه تخم‌مرغ در مراحل اولیه تولید، مزایای زیادی در پی دارد [۹ و ۲۰]. لیکن افزایش اندازه تخم‌مرغ در مرغ‌های پیر مزیتی ندارد که علت آن، مشکلات مربوط به کیفیت پوسته و افزایش تخم‌مرغ‌های شکسته ناشی از افزایش اندازه تخم‌مرغ است [۱، ۴ و ۷]. هدف متخصصین تغذیه مرغ، تدوین و فرموله کردن رژیم‌های غذایی است که اندازه تخم‌مرغ را در مرغ‌ها افزایش داده، ضمن آنکه مشکلات مربوط به پوسته را در مراحل آخر تولید کاهش دهند. متیونین (Met)، اسید لینولئیک و مکمل چربی سه عاملی هستند که اندازه تخم‌مرغ را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۱۰، ۱۲ و ۱۹]. از این رو، کاهش میزان این سه ماده مغذی در جیره، هم باعث کاهش اندازه تخم‌مرغ و هم مشکلات مربوط به پوسته تخم‌مرغ می‌گردد.

طیور توانایی سنتز برخی از اسیدهای آمینه را دارا بوده، اما اسیدهای آمینه ضروری در بدن قابل سنتز نیستند. عواملی نظیر سن، نژاد، سطح پروتئین و انرژی خوراک بر نیاز مرغ‌های تخمگذار به اسیدهای آمینه مؤثرند [۱۲]. در جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا، متیونین اولین اسید آمینه محدود کننده محسوب می‌شود [۵].

مکمل مصنوعی متیونین در جیره مرغ‌های تخمگذار برای حل مشکل مربوط به کاهش سطح پروتئین خام جیره استفاده می‌شود که در نتیجه آن، کاهش مصرف خوراک و کاهش هزینه خوراک اتفاق می‌افتد [۱۶]. استفاده از مکمل متیونین باعث برقراری توازن اسیدهای آمینه در بدن و ابقاء بالاتر ازت می‌گردد [۲۲]. اندازه تخم‌مرغ با مواد مغذی مورد نیاز برای سنتز پروتئین‌های تخم‌مرغ رابطه مستقیم داشته [۲۰] و به نظر می‌رسد که متیونین با تأثیر بر پروتئین سازی و قابلیت هضم چربی‌ها و فراهم آوردن اسید لینولئیک، عامل اصلی مؤثر بر اندازه تخم‌مرغ می‌باشد [۲]. به دلیل غیرقابل حل بودن چربی در آب، برای هضم این دسته از مواد مغذی، نیاز به تشکیل میسل می‌باشد. متیونین نقش مهمی در متابولیسم چربی‌ها با دادن گروه متیل و فعالیت لیپوتروپیک خود ایفا می‌کند [۲۲].

مطالعات بسیاری، اثر مکمل متیونین بر افزایش لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا^۱ (HDL) و کاهش تری-گلیسیریدهای پلاسما و چربی بطنی را گزارش نموده‌اند [۱۳ و ۲۳]. همچنین مکمل متیونین در سطوح بالا، باعث افزایش فعالیت لیپاز حساس به هورمون^۲ (HSL) در بافت چربی و به موجب آن، کاهش غلظت تری-گلیسیریدها گردید [۲۳]. استفاده از چربی در جیره منجر به افزایش تولید و ترشح صفرا شده، که برای سنتز بخشی از اسیدهای آن، تائورین مورد نیاز می‌باشد. سیستئین بعنوان ماده اولیه برای تأمین تائورین عمل نموده، بطوریکه SO₄ مورد نیاز برای سولفورده کردن موکوپلی ساکاریدها و کوندرئیتین سولفات را فراهم می‌سازد. حداقل بخشی از تائورین و سولفات می‌تواند از تجزیه متیونین موجود در بدن تأمین شود. استفاده از متیونین مازاد بر نیاز در جیره، باعث ذخیره شدن متیونین در بدن شده، که به موجب آن سرعت رشد افزایش یافته و توان تولیدی در مرغ‌های تخمگذار نیز بیشتر می‌شود [۱۸]

نظر به اینکه در خصوص سطح انرژی و چربی جیره مرغان تخمگذار اختلاف نظرهای جدی وجود دارد و از طرفی تحقیقات نشان می‌دهد که برای دستیابی به حداکثر تولید در مرغان تخمگذار، بایستی حداقل چربی در جیره برای تکامل بهتر فولیکول‌های تخمدانی وجود داشته باشد. بنابراین، در این آزمایش به بررسی پاسخ مرغان تخمگذار به افزایش سطح چربی و انرژی جیره پرداخته شد. اما با توجه به اینکه افزایش انرژی جیره بر نیازمندی‌های سایر مواد مغذی تأثیرگذار است و بعلاوه بین سطح چربی جیره و اسیدآمین متیونین اثر متقابل مشخصی وجود دارد و مطالعه چندانی نیز به بررسی اثر متقابل این دو صورت نگرفته، بنابراین این مطالعه با اهداف زیر طراحی و انجام گردید:

- ۱- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر پاسخ‌های عملکردی مرغان تخمگذار.
- ۲- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر قابلیت هضم مواد مغذی در مرغان تخمگذار.
- ۳- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر صفات کیفی تخم مرغ.
- ۴- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر فراسنجه‌های خونی مرغان تخمگذار.
- ۵- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سرم خون مرغان تخمگذار.
- ۶- تأثیر سطوح افزایشی چربی و متیونین جیره بر پاسخ‌های ایمنولوژیک مرغان تخمگذار.
- ۷- بررسی اثر متقابل چربی و متیونین جیره بر قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد مرغان تخمگذار.
- ۸- بررسی اثر متقابل چربی و متیونین جیره بر مؤلفه‌های خونی مرغان تخمگذار.

¹- High density lipoproteins

²- Hormone sensitive lipase

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۲۴۰ قطعه مرغ تخمگذار های لاین ۳۶-W در قالب یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. این مطالعه با ۱۲ تیمار آزمایشی در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۳×۴ با ۴ تکرار و ۵ قطعه مرغ تخمگذار به ازای هر تکرار انجام پذیرفت. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از چهار سطح اسید آمینه متیونین (۰/۳۷، ۰/۴۱، ۰/۴۵ و ۰/۴۹ درصد) و سه سطح چربی (۰، ۲ و ۴ درصد روغن سویا) بودند. سطوح پروتئین خام و اسیدهای آمینه (به غیر از متیونین) در تمام جیره‌ها یکسان در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی در بین ۴۸ قفس و در سن ۴۶ هفتگی توزیع شدند. مرغ‌ها به مدت ۷۷ روز شامل یک دوره عادت پذیری ۷ روزه و ۷۰ روز مرحله اصلی آزمایش با تیمارهای آزمایشی مورد تغذیه قرار گرفتند. در تمام طول دوره آزمایش، آب و خوراک بصورت کاملاً آزادانه در دسترس پرندگان قرار داشت. برنامه نوری شامل ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت خاموشی بود که تاریکی گله از ساعت ۱۰ شب تا ۶ صبح اعمال می‌گردید. تعداد کل تخم مرغ تولیدی بطور روزانه شمارش و ثبت شدند. تلفات به دقت مورد بررسی و ثبت گردید. وزن همه تخم مرغ‌های جمع آوری شده، بصورت روزانه اندازه‌گیری شد، مصرف خوراک هر قفس در پایان هر دوره ۳۵ روزه با کسر خوراک داده شده از خوراک باقیمانده محاسبه گردید و با توجه به داده‌های مربوط به خوراک مصرفی و بازده تولید تخم مرغ، ضریب تبدیل غذا محاسبه شد. در پایان هر دوره، ۴ عدد تخم مرغ از هر قفس برای اندازه‌گیری صفات کیفی (ضخامت پوسته، واحد هاو، استحکام پوسته، شاخص شکل، شاخص زرده و رنگ زرده) به آزمایشگاه منتقل شد. برای بررسی توانمندی سیستم ایمنی در پاسخ به سطوح متیونین و چربی جیره، از آنتی ژن ویروس نیوکاسل استفاده شد. برای این منظور، واکسن نیوکاسل در روز ۲۴ طرح اسپری شده و در روزهای ۷ و ۱۴ پس از واکسیناسیون، از سیاه‌رگ بال دو پرنده از هر قفس، خون‌گیری انجام و میزان آنتی بادی اندازه‌گیری شد. برای بررسی پاسخ‌های ایمنی هومورال پرندگان، از تزریق سوسپانسیون ۵ درصد گلبول‌های قرمز گوسفندی (به دو قطعه پرنده به ازاء هر قفس) در روزهای ۳۵ و ۴۶ طرح استفاده گردید. نمونه‌های سرم خون پرندگان بعد از گذشت ۷ روز از هر نوبت تزریق، از طریق سیاهرگ بال جمع‌آوری شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، تیر آنتی‌بادی به روش هم‌گلو تیناسیون اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری غلظت HDL، LDL، تری‌گلیسریدها و کلسترول دو قطعه پرنده از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب شده و خونگیری از طریق سیاهرگ بال انجام پذیرفت. چهار روز باقیمانده به پایان دوره آزمایش، مقدار ۰/۵ درصد مارکر سلیت به منظور تعیین قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی به تمام جیره‌های غذایی اضافه شد و پس از کشتار پرندگان در روز پایانی طرح، روده‌ها بطور کامل خارج شده و ناحیه ایلئوم از بقیه قسمت‌های روده جدا شد. محتویات ایلئوم ۲ مرغ از هر قفس از

۵ سانتی متر بعد از زائده مکل تا چند سانتی متر قبل از دریچه ایلئوسکال جمع آوری و مورد آزمایش قرار گرفت.

در انتهای دوره آزمایش و پس از کشتار پرندگان، اندام‌های کبد، کیسه صفرا، پانکراس، قلب و طحال از دو مرغ به ازاء هر قفس به صورت جداگانه توزین شده و وزن نسبی اندام‌های مذکور از تقسیم وزن هر اندام به وزن زنده پرنده به صورت درصد محاسبه گردید.

کلیه داده‌های بدست آمده از این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۱۹۹۹) آنالیز شدند [۱۷]. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مدل آماری مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش به شرح زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = مقدار عددی هر مشاهده

μ = میانگین مشاهدات

A_i = تأثیر سطح i ام اسید آمینه متیونین

B_j = تأثیر سطح j ام چربی

AB_{ij} = اثر متقابل سطح i ام متیونین و سطح j ام چربی

e_{ijk} = خطای آزمایش



جدول ۱- ترکیب مواد تشکیل دهنده و مقادیر مواد مغذی در جیره‌های آزمایشی پایه

اجزاء جیره (%)	شاهد	۲ درصد روغن سویا	۴ درصد روغن سویا
ذرت	۵۳/۹۲	۵۱/۵۱	۴۹/۱۰
کنجاله سویا	۲۵/۹۱	۲۶/۳۲	۲۶/۷۳
جو	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰
روغن سویا	—	۲/۰۰	۴/۰۰
کربنات کلسیم	۹/۸۴	۹/۸۴	۹/۸۴
مونو کلسیم فسفات	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸
کلرید سدیم	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
جوش شیرین	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
مکمل معدنی ^۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل ویتامینی ^۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
DL-متیونین	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
L-ترئونین	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ویتامین D ₃	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
ویتامین A	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ویتامین B	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ویتامین K	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
زنولیت ^۳	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
آنالیز مواد مغذی			
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری/کیلوگرم)	۲۶۰۰	۲۷۲۰	۲۸۴۰
پروتئین خام (%)	۱۶/۳۰	۱۶/۳۰	۱۶/۳۰
کلسیم (%)	۴/۰۵	۴/۰۵	۴/۰۵
فسفر قابل دسترس (%)	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۷
سدیم (%)	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
لازین (%)	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹
متیونین (%)	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷
متیونین+سیستئین (%)	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶
ترئونین (%)	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸

^۱ مکمل معدنی به ازاء هر کیلوگرم جیره نهایی، ترکیب معدنی زیر را تأمین نمود: منگنز، ۹۰ میلی‌گرم؛ روی، ۸۰ میلی‌گرم؛ آهن، ۵۵ میلی‌گرم؛ مس، ۹ میلی‌گرم؛ ید، ۰/۸ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳ میلی‌گرم.

^۲ مکمل ویتامینی به ازاء هر کیلوگرم جیره نهایی، ترکیب ویتامینی زیر را تأمین نمود: ویتامین A، ۹۰۰۰ واحد بین المللی؛ D₃، ۲۵۰۰ واحد بین المللی؛ E، ۱۶ میلی‌گرم؛ K، ۲/۱ میلی‌گرم؛ B₁، ۲/۲ میلی‌گرم؛ B₂، ۴ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۳ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ B₆، ۴/۸ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۷ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵ میلی‌گرم؛ B₁₂، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم؛ کولین، ۴۶۰ میلی‌گرم؛ اتوکسی کوئین، ۷۵ میلی‌گرم.

^۳ سطوح مختلف متیونین جیره از طریق جایگزینی مقادیر مناسب مکمل DL-متیونین بجای بخشی از زنولیت تأمین گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به کلیه صفات عملکردی به صورت دوره‌ای محاسبه گردید (دو دوره ۳۵ روزه و کل دوره آزمایش) همانطور که در جداول مشاهده می‌شود، مصرف خوراک در طی ۳۵ روز اول آزمایش تحت تأثیر سطح چربی جیره قرار گرفت. بطوریکه افزایش سطح چربی جیره موجب کاهش معنی‌دار ($P < 0/05$) مصرف خوراک شد. چنین نتایجی در طی ۳۵ روز دوم آزمایش نیز مشاهده شد و استفاده از روغن سویا در جیره باعث کاهش معنی‌دار ($P < 0/001$) خوراک مصرفی در پرندگان شد. با افزایش سطح متیونین به ۰/۴۹ درصد، مصرف خوراک پرندگان در طی ۳۵ روز دوم به طور معنی‌داری ($P < 0/01$) افزایش یافت. در کل دوره آزمایش نیز افزودن چربی به جیره با کاهش معنی‌دار ($P < 0/001$) مصرف خوراک همراه بود. اما سطح متیونین جیره تأثیر چشمگیری بر خوراک مصرفی پرندگان در کل دوره آزمایش نداشت.

اثر سطح متیونین و چربی جیره بر درصد تولید تخم‌مرغ در دوره‌های اول، دوم و کل دوره به ترتیب در جداول ۲ و ۳ و ۴ آورده شده است. افزایش سطح متیونین و چربی در دوره‌های اول و دوم و همچنین کل دوره آزمایش باعث افزایش معنی‌دار درصد تخمگذاری شد. در این ارتباط مشاهده گردید که مصرف ۴ درصد روغن سویا در جیره، بطور معنی‌داری ($P < 0/001$) میزان تخمگذاری را در مقایسه با دیگر سطوح روغن بهبود بخشید. در رابطه با سطح متیونین جیره اگر چه بهبودهایی با سطوح مختلف متیونین در مقایسه با سطح ۰/۳۷ درصد مشاهده شد اما تنها استفاده از بالاترین سطح متیونین یعنی ۰/۴۹ درصد باعث افزایش چشمگیر درصد تخمگذاری در پرندگان شد.

اثر سطوح مختلف متیونین و چربی در جیره بر وزن تخم‌مرغ در طی دوره‌های اول، دوم و کل دوره در جداول ۲ و ۳ و ۴ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش سطح متیونین جیره در تمامی دوره‌ها، وزن تخم‌مرغ تقریباً به تبعیت از یک رابطه خطی افزایش ($P < 0/05$) یافت، که مطابق با تحقیقات گومز و آنجلس [۸] و گروباس و همکاران [۱۱] بود. وزن تخم‌مرغ با مواد مغذی مورد نیاز برای سنتز پروتئین‌های تخم‌مرغ رابطه مستقیم داشته و به نظر می‌رسد که متیونین با تأثیر بر پروتئین‌سازی و قابلیت هضم چربی‌ها و فراهم آوردن اسید لینولئیک، عامل اصلی مؤثر بر وزن تخم‌مرغ باشد. نکته جالب توجه اینکه افزایش سطح چربی جیره، تأثیر چندانی بر وزن تخم‌مرغ در هیچیک از مراحل آزمایش نداشت که مطابق با تحقیقات سلبی و یوتلو [۶] در رابطه با چربی جیره بود.

جدول ۲ - تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر مؤلفه‌های عملکردی در طی ۳۵ روز اول دوره آزمایش

ضریب تبدیل خوراک (گرم تخم مرغ/گرم خوراک)	خوراک مصرفی (پرنده/روز/گرم)	بازده تولید تخم مرغ (پرنده/روز/گرم)	وزن تخم مرغ (گرم)	تولید تخم مرغ (%)	متیونین (%)	سطح چربی (%)
۱/۸۳	۹۰/۳۷	۴۹/۳۱	۵۹/۵۵	۸۲/۷۹	۰/۳۷	۰
۱/۷۸	۹۰/۱۳	۵۰/۶۸	۶۰/۲۶	۸۴/۰۷	۰/۴۱	
۱/۷۱	۸۹/۷۵	۵۲/۳۸	۶۲/۲۹	۸۴/۰۴	۰/۴۵	
۱/۷۲	۹۲/۳۳	۵۴/۰۰	۶۲/۲۹	۸۶/۷۴	۰/۴۹	
۱/۷۶	۸۸/۶۱	۵۰/۴۴	۶۰/۶۸	۸۳/۱۴	۰/۳۷	۲
۱/۷۸	۹۰/۲۷	۵۰/۶۷	۶۰/۹۶	۸۳/۱۴	۰/۴۱	
۱/۷۲	۸۷/۰۷	۵۰/۷۳	۶۱/۱۴	۸۳/۰۰	۰/۴۵	
۱/۶۹	۸۷/۵۶	۵۱/۶۷	۶۱/۳۹	۸۳/۴۳	۰/۴۹	
۱/۷۱	۸۹/۳۴	۵۲/۴۰	۶۰/۵۴	۸۶/۵۷	۰/۳۷	۴
۱/۶۸	۸۹/۸۸	۵۳/۵۲	۶۱/۹۰	۸۶/۴۷	۰/۴۱	
۱/۷۲	۸۹/۴۳	۵۲/۰۴	۶۱/۲۶	۸۴/۹۶	۰/۴۵	
۱/۶۲	۸۸/۷۹	۵۴/۷۵	۶۲/۰۶	۸۸/۲۱	۰/۴۹	
						سطح چربی جیره
۱/۷۷ ^a	۹۰/۷۰ ^a	۵۱/۳۷ ^b	۶۰/۹۳	۸۴/۴۱ ^b		۰
۱/۷۴ ^a	۸۸/۳۸ ^b	۵۰/۸۳ ^b	۶۱/۰۴	۸۳/۱۶ ^b		۲
۱/۶۸ ^b	۸۹/۳۶ ^{ab}	۵۳/۱۸ ^a	۶۱/۴۴	۸۶/۵۶ ^a		۴
						سطح متیونین
۱/۷۷ ^a	۸۹/۴۴	۵۰/۷۲ ^b	۶۰/۲۶ ^b	۸۴/۱۷	۰/۳۷	
۱/۷۵ ^{ab}	۹۰/۰۹	۵۱/۶۳ ^b	۶۱/۰۴ ^{ab}	۸۴/۵۶	۰/۴۱	
۱/۷۲ ^{bc}	۸۸/۶۶	۵۱/۶۶ ^b	۶۱/۵۰ ^a	۸۴/۰۰	۰/۴۵	
۱/۶۷ ^c	۸۹/۵۶	۵۳/۶۰ ^a	۶۱/۸۸ ^a	۸۶/۳۷	۰/۴۹	
						احتمالات
۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۰۲۰	۰/۶۱۴۲	۰/۰۰۰۵	سطح چربی	
۰/۰۰۲۷	۰/۵۱۱۸	۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۳۷	۰/۱۰۱۳	سطح متیونین	
۰/۱۷۷۱	۰/۳۳۶۵	۰/۳۱۵۵	۰/۳۰۷۰	۰/۶۶۲۵	متیونین × چربی	

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر مؤلفه‌های عملکردی در طی ۳۵ روز دوم دوره آزمایش

ضریب تبدیل خوراک (گرم تخم‌مرغ/گرم خوراک)	خوراک مصرفی (پرنده/روز/گرم)	بازده تولید تخم‌مرغ (پرنده/روز/گرم)	وزن تخم‌مرغ (گرم)	تولید تخم‌مرغ (%)	متیونین (%)	سطح چربی (%)
۱/۸۴	۹۰/۸۱	۴۹/۴۳	۵۹/۹۲	۸۲/۵۰	۰/۳۷	۰
۱/۷۵	۹۰/۴۶	۵۱/۵۷	۶۱/۶۰	۸۳/۵۳	۰/۴۱	
۱/۶۷	۸۷/۷۱	۵۲/۵۸	۶۴/۰۰	۸۲/۴۹	۰/۴۵	
۱/۷۶	۹۲/۱۸	۵۲/۵۲	۶۳/۰۱	۸۳/۳۵	۰/۴۹	
۱/۶۸	۸۷/۲۱	۵۲/۰۵	۶۱/۵۵	۸۴/۵۶	۰/۳۷	۲
۱/۷۳	۸۸/۸۳	۵۱/۴۰	۶۲/۸۴	۸۲/۵۵	۰/۴۱	
۱/۶۷	۸۶/۹۴	۵۱/۹۳	۶۲/۶۹	۸۲/۸۸	۰/۴۵	
۱/۶۸	۸۸/۷۴	۵۲/۹۷	۶۱/۳۳	۸۵/۸۶	۰/۴۹	
۱/۶۹	۸۶/۵۳	۵۱/۲۰	۶۱/۳۰	۸۳/۵۳	۰/۳۷	۴
۱/۶۶	۸۸/۷۴	۵۳/۶۰	۶۳/۳۱	۸۴/۶۷	۰/۴۱	
۱/۶۳	۸۷/۴۰	۵۳/۶۳	۶۲/۳۵	۸۶/۰۳	۰/۴۵	
۱/۵۷	۸۷/۸۷	۵۵/۹۴	۶۳/۵۱	۸۸/۰۹	۰/۴۹	
سطح چربی جیره						
۱/۷۶ ^a	۹۰/۴۶ ^a	۵۱/۴۵ ^b	۶۲/۱۳	۸۲/۹۶ ^b		۰
۱/۶۹ ^b	۸۷/۸۸ ^b	۵۲/۰۷ ^b	۶۲/۱۰	۸۳/۹۳ ^b		۲
۱/۶۴ ^c	۸۷/۶۴ ^b	۵۳/۵۹ ^a	۶۲/۶۱	۸۵/۵۸ ^a		۴
سطح متیونین						
۱/۷۳ ^a	۸۸/۱۹ ^{bc}	۵۰/۸۹ ^c	۶۰/۹۲ ^b	۸۳/۵۳ ^b	۰/۳۷	
۱/۷۱ ^{ab}	۸۹/۳۴ ^{ab}	۵۲/۳۳ ^b	۶۲/۵۸ ^a	۸۳/۶۹ ^b	۰/۴۱	
۱/۶۶ ^c	۸۷/۳۲ ^c	۵۲/۷۳ ^b	۶۳/۰۱ ^a	۸۳/۹۲ ^b	۰/۴۵	
۱/۶۷ ^{bc}	۸۹/۶۸ ^a	۵۵/۸۹ ^a	۶۲/۶۲ ^a	۸۵/۷۵ ^a	۰/۴۹	
احتمالات						
<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۳۶۱۴	۰/۰۰۰۵		سطح چربی
۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۸۰		سطح متیونین
۰/۰۰۶۸	۰/۱۴۰۵	۰/۰۴۵۴	۰/۰۰۸۴	۰/۰۷۰۲		متیونین × چربی

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

اثر سطوح مختلف متیونین و چربی بر بازده تولید تخم‌مرغ در تمامی دوره‌های آزمایش معنی‌دار ($P < 0.01$) بود. بطوریکه استفاده از سطح ۴ درصد روغن در جیره، بازده تولید تخم‌مرغ را در مقایسه با سایر سطوح بهبود داد. همچنین بالاترین بازده تولید تخم‌مرغ، به پرندگان تغذیه شده با سطح ۰/۴۹ درصد متیونین اختصاص داشت و پرندگان گروه شاهد (۰/۳۷ درصد) نسبت به سطح ۰/۴۱ و ۰/۴۵ درصد، از بازده تولید کمتری برخوردار بودند.

افزایش سطوح مختلف متیونین جیره در دوره اول، دوم و کل دوره موجب کاهش خطی ($P < 0.01$) ضریب تبدیل غذا شد. این نتایج با نتایج امیری اندی [۳] در تضاد بود که گزارش نمود مکمل متیونین در سطوح ۰/۱۰، ۰/۲۰ و ۰/۳۰ درصد در جیره جوجه‌های گوشتی، تأثیری بر ضریب تبدیل غذا نداشت. این در حالی است که سافا و همکاران [۱۵] گزارش نمودند مکمل متیونین در جیره‌های با پروتئین پایین، موجب بهبود

ضریب تبدیل غذا شد. افزایش سطح چربی جیره نیز اثر معنی داری ($P < 0/001$) بر ضریب تبدیل غذا داشت و منجر به بهبود چشمگیر ضریب تبدیل غذا شد.

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر مؤلفه‌های عملکردی در کل دوره آزمایش

ضریب تبدیل خوراک (گرم تخم مرغ/گرم خوراک)	خوراک مصرفی (پرنده/روز/گرم)	بازده تولید تخم مرغ (پرنده/روز/گرم)	وزن تخم مرغ (گرم)	تولید تخم مرغ (%)	متیونین (%)	سطح چربی (%)
۱/۸۴	۹۰/۵۹	۴۹/۳۷	۵۹/۷۴	۸۲/۶۴	۰/۳۷	۰
۱/۷۶	۹۰/۲۹	۵۱/۶۱	۶۰/۹۳	۸۴/۴۸	۰/۴۱	
۱/۷۱	۸۹/۲۷	۵۲/۱۴	۶۳/۰۳	۸۳/۱۰	۰/۴۵	
۱/۷۳	۹۲/۲۵	۵۳/۲۹	۶۲/۶۸	۸۵/۰۴	۰/۴۹	
۱/۷۲	۸۷/۹۱	۵۱/۲۴	۶۱/۱۲	۸۳/۸۵	۰/۳۷	۲
۱/۷۵	۸۹/۵۵	۵۰/۹۶	۶۱/۹۰	۸۳/۱۸	۰/۴۱	
۱/۷۰	۸۷/۰۰	۵۱/۳۳	۶۱/۹۱	۸۲/۹۴	۰/۴۵	
۱/۶۸	۸۸/۰۹	۵۲/۳۲	۶۱/۳۶	۸۴/۶۴	۰/۴۹	
۱/۷۰	۸۷/۹۴	۵۱/۸۰	۶۰/۹۲	۸۵/۰۵	۰/۳۷	۴
۱/۶۷	۸۹/۳۱	۵۳/۵۷	۶۲/۶۰	۸۵/۵۷	۰/۴۱	
۱/۶۷	۸۸/۴۱	۵۲/۸۳	۶۱/۸۰	۸۵/۵۰	۰/۴۵	
۱/۶۰	۸۸/۳۳	۵۵/۳۵	۶۲/۷۸	۸۸/۱۵	۰/۴۹	
سطح چربی جیره						
۱/۷۷ ^a	۹۰/۷۹ ^a	۵۱/۳۷ ^b	۶۱/۴۲	۸۳/۸۲ ^b		۰
۱/۷۱ ^b	۸۸/۱۴ ^b	۵۱/۴۴ ^b	۶۱/۵۷	۸۳/۶۲ ^b		۲
۱/۶۶ ^c	۸۸/۵۰ ^b	۵۳/۳۹ ^a	۶۲/۰۳	۸۶/۰۷ ^a		۴
سطح متیونین						
۱/۷۵ ^a	۸۸/۸۱	۵۰/۸۱ ^c	۶۰/۵۹ ^b	۸۳/۸۵ ^b	۰/۳۷	
۱/۷۲ ^{ab}	۸۹/۲۲	۵۲/۲۰ ^b	۶۱/۸۱ ^a	۸۴/۵۳ ^b	۰/۴۱	
۱/۶۹ ^{bc}	۸۸/۰۲	۵۲/۰۹ ^b	۶۲/۱۸ ^a	۸۳/۹۱ ^b	۰/۴۵	
۱/۶۶ ^c	۸۸/۶۹	۵۳/۸۲ ^a	۶۲/۲۴ ^a	۸۶/۰۶ ^a	۰/۴۹	
احتمالات						
<0/001	0/0002	0/0003	0/4184	0/0002		سطح چربی
0/0007	0/0967	0/0002	0/0115	0/0122		سطح متیونین
0/0877	0/2481	0/2608	0/0617	0/6998		متیونین × چربی

abc میانگین‌های با حروف متفاوت در هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی دار ($P < 0/05$) می‌باشند.

همانطور که در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است افزایش سطح چربی جیره بر رنگ زرده، شاخص زرده و شاخص شکل تخم مرغ در هیچیک از دو مرحله آزمایش تأثیر معنی داری نداشت، اگر چه در سطح ۴ درصد، باعث افزایش عددی رنگ زرده در طی ۳۵ روز اول آزمایش شد. در ۳۵ روز اول، سطح ۲ درصد روغن سویا تمایل به افزایش ($P = 0/1019$) واحد هاو داشت اما چنین تأثیری در طی ۳۵ روز دوم آزمایش مشاهده نشد. افزایش سطح چربی جیره در دوره اول بطور چشمگیری ($P < 0/05$) ضخامت و استحکام پوسته را بهبود داد.

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر صفات کیفی تخم مرغ در طی ۳۵ روز اول دوره آزمایش

سطح چربی (%)	متیونین (%)	شاخص زرده	رنگ زرده	واحد هاو	ضخامت پوسته (میلی متر)	استحکام پوسته (kg/cm ²)
۰	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۰۶	۷۰/۸۱	۰/۳۹	۲/۳۹
	۰/۴۱	۰/۳۸	۵/۶۳	۶۸/۷۵	۰/۳۸	۲/۵۲
	۰/۴۵	۰/۳۶	۴/۹۴	۷۳/۷۰	۰/۴۰	۲/۶۱
	۰/۴۹	۰/۳۷	۵/۶۹	۷۵/۸۲	۰/۳۹	۲/۳۹
۲	۰/۳۷	۰/۳۶	۵/۰۶	۷۷/۰۱	۰/۴۰	۲/۶۲
	۰/۴۱	۰/۳۷	۶/۰۰	۷۱/۸۸	۰/۴۰	۲/۷۹
	۰/۴۵	۰/۳۸	۵/۴۲	۷۸/۲۹	۰/۴۱	۲/۶۸
	۰/۴۹	۰/۳۶	۴/۸۸	۷۲/۷۷	۰/۴۰	۲/۷۱
۴	۰/۳۷	۰/۳۶	۵/۶۷	۷۲/۳۱	۰/۴۰	۲/۶۱
	۰/۴۱	۰/۳۷	۵/۸۸	۷۲/۲۴	۰/۴۱	۲/۷۹
	۰/۴۵	۰/۳۶	۵/۳۸	۷۱/۰۲	۰/۴۰	۲/۷۱
	۰/۴۹	۰/۳۸	۵/۸۱	۷۳/۵۵	۰/۳۹	۲/۶۹
سطح چربی جیره						
۰	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۳۳	۷۲/۰۳	۰/۳۹ ^b	۲/۴۸ ^b
۲	۰/۳۶	۰/۳۶	۵/۳۳	۷۵/۰۷	۰/۴۰ ^a	۲/۷۰ ^a
۴	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۶۸	۷۲/۲۸	۰/۴۰ ^a	۲/۷۰ ^a
سطح متیونین						
۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۶	۵/۲۳	۷۳/۰۵	۰/۳۹	۲/۵۴
۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۸۳	۷۰/۸۷	۰/۴۰	۲/۷۰
۰/۴۵	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۲۳	۷۴/۳۴	۰/۴۰	۲/۶۷
۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۳۷	۵/۴۶	۷۳/۸۹	۰/۳۹	۲/۶۰
احتمالات						
سطح چربی	۰/۷۲۵۱	۰/۳۰۴۸	۰/۱۰۱۹	۰/۰۴۴۷	۰/۰۰۰۶	
سطح متیونین	۰/۹۴۲۳	۰/۱۷۵۴	۰/۱۶۲۱	۰/۳۱۹۴	۰/۱۱۵۱	
متیونین × چربی	۰/۵۴۴۵	۰/۵۵۱۴	۰/۱۳۸۹	۰/۴۹۵۹	۰/۸۳۵۴	

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

افزایش سطح متیونین جیره تأثیر معنی‌داری بر شاخص زرده، رنگ زرده، ضخامت پوسته، استحکام پوسته و شاخص شکل تخم مرغ نداشت. تنها در طی ۳۵ روز دوم آزمایش، شاخص هاو در نتیجه افزایش سطح متیونین جیره بطور معنی‌دار ($P < 0.01$) کاهش یافت.

در رابطه با تأثیر چشمگیر سطح متیونین جیره بر شاخص هاو، به نظر می‌رسد که این تأثیر تا حدی با افزایش درصد تخم‌گذاری و بازده تولید در ارتباط است که باعث شده غلظت سفیده غلیظ تخم مرغ کاهش یابد و شاخص هاو را کاهش دهد. البته بخشی از کاهش واحد هاو در پاسخ به افزایش سطح متیونین جیره به افزایش وزن تخم مرغ برمی‌گردد که ارتباط منفی با واحد هاو دارد.

جدول ۶- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر صفات کیفی تخم مرغ در طی ۳۵ روز دوم دوره آزمایش

شخص شکل	استحکام پوسته (kg/cm ²)	ضخامت پوسته (mm)	واحد هاو	رنگ زرده	شاخص زرده	متیونین (%)	سطح چربی (%)
۷۶/۲۸	۲/۲۹	۰/۴۲	۷۶/۸۴	۵/۰۶	۰/۳۷	۰/۳۷	۰
۷۷/۱۶	۲/۴۹	۰/۴۳	۷۲/۵۴	۴/۸۱	۰/۳۹	۰/۴۱	
۷۵/۷۵	۲/۹۳	۰/۴۳	۷۴/۸۰	۴/۹۴	۰/۴۰	۰/۴۵	
۷۶/۵۰	۲/۷۱	۰/۴۳	۷۱/۹۶	۵/۳۸	۰/۳۹	۰/۴۹	
۷۶/۳۳	۲/۷۰	۰/۴۲	۷۳/۳۲	۴/۹۴	۰/۴۰	۰/۳۷	۲
۷۷/۷۵	۲/۹۱	۰/۴۳	۷۶/۷۰	۴/۶۹	۰/۳۷	۰/۴۱	
۷۶/۶۴	۲/۸۷	۰/۴۲	۷۷/۰۴	۵/۰۸	۰/۴۱	۰/۴۵	
۷۷/۲۴	۲/۵۶	۰/۴۲	۷۲/۰۰	۴/۸۸	۰/۳۷	۰/۴۹	
۷۶/۱۰	۲/۵۵	۰/۴۲	۷۴/۹۸	۵/۱۳	۰/۳۸	۰/۳۷	۴
۷۵/۴۰	۲/۵۷	۰/۴۲	۷۶/۷۷	۵/۵۰	۰/۳۹	۰/۴۱	
۷۵/۵۲	۲/۷۰	۰/۴۵	۷۲/۵۱	۴/۷۵	۰/۳۸	۰/۴۵	
۷۷/۴۲	۲/۵۶	۰/۴۲	۷۳/۱۰	۴/۸۸	۰/۴۰	۰/۴۹	
سطح چربی جیره							
۷۶/۴۳	۲/۶۱	۰/۴۳	۷۴/۰۳	۵/۰۵	۰/۳۹		۰
۷۶/۹۹	۲/۷۴	۰/۴۳	۷۴/۶۳	۴/۸۸	۰/۳۹		۲
۷۶/۱۱	۲/۶۰	۰/۴۳	۷۴/۲۹	۵/۰۳	۰/۳۹		۴
سطح متیونین							
۷۶/۲۴	۲/۵۲	۰/۴۲	۷۵/۰۵ ^a	۵/۰۴	۰/۳۹		۰/۳۷
۷۶/۷۷	۲/۶۶	۰/۴۳	۷۵/۲۱ ^a	۴/۹۵	۰/۳۸		۰/۴۱
۷۵/۹۷	۲/۸۰	۰/۴۴	۷۴/۷۸ ^a	۴/۹۱	۰/۴۰		۰/۴۵
۷۷/۰۵	۲/۶۱	۰/۴۳	۷۲/۳۵ ^b	۵/۰۴	۰/۳۹		۰/۴۹
احتمالات							
۰/۱۹۰۱	۰/۱۹۹۲	۰/۷۸۳۶	۰/۶۵۹۰	۰/۴۸۲۹	۰/۹۶۶۳		سطح چربی
۰/۲۰۶۰	۰/۰۵۱۳	۰/۵۲۱۸	۰/۰۰۸۹	۰/۸۹۲۸	۰/۴۰۴۸		سطح متیونین
۰/۴۷۶۸	۰/۰۷۹۹	۰/۶۵۸۵	۰/۰۰۵۲	۰/۱۱۰۸	۰/۰۳۰۶		متیونین × چربی

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

اثر سطح متیونین و چربی جیره بر پاسخ‌های ایمنولوژیک در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مکمل متیونین بطور چشمگیری ($P < 0.01$) در سطح ۰/۴۵ درصد موجب افزایش تیتراآنتی‌بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی در طی پاسخ اولیه شد. در مقابل، سطح چربی جیره هیچگونه تأثیر بر تیتراآنتی‌بادی علیه گلبول‌های قرمز گوسفندی در هیچیک از پاسخ‌های اولیه و ثانویه نداشت. مکمل متیونین منجر به افزایش ($P < 0.05$) تیتراآنتی‌بادی علیه ویروس نیوکاسل در روز ۱۴ پس از واکسیناسیون شد و این افزایش تیتراآنتی‌بادی در سطح ۰/۴۵ درصد متیونین به بالاترین مقدار خود رسید. به نظر می‌رسد که اضافه کردن متیونین باعث تقویت پاسخ‌های ایمنولوژیک می‌شود که محققین این اثر را به مشارکت متیونین در تکثیر سلول‌های T نسبت داده اند [۲۱].

جدول ۷- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر تیتراکتی بادی علیه گلبول قرمز گوسفندی و ویروس نیوکاسل

نیوکاسل (\log_2)		گلبول قرمز گوسفندی (\log_2)		متیونین (%)	سطح چربی (%)
۱۴ روز پس از واکسیناسیون	۷ روز پس از واکسیناسیون	پاسخ ثانویه	پاسخ اولیه		
۶/۲۵	۵/۰۰	۵/۵۰	۴/۸۸	۰/۳۷	۰
۷/۱۳	۵/۷۵	۵/۳۸	۴/۷۵	۰/۴۱	
۷/۲۵	۶/۱۳	۶/۳۸	۶/۶۳	۰/۴۵	
۷/۳۸	۶/۲۵	۵/۲۵	۳/۶۳	۰/۴۹	
۶/۱۳	۶/۱۳	۵/۶۳	۴/۳۸	۰/۳۷	۲
۶/۳۸	۶/۸۸	۶/۰۰	۴/۵۰	۰/۴۱	
۶/۸۸	۶/۸۸	۴/۸۸	۶/۲۵	۰/۴۵	
۶/۲۵	۶/۰۰	۵/۶۳	۵/۰۰	۰/۴۹	
۵/۸۸	۶/۱۳	۵/۵۰	۵/۰۰	۰/۳۷	۴
۶/۲۵	۶/۳۸	۶/۰۰	۵/۲۵	۰/۴۱	
۶/۶۳	۶/۲۵	۵/۷۵	۴/۶۳	۰/۴۵	
۶/۳۸	۶/۲۵	۵/۳۸	۴/۳۸	۰/۴۹	
۷/۰۰ ^a	۵/۷۸ ^b	۵/۶۳	۴/۹۷		سطح چربی جیره
۶/۴۱ ^b	۶/۴۷ ^a	۵/۵۳	۵/۰۳		۰
۶/۲۸ ^b	۶/۲۵ ^{ab}	۵/۶۶	۴/۸۱		۲
					۴
					سطح متیونین
۶/۰۸ ^b	۵/۷۵	۵/۵۴	۴/۷۵ ^b	۰/۳۷	
۶/۵۸ ^{ab}	۶/۳۳	۵/۷۹	۴/۸۳ ^b	۰/۴۱	
۶/۹۲ ^a	۶/۴۲	۵/۶۷	۵/۸۳ ^a	۰/۴۵	
۶/۶۷ ^{ab}	۶/۱۷	۵/۴۲	۴/۳۳ ^b	۰/۴۹	
					احتمالات
۰/۰۱۵۱	۰/۰۴۲۷	۰/۸۸۰۷	۰/۷۵۵۵		سطح چربی
۰/۰۴۶۶	۰/۱۵۶۹	۰/۶۲۶۷	۰/۰۰۱۰		سطح متیونین
۰/۸۷۴۵	۰/۴۴۲۳	۰/۱۲۴۰	۰/۰۰۹۹		متیونین × چربی

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

اثر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر وزن نسبی اندام‌های محوطه بطنی در جدول ۸ ارائه شده است. استفاده از روغن سویا در سطح ۴ درصد باعث کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) وزن نسبی کبد و کیسه صفرا و تمایل داشت که وزن نسبی طحال ($P = 0.0753$) و پانکراس ($P = 0.0610$) را نیز کاهش دهد، اما بر وزن قلب تأثیری نداشت. استفاده از متیونین در سطح ۰/۴۵ درصد جیره، به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) وزن نسبی قلب و کیسه صفرا را کاهش داد اما بر وزن نسبی سایر اندام‌های داخلی تأثیر چندانی نداشت.

جدول ۸- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر وزن نسبی اندام‌های داخلی (براساس درصدی از وزن زنده بدن)

سطح چربی (%)	متیونین (%)	طحال	کبد	قلب	کیسه صفرا	پانکراس
۰	۰/۳۷	۰/۰۹	۲/۵۹	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۲۶
	۰/۴۱	۰/۰۸	۲/۴۶	۰/۳۵	۰/۰۷	۰/۲۴
	۰/۴۵	۰/۰۸	۲/۲۸	۰/۳۴	۰/۰۶	۰/۲۳
	۰/۴۹	۰/۰۹	۲/۳۶	۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۲۲
۲	۰/۳۷	۰/۰۷	۲/۲۲	۰/۳۶	۰/۰۶	۰/۲۱
	۰/۴۱	۰/۰۹	۲/۴۱	۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۲۵
	۰/۴۵	۰/۰۹	۲/۳۶	۰/۳۷	۰/۰۵	۰/۲۲
	۰/۴۹	۰/۰۹	۲/۳۲	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۲۰
۴	۰/۳۷	۰/۰۸	۲/۲۹	۰/۳۹	۰/۰۶	۰/۲۲
	۰/۴۱	۰/۰۸	۲/۱۸	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۲۳
	۰/۴۵	۰/۰۷	۲/۲۷	۰/۳۵	۰/۰۴	۰/۲۲
	۰/۴۹	۰/۰۸	۲/۲۵	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۲۲
سطح چربی جیره						
۰	۰/۳۷	۰/۰۹	۲/۴۲ ^a	۰/۳۷	۰/۰۷ ^a	۰/۲۴
۲	۰/۳۷	۰/۰۸	۲/۳۳ ^{ab}	۰/۳۷	۰/۰۶ ^{ab}	۰/۲۲
۴	۰/۳۷	۰/۰۸	۲/۲۵ ^b	۰/۳۷	۰/۰۵ ^b	۰/۲۲
سطح متیونین						
۰/۳۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۲/۳۶	۰/۳۹ ^a	۰/۰۷ ^a	۰/۲۳
۰/۴۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۲/۳۵	۰/۳۷ ^b	۰/۰۶ ^a	۰/۲۴
۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۲/۳۰	۰/۳۵ ^b	۰/۰۵ ^b	۰/۲۲
۰/۴۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۲/۳۱	۰/۳۷ ^{ab}	۰/۰۶ ^a	۰/۲۲
احتمالات						
سطح چربی	۰/۰۷۵۳	۰/۰۷۵۳	۰/۰۳۸۶	۰/۰۳۶۷	۰/۰۳۲۶	۰/۰۶۱۰
سطح متیونین	۰/۰۷۱۱	۰/۰۷۱۱	۰/۰۸۲۵۰	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۶۴	۰/۰۷۱۱
متیونین × چربی	۰/۲۵۶۱	۰/۲۵۶۱	۰/۲۵۳۰	۰/۰۱۱۹	۰/۰۸۱۳۹	۰/۰۶۸۶

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) می‌باشند.

نتایج مربوط به تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر مؤلفه‌های بیوشیمیایی و شاخص آنتی‌اکسیدانی سرم خون در جدول ۹ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود سطح چربی جیره، غلظت مالون-دی‌آلدئید و تری‌گلیسرید سرم خون را تحت تأثیر قرار داد بطوریکه افزایش سطح چربی جیره، بطور چشمگیری ($P < 0/001$) موجب افزایش مالون‌دی‌آلدئید سرم شد. همچنین افزایش سطح روغن سویا در جیره به تبعیت از یک رابطه خطی غلظت تری‌گلیسریدهای سرم خون را ($P < 0/05$) افزایش داد. سطوح افزایش متیونین در جیره بطور معنی‌داری ($P < 0/05$) میزان مالون‌دی‌آلدئید سرم را کاهش داد. همچنین افزایش سطح متیونین جیره موجب کاهش شدید ($P < 0/001$) میزان LDL سرم شد. سطوح افزایش متیونین، غلظت کلسترول ($P < 0/001$) و تری‌گلیسریدهای ($P < 0/001$) سرم خون را نیز کاهش داد. اما اثرات متقابل بین چربی و متیونین بر غلظت این مؤلفه‌ها بی‌تأثیر بود. محققان علت کاهش تری‌گلیسرید را افزایش

فعالیت لیپاز حساس به هورمون بیان کرده‌اند [۱۴]. از آنجا که کمبود متیونین در جیره موجب عارضه کبد چرب در طیور می‌شود [۱۴]، کاهش کل کلسترول سرم را این طور می‌توان توجیه کرد که کاهش سطح متیونین موجب افزایش احتمال عارضه کبد چرب و به موجب آن افزایش کل کلسترول خون می‌شود.

جدول ۹ - تاثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر شاخص آنتی اکسیدان (nmol/dl) و مولفه های لیپیدی (mg/dl) سرم خون در مرغان تخمگذار

تری گلیسرید	کلسترول	LDL ^۱	HDL ^۱	مالون دی آلدئید	متیونین (%)	سطح چربی (%)
۱۲۹۷/۵۰	۷۹/۵۰	۷۰/۲۵	۳۲/۰۰	۷/۲۰	۰/۳۷	۰
۱۳۱۹/۷۵	۷۵/۰۰	۶۷/۵۰	۴۳/۷۵	۷/۲۲	۰/۴۱	
۱۲۱۷/۷۵	۷۱/۵۰	۶۶/۲۵	۴۰/۰۰	۷/۰۷	۰/۴۵	
۱۲۶۹/۵۰	۷۵/۵۰	۶۶/۰۰	۳۹/۲۵	۷/۰۱	۰/۴۹	
۱۵۴۰/۵۰	۸۴/۲۵	۷۵/۵۰	۳۵/۷۵	۸/۹۵	۰/۳۷	۲
۱۳۲۱/۷۵	۷۸/۵۰	۶۷/۵۰	۳۸/۲۵	۷/۸۴	۰/۴۱	
۱۲۷۸/۵۰	۷۴/۲۵	۶۸/۰۰	۳۷/۲۵	۸/۰۵	۰/۴۵	
۱۳۲۲/۷۵	۷۲/۵۰	۶۸/۵۰	۳۵/۲۵	۸/۱۹	۰/۴۹	
۱۶۶۲/۵۰	۸۷/۲۵	۸۰/۲۵	۳۳/۲۵	۹/۲۳	۰/۳۷	۴
۱۳۸۲/۰۰	۷۶/۷۵	۶۷/۰۰	۳۷/۲۵	۸/۰۳	۰/۴۱	
۱۳۳۳/۷۵	۷۳/۲۵	۶۳/۲۵	۳۸/۲۵	۷/۹۳	۰/۴۵	
۱۳۳۲/۵۰	۷۳/۵۰	۷۲/۲۵	۳۹/۲۵	۷/۹۸	۰/۴۹	
سطح چربی جیره						
۱۲۷۶/۱۳ ^b	۷۵/۳۸	۶۷/۵۰	۳۸/۷۵	۷/۱۲ ^b		۰
۱۳۶۵/۸۸ ^{ab}	۷۷/۳۸	۶۹/۸۸	۳۶/۶۳	۸/۲۶ ^a		۲
۱۴۲۷/۶۹ ^a	۷۷/۶۹	۷۰/۶۹	۳۷/۰۰	۸/۲۹ ^a		۴
سطح متیونین						
۱۵۰۰/۱۷ ^a	۸۳/۶۷ ^a	۷۵/۳۳ ^a	۳۳/۶۷	۸/۴۶ ^a		۰/۳۷
۱۳۴۱/۱۷ ^b	۷۶/۷۵ ^b	۶۷/۳۳ ^b	۳۹/۷۵	۷/۷۰ ^b		۰/۴۱
۱۲۷۶/۶۷ ^b	۷۳/۰۰ ^b	۶۵/۸۳ ^b	۳۸/۵۰	۷/۶۸ ^b		۰/۴۵
۱۳۰۸/۲۵ ^b	۷۳/۸۳ ^b	۶۸/۹۲ ^b	۳۷/۹۲	۷/۷۳ ^b		۰/۴۹
احتمالات						
۰/۰۲۲۶	۰/۴۹۵۹	۰/۲۱۴۷	۰/۶۷۴۵	<۰/۰۰۰۱		سطح چربی
۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۲۰۲۱	۰/۰۴۵۱		سطح متیونین
۰/۴۲۰۱	۰/۷۱۴۹	۰/۲۲۱۸	۰/۸۲۹۷	۰/۶۴۷۲		متیونین × چربی

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.

^۱ لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا، ^۲ لیپوپروتئین‌های با چگالی پایین

همانطور که در جدول ۱۰ قابل مشاهده است افزایش سطح روغن سویا در جیره باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) قابلیت هضم ایلئومی ماده خشک شد. گرچه بین جیره‌های حاوی ۲ درصد روغن سویا و گروه شاهد این اختلاف معنی‌دار نبود. در این خصوص افزایش سطح متیونین جیره به ۰/۴۱ و ۰/۴۵ درصد نیز باعث افزایش عددی ($P = 0.0555$) قابلیت هضم ماده خشک گردید. اگر چه سطح متیونین جیره بر قابلیت

هضم ایلئومی ماده آلی تأثیری نداشت اما هر دو سطح ۲ و ۴ درصد روغن سویا باعث افزایش ($P < 0.05$) قابلیت هضم ماده آلی در مقایسه با گروه شاهد شدند. قابلیت هضم ایلئومی خاکستر تحت تأثیر افزایش سطح چربی قرار نگرفت ولی افزایش سطح متیونین جیره به ۰/۴۱ درصد باعث افزایش عددی ($P = 0.053$) قابلیت هضم خاکستر شد.

افزایش سطح روغن سویا در جیره بطور چشمگیری ($P < 0.001$) منجر به کاهش قابلیت هضم عصاره اتری گردید این در حالی است که افزایش سطح متیونین جیره بطور قابل ملاحظه‌ای ($P < 0.05$) قابلیت هضم عصاره اتری را افزایش داد، لیکن اثر متقابل متیونین و چربی جیره قابلیت هضم عصاره اتری را تحت تأثیر قرار نداد. قابلیت هضم ایلئومی پروتئین بطور معنی‌داری ($P < 0.05$) تحت تأثیر افزایش سطح روغن سویا افزایش یافت. از طرفی افزایش سطح متیونین جیره نیز بطور چشمگیری ($P < 0.05$) باعث افزایش قابلیت هضم ایلئومی پروتئین شد. گرچه بین جیره‌های حاوی ۰/۴۱ درصد متیونین با گروه شاهد این اختلاف معنی‌دار نبود.

نتایج حاصل از آزمایش حاضر نشان داد که سطح چربی و متیونین جیره تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مؤلفه‌های تولیدی شامل درصد تخم‌گذاری، وزن تخم‌مرغ، بازده تولید و ضریب تبدیل غذا دارد. بطوریکه استفاده از سطوح ۲ و ۴ درصد روغن سویا در جیره با بهترین عملکرد تولیدی و پایین‌ترین ضریب تبدیل غذا همراه بود و این بهبود به تبعیت از یک رابطه خطی در مورد اکثر صفات قابل ملاحظه بود. همچنین افزایش میزان روغن در جیره و به تبع آن افزایش سطح انرژی قابل سوخت و ساز انرژی جیره، تأثیر کاهنده بر میزان خوراک مصرفی پرندگان داشت در حالیکه افزایش سطح متیونین جیره باعث افزایش میزان خوراک مصرفی پرندگان شد. افزودن روغن به جیره خصوصاً در سطح ۲ درصد باعث بهبود ضخامت و استحکام پوسته تخم‌مرغ شد که احتمالاً این موضوع با قابلیت هضم بهتر ویتامین D_3 در ارتباط است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که علاوه بر مؤلفه‌های تولیدی، پاسخ‌های ایمنی نیز تحت تأثیر سطح متیونین و چربی جیره بهبود یافت. نکته جالب توجه اینکه افزایش سطح متیونین جیره تأثیر بسیار مطلوبی بر الگوی لیپیدی سرم خون داشت بطوریکه غلظت LDL، کلسترول و تری‌گلیسرید سرم را کاهش داد و همچنین باعث بهبود قابلیت هضم ایلئومی چربی و پروتئین خام گردید.

در کل نتایج نشان می‌دهد که در هنگام استفاده از مکمل‌های چربی در جیره نیاز به سطوح بالاتری از متیونین جهت دستیابی به حداکثر پاسخ‌های عملکردی می‌باشد.

جدول ۱۰- تأثیر سطوح مختلف متیونین و چربی جیره بر قابلیت هضم ایلنومی مواد مغذی در مرغان تخمگذار

سطح چربی (%)	متیونین (%)	ماده خشک (%)	ماده آلی (%)	خاکستر (%)	عصاره اتری (%)	پروتئین خام (%)
۰	۰/۳۷	۶۵/۰۱	۶۷/۷۹	۶۰/۹۹	۶۶/۱۸	۵۸/۸۶
	۰/۴۱	۶۷/۱۰	۶۹/۱۴	۶۵/۵۳	۶۶/۴۵	۵۹/۸۴
	۰/۴۵	۶۸/۷۲	۶۹/۲۴	۶۵/۸۲	۶۷/۸۴	۶۰/۵۰
	۰/۴۹	۶۶/۵۱	۶۸/۲۴	۶۳/۲۲	۶۸/۴۵	۶۱/۸۶
۲	۰/۳۷	۶۷/۶۱	۶۹/۱۱	۶۳/۰۱	۶۴/۰۳	۶۱/۳۴
	۰/۴۱	۶۸/۲۱	۷۰/۸۸	۶۶/۴۷	۶۳/۱۰	۶۲/۷۳
	۰/۴۵	۶۷/۴۱	۷۰/۸۴	۶۴/۹۵	۶۵/۶۵	۶۳/۲۳
	۰/۴۹	۶۶/۶۲	۷۱/۱۱	۶۳/۵۵	۶۵/۶۴	۶۲/۹۵
۴	۰/۳۷	۶۶/۶۷	۶۹/۱۵	۶۴/۲۴	۶۱/۷۰	۶۱/۴۷
	۰/۴۱	۷۰/۰۵	۷۰/۲۱	۶۶/۱۹	۶۲/۵۵	۶۲/۶۷
	۰/۴۵	۷۰/۶۳	۷۱/۶۴	۶۳/۸۵	۶۵/۶۶	۶۳/۷۵
	۰/۴۹	۶۹/۸۴	۷۲/۰۲	۶۲/۶۹	۶۵/۱۴	۶۲/۹۵
سطح چربی جیره						
۰	۶۶/۸۳ ^b	۶۸/۶۰ ^b	۶۳/۸۹	۶۰/۲۷ ^b	۶۷/۲۳ ^a	۶۰/۲۷ ^b
۲	۶۷/۴۶ ^b	۷۰/۴۸ ^a	۶۴/۵۰	۶۲/۵۶ ^a	۶۴/۶۰ ^b	۶۲/۵۶ ^a
۴	۶۹/۳۰ ^a	۷۰/۷۶ ^a	۶۴/۲۴	۶۲/۷۱ ^a	۶۳/۷۶ ^b	۶۲/۷۱ ^a
سطح متیونین						
۰/۳۷	۶۶/۴۳	۶۸/۶۸	۶۲/۷۵	۶۰/۵۶ ^b	۶۳/۹۷ ^b	۶۰/۵۶ ^b
۰/۴۱	۶۸/۴۵	۷۰/۰۸	۶۶/۰۶	۶۱/۷۵ ^{ab}	۶۴/۰۲ ^b	۶۱/۷۵ ^{ab}
۰/۴۵	۶۸/۹۲	۷۰/۵۷	۶۴/۸۷	۶۲/۴۹ ^a	۶۶/۳۸ ^a	۶۲/۴۹ ^a
۰/۴۹	۶۷/۶۶	۷۰/۴۶	۶۳/۱۵	۶۲/۵۸ ^a	۶۶/۴۱ ^a	۶۲/۵۸ ^a
احتمالات						
سطح چربی	۰/۰۱۱۲	۰/۰۴۲۷	۰/۸۶۱۷	۰/۰۰۰۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵
سطح متیونین	۰/۰۵۵۵	۰/۲۵۳۷	۰/۰۵۰۳	۰/۰۳۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۰۱
متیونین × چربی	۰/۴۸۲۲	۰/۹۵۰۸	۰/۸۰۶۱	۰/۹۰۷۶	۰/۸۰۴۴	۰/۹۰۷۶

^{ab} میانگین‌های با حروف متفاوت در ستون هر یک از اثرات اصلی، از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشند.



- [1] Abdallah, A. G., R. H. Harms and G. B. Russell. 1995. Effect of age and resting on hens laying eggs with heavy or light shell weight. *J. Appl. Poult. Res.* 4:131–137.
- [2] Al-Saffar, A. and S. Rose. 2002. The response of laying hens to dietary amino acids. *World's Poult. Sci. J.* 58: 209-234.
- [3] Amiri-Andi, M. 2012. Effects of additional DL-methionine in broiler starter diet on blood lipids and abdominal fat. *S. Afric. J. Biotechnol.* 11: 7579-7581.
- [4] Bennett, C. D. 1992. Influence of egg weight on egg breakage in the field. *J. Appl. Poult. Res.* 1:399–402.
- [5] Carew, L., J. McMurtry and F. Alster. 2003. Effects of methionine deficiencies on plasma levels of thyroid hormones, insulin-like growth factors-I and-II, liver and body weights, and feed intake in growing chickens. *Poult. Sci.* 82: 1932-1938.
- [6] Celebi, S. and N. Utlu. 2006. Influence of animal and vegetable oil in layer diets on performance and serum lipid profile. *Int. J. Poult. Sci.* 5: 370-373.
- [7] Fletcher, D. L., W. M. Britton, G. M. Pesti and S. I. Savage. 1983. The relationship of later flock age and egg weight on egg component yields and solid content. *Poult. Sci.* 62:1800–1805.
- [8] Gomez, S. and M. Angeles. 2009. Effect of threonine and methionine levels in the diet of laying hens in the second cycle of production. *J. Appl. Poult. Res.* 18: 452-457.
- [9] Grobas, S., J. Mendez, C. De Blas. and G. G. Mateos. 1999a. Influence of dietary energy, supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. *Br. Poult. Sci.* 40:681–687.
- [10] Grobas, S., J. Mendez, C. De Blas and G. G. Mateos. 1999b. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult. Sci.* 78:1542–1551.
- [11] Grobas, S., J., Mendez, R., Lazaro, C. De Blas, and G.G. Mateos. 2001. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poult. Sci.* 80:1171-1179.
- [12] Harms, R. H. and G. B. Russell. 2004. Performance of commercial laying hens when fed diets with various sources of energy. *J. Appl. Poult. Res.* 13:365–369.
- [13] Kalbande, V., K. Ravikanth, S. Maini and D. Rekhe. 2009. Methionine supplementation options in poultry. *Int. J. Poult. Sci.* 8: 588-591.
- [14] Roth, J. S. and S. W. Milstein. 1957. Some effects of excess methionine on lipide metabolism in the rat. *Arch. Biochem. Biophys.* 70: 392-400.
- [15] Safaa, H., M. Serrano, D. Valencia, X. Arbe, E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro and G.G. Mateos. 2008. Effects of the levels of methionine, linoleic acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the late phase of production. *Poult. Sci.* 87: 1595-1602.
- [16] Saki, A.A., R. N. Harsini, M. Tabatabaei, P. Zamani, M. Haghigat and H. Matin. 2011. Thyroid function and egg characteristics of laying hens in response to dietary methionine levels. *S. Afric. J. Agric. Res.* 6: 4693-4698.
- [17] SAS Institute (1999) *SAS / STAT Software: User' s Guide for Statistical Analysis.* 8.02 rev. ed. Statistical Analysis System, Cary, NC., USA.
- [18] Soares, J., J. Nicholson, E. Bossard and O. Thomas. 1974. Effective levels of sulfate supplementation in broiler diets. *Poult. Sci.* 53: 235-240.
- [19] Sohail, S. S., M. M. Bryant and D. A. Roland, Sr. 2002. Influence of supplemental lysine, isoleucine, threonine, tryptophan, and total sulphur amino acids on egg weight of Hy-Line W-36 hens. *Poult. Sci.* 81:1038–1044.
- [20] Summers, J. D. and S. Leeson. 1983. Factors influencing early egg size. *Poult. Sci.* 62:1155–1159.

- [21] Tsiagbe, V., M. Cook, A. Harper and M. Sunde. 1987. Efficacy of cysteine in replacing methionine in the immune responses of broiler chicks. *Poult. Sci.* 66: 1138-1146.
- [22] Zeweil, H., A. Abdalah, M. Ahmed and R. Ahmed. 2011. Effect of different levels of protein and methionine on performance of Baheij laying hens and environmental pollution. *Egypt. Poult. Sci.* 31: 621-639.
- [23] Zhan, X., J. Li, Z. Xu and R. Zhao. 2006. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcass composition and metabolism of lipids in male broilers. *Br. Poult. Sci.* 47: 576-580.

