نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۲، شماره ۲، سال ۱۳۸۹، ص. ۱۶۲-۱۵۶

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 2, No. 2, 2010, p. 156-162

بررسی میزان انرژی قابل استفاده چربی‌ها برای جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی

محمد سالارمعینی[1*]- ابوالقاسم گلیان[2]-حسن کرمانشاهی[3]

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۱۳
تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۶

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثرات سطح استفاده و درجه اشباعیت چربی‌ها بر میزان انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن (TME_n) آن‌ها در جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی انجام شد. چربی حیوانی پیه، روغن پنبه دانه و سه مخلوط از این دو چربی شامل مخلوط ۱ حاوی ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه در سطوح صفر، ۳ ، ۶ و ۹ درصد به یک جیره پایه اضافه شدند. میزان TME_n این جیره‌های آزمایشی و جیره پایه به روش سیبالد تعیین گردید. برای انجام آزمایش ۱۳۶ قطعه جوجه خروس گوشتی ۴۲ روزه انتخاب شد و هر دو قطعه به یک قفس متابولیکی منتقل گردید. به هر تیمار ۴ تکرار ۲ قطعه ای اختصاص داده شد. ترکیب اسیدهای چرب و سایر خصوصیات شیمیایی چربیها نیز تعیین شد. نحوه عکس العمل TME_n جیره‌های آزمایشی در اثر افزایش سطح چربی به صورت خطی بود. میزان TME_n چربی‌ها با افزایش سطح چربی کاهش یافت. اثر همکوشی که از روی اختلاف مقدار انرژی تعیین شده چربی‌های مخلوط با مقدار محاسبه شده تعیین می شود در سطوح پایین چربی بیشتر بود. بهترین معادله برای برآورد TME_n با استفاده از ۳ پارامتر قابلیت سوخت و ساز حقیقی ماده خشک جیره‌های آزمایشی، درصد اسید چرب الئیک و میزان انرژی خام چربی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی، چربی حیوانی، چربی مخلوط، روغن پنبه دانه، جوجه گوشتی

مقدمه

افزودن چربی به جیره طیور تا اندازه ای سبب افزایش رشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود. همچنین افزودن چربی به جیره غذایی جهت تامین اسید لینولئیک مورد نیاز و کاهش گرد و غبار جیره نیز با اهمیت می‌باشد. مرغ قادر است مقادیر زیادی از چربی را به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار دهد، به شرطی که نسبت بین انرژی جیره و سایر مواد غذایی جیره حفظ شود. هنگامی که چربی به جیره طیور افزوده می‌شود، راندمان استفاده از انرژی مصرف شده در مقایسه با حیواناتی که با جیره‌های کم چربی تغذیه شده اند، افزایش می‌یابد. این پدیده را عمل دینامیکی چربی‌ها می‌نامند (۴). عوامل متعددی بر انرژی قابل استفاده چربی‌ها موثر می‌باشند که از آن جمله می‌توان به درجه اشباعیت اسیدهای چرب چربی، نسبت اسیدهای چرب آزاد، طول زنجیره اسیدهای چرب، محل اسید چرب بر گلیسرول، سطح چربی در جیره، رطوبت و ناخالصی‌ها، اکسیداسیون ، تشکیل صابون و حتی ترکیب جیره مثل میزان پلی ساکاریدهای غیرنشاسته ای اشاره کرد (۱۰، ۱۲ و ۲۵). اشاره کرد. سن و نوع پرنده هم در میزان انرژی چربی موثر می‌باشد (۱۱). چنانکه بنا به پیشنهاد لیسون و سامرز (۱۱) ارزش انرژی زایی چربی‌ها اگر برای سن ۲۸ روزگی به بعد ۱۰۰ درصد منظور شود، آنگاه ارزش انرژی زایی آن برای سنین ۷ تا ۲۸ و ۱ تا۷ روزگی بهتر است به ترتیب ۹۵ و ۸۸ درصد منظور شود (۳).

به علت تأثیر عوامل مختلف بر میزان انرژی قابل سوخت و ساز چربی، بیان یک عدد به عنوان ارزش انرژی زایی چربی صحیح به نظر نمی رسد، چنانکه در کتاب احتیاجات غذایی طیور (۱) نیز با در نظر گرفتن عوامل فوق مقادیر متفاوتی از انرژی برای هر چربی ذکر شده است. روش‌های مختلفی جهت تعیین انرژی قابل سوخت و ساز چربی‌ها پیشنهاد شده است، زیرا امکان استفاده از چربی در تغذیه طیور به تنهایی وجود ندارد. روش معمول تعیین انرژی قابل سوخت و ساز جیره پایه و جیره پایه حاوی سطح مشخصی از چربی است که با

۱ - به ترتیب استادیار هسته پژوهشی تغذیه دام و طیور، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(* - نویسنده مسئول: Email: Salarmoini@mail.uk.ac.ir)
۲و۳- استادان گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

توجه به مقادیر انرژی دو جیره فوق، انرژی قابل سوخت و ساز چربی محاسبه می‌شود. تعیین انرژی قابل سوخت و ساز چربی از طریق ضرب کردن قابلیت هضم چربی در میزان انرژی خام آن نیز میسر است. روش دیگری که بیشتر مورد تاکید می‌باشد تعیین انرژی قابل سوخت و ساز جیره پایه با سطوح مختلف یک چربی و سپس استفاده از روابط خطی جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز چربی است. بنابراین روش محاسبه انرژی قابل سوخت و ساز چربی نیز بر میزان انرژی آن بی تأثیر نخواهد بود.

هدف از این آزمایش بررسی اثرات سطح استفاده و درجه اشباعیت چربی‌ها بر میزان انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن آن‌ها و ارایه معادلاتی جهت برآورد انرژی چربی بر اساس ترکیب شیمیایی آن بود. برای تعیین این نوع انرژی از روش سیبالد استفاده شد، زیرا روش فوق نسبت به روشهای مرسوم، سریعتر است، نمونه کمتری جهت آنالیز مورد نیاز است و به نظر می‌رسد از درجه دقت و صحت بالاتری برخوردار باشد (۱۶).

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از ۱۳۶ قطعه جوجه خروس گوشتی سویه آرین در سن ۴۲ روزگی با میانگین وزن (۹۰±)۱۴۵۰ گرم استفاده شد و هر دو جوجه به طور تصادفی به یک قفس متابولیکی مخصوص منتقل شدند. برای هر جیره آزمایشی ۴ قفس اختصاص داده شد. برای تعیین TME_n از روش سیبالد (۱۶) به شرح زیر استفاده شد: پیش از تغذیه اجباری جوجه ها ۲۴ساعت گرسنه نگهداشته شدند، سپس دقیقا ۲۰ گرم جیره آزمایشی از طریق قیف مخصوص به چینه دان منتقل شد. پس از اتمام تغذیه سینی‌های جمع‌آوری فضولات را در زیر قفس ها قرار داده و پس از ۴۸ ساعت سینی ها برداشته شده و فضولات کاملا جمع آوری و در دمای ۷۰ درجه خشک شد و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت جهت ایجاد تعادل با رطوبت اتمسفر در هوای آزاد قرار گرفت. سپس مجدداً توزین وآسیاب شده و تا انجام تجزیه شیمیایی در داخل ظروف درب دار نگهداری شد. میزان رطوبت چربیها با استفاده از آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد تا حصول وزن ثابت اندازه گیری شد. همچنین علاوه بر انرژی خام و نیتروژن جیره‌های آزمایشی و فضولات، ترکیب اسیدهای چرب چربیها (توسط دستگاه گاز کروماتوگراف)، اندیس صابونی، اندیس غیرقابل صابونی، اندیس یدی، ارزش اسیدی و اندیس پراکسید چربیها نیز اندازه گیری شد (۷).

چربیهای مورد مطالعه در این آزمایش عبارت بودند از روغن خام پنبه دانه، چربی حیوانی پیه و سه ترکیب متفاوت از آن‌ها: مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه. انرژی قابل سوخت و ساز در ۴ سطح صفر(جیره پایه)، ۳، ۶ و ۹ درصد جیره پایه مورد بررسی قرار گرفت. میزان انرژی قابل سوخت و ساز چربی از روی میزان انرژی قابل سوخت و ساز جیره پایه حاوی چربی با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$ED=(P\times EF)+(1-P)EB$$

در این فرمول ED میزان انرژی قابل سوخت و ساز جیره مخلوط، P سطح چربی در جیره مخلوط، EF میزان انرژی قابل سوخت و ساز چربی، (1-P) سطح جیره پایه در جیره مخلوط وEB میزان انرژی قابل سوخت و ساز جیره پایه می باشد. جیره پایه مورد استفاده در این آزمایش عبارت بود از: ۶۴/۳ درصد ذرت، ۳۲/۲ درصد کنجاله سویا، ۰/۳ درصد نمک، یک درصد پودر آهک، ۱/۷۵ درصد دی کلسیم فسفات و ۰/۵ درصد مکمل ویتامین و مواد معدنی (۸). میزان TME_n جیره ها با استفاده از فرمولهای زیر محاسبه شد (۱۶):

$$TME_n=([(Fi\times GE_f)-(E\times GE_e)_n]+(E_u\times GE_u)_n)/F_i$$

$$NR=\text{تعادل نیتروژن}=(F_i\times N_f)-(E\times N_e)\ ,\ (E\times GE_e)_n=(E\times GE_e)+(NR_f\times K)$$

$$(E_u\times GE_u)_n=(E_u\times GE_u)+(NR_u\times K)$$

Fi= خوراک مصرفی (کیلوگرم) ، E = کل فضولات (کیلوگرم)، GE_f = انرژی خام یک کیلوگرم خوراک (کیلو کالری) ، GE_u= GEe, انرژی خام یک کیلوگرم فضولات (کیلو کالری)، N_f= درصد نیتروژن جیره ، N_e= درصد نیتروژن فضولات، K = ۸۷۳۰ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم نیتروژن، اندیس f مربوط به پرندگان تغذیه شده و اندیس u مربوط به پرندگان گرسنه است.

این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی که در آن عوامل به صورت فاکتوریل ۵ × ۴ (نوع چربی × سطح چربی) مرتب شده بودند اجرا شد و از نرم افزار آماری SAS (۱۳) برای تجزیه آماری استفاده شد. برای تعیین فرمولهای برآورد انرژی قابل سوخت و ساز چربیها از روی ترکیب شیمیایی آن‌ها از رگرسیون چندگانه (stepwise) و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد (اسندکور و کوخران، ۱۹۶۷).

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی چربی‌های مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است. بیشترین اسید چرب در چربی حیوانی و روغن گیاهی به ترتیب اسید اولئیک و لینولئیک بود و اسید لینولنیک نیز در چربی حیوانی مشاهده نشد. میزان رطوبت و انرژی خام آن‌ها بسیار به یکدیگر نزدیک بود. عدد پراکسید (تعداد میلی اکی والان پراکسید در هزار گرم روغن) که شاخص میزان اکسیداسیون چربیها است در چربی حیوانی کمی بیشتر از روغن پنبه دانه بود. مقدار ارزش اسیدی (میلی گرم هیدروکسید پتاسیم لازم برای خنثی کردن

اسیدهای چرب آزاد موجود در یک گرم چربی، بر حسب اسید اولئیک) که بیانگر میزان اسیدهای چرب آزاد است، در چربی حیوانی بیشتر بود. بالا بودن اسیدهای چرب آزاد در چربی حیوانی می‌تواند به علت اندیس پراکسید بالاتر آن باشد. اندیس یدی (مقدار ید جذب شده توسط باندهای غیر اشباع اسیدهای چرب، به روش هانوس) که شاخص تعداد پیوندهای دوگانه است در روغن پنبه دانه بیشتر بود. بخش غیر قابل صابونی (بخشی از چربی که پس از صابونی کردن چربی در دی اتیل اتر حل می شود) که نشان دهنده بخش از ناخالصی‌ها می‌باشد، در چربی حیوانی بیشتر بود. اندیس صابونی(میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم مورد نیاز برای صابونی کردن یک گرم چربی) که شاخصی از تعداد اسیدهای چرب در هر گرم چربی است در چربی حیوانی بیشتر بود، زیرا نسبت اسیدهای چرب با طول زنجیره بلندتر در روغن پنبه دانه بیشتر بود.

میزان TME_n جیره‌های آزمایشی و چربی‌ها برای سطوح مختلف چربی همراه با نتایج تجزیه واریانس، در جدول ۲ گزارش شده است. اثر نوع چربی و سطح چربی بر انرژی جیره پایه حاوی سطوح مختلف چربی معنی دار ($p<۰/۰۵$) بود اما اثر متقابل آن‌ها معنی دار نشد. انرژی جیره پایه حاوی چربی حیوانی در تمام سطوح کمتر از سایر چربی‌ها بود. انرژی جیره پایه با افزایش سطح چربی افزایش نشان داد ($p<۰/۰۵$) و این افزایش از روندی خطی برخوردار بود. این نتایج در خروس‌های بالغ لگهورن نیز مشاهده شد (۵) اما به نظر می‌رسد در جوجه‌های گوشتی در سنین پایین عکس العمل فوق از روندی کوادراتیک برخوردار باشد (۶ و ۲۳). اثر سطح چربی بر TME_n چربی‌ها نیز معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). در این آزمایش با افزایش سطح چربی از میزان انرژی آن کاسته شد. اما از نظر آماری فقط انرژی چربی‌ها در سطح ۳ درصد نسبت به سطوح ۶ و ۹ درصد معنی دار ($p<۰/۰۵$) بود. کاهش انرژی قابل سوخت و ساز چربی‌ها با افزایش سطح چربی در مقالات دیگری نیز گزارش شده است (۵ و ۶).

(جدول ۱)- ترکیب اسیدهای چرب و برخی خصوصیات شیمیایی چربی های مورد آزمایش

نوع چربی	ماده خشک(٪)	انرژی خام (Kcal/Kg)	لوریک (٪)	پالمیتیک (٪)	استئاریک (٪)	الئیک (٪)	لینولئیک (٪)	لینولنیک (٪)	ارزش پراکسید	ارزش اسیدی	اندیس صابونی صابونی	اندیس یدی	غیر قابل صابونی
حیوانی	۹۹/۸	۹۵۰۹	۴/۴۸	۳۱/۲	۱/۷	۵۵/۱	۱/۷	–	۸	۴/۵	۲۱۱	۳۵/۲	۱/۴
پنبه دانه	۹۹/۹	۹۵۱۵	۰/۹۸	۲۴/۹	۱/۶	۱۵/۷	۵۶/۵	۰/۲	۴	۲/۱	۱۹۰	۱۰۷	۰/۴۶

(جدول۲)- میانگین± انحراف معیار انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن (kcal/kg) جیره‌های آزمایشی و چربیها در سطوح مختلف چربی (کیلوکالری در کیلوگرم) در سن ٤٢ روزگی

نوع چربی	جیره‌های آزمایشی				چربیها		
	۰	۳	٦	۹	۳	٦	۹
روغن پنبه دانه	۳۰۸۲ ^{c}	۳۳۰۷ ^{b}	۳۴۴۷ ^{b}	۳۶۸۶ ^{a}	۱۰۵۸۵	۹۱۶۵	۹۷۹۲
	±۴۷/۵	±۶۹	±۳۵/۳	±۲۹/۸	۲۳۰۱	±۵۸۹	±۳۳۰
چربی حیوانی	۳۰۸۲ ^{c}	۳۲۷۸ ^{b}	۳۳۶۴ ^{ab}	۳۴۷۷ ^{a}	۹۶۳۹	۷۷۷۱	۷۴۷۸
	±۴۷/۵	±۴۹	±۴۲/۲	±۳۱/۲	±۸۱۸	±۷۰۳	±۳۴۶
مخلوط ۱[۱]	۳۰۸۲ ^{d}	۳۳۳۳ ^{c}	۳۵۱۸ ^{b}	۳۶۶۲ ^{a}	۱۱۴۶۷	۱۰۳۵۳	۹۵۳۶
	±۴۷/۵	±۳۵/۵	±۴۱/۵	±۳۰/۵	±۱۷۸۳	±۶۹۱	±۳۳۸
مخلوط ۲[۱]	۳۰۸۲ ^{c}	۳۳۲۷ ^{b}	۳۴۷۳ ^{a}	۳۶۰۹ ^{a}	۱۱۲۶۵	۹۵۹۹	۸۹۴۴
	±۴۷/۵	±۳۸/۹	±۷۰/۸	±۴۴/۳	±۱۲۹۶	±۱۱۸۰	±۴۹۲
مخلوط ۳[۱]	۳۰۸۲ ^{c}	۳۳۰۰ ^{b}	۳۴۳۸ ^{ab}	۳۵۳۳ ^{a}	۱۰۳۵۶	۹۰۲۴	۸۰۹۸
	±۴۷/۵	±۶۰/۴	±۳۸/۷	±۶۷/۷	±۲۰۱۲	±۶۴۴	±۷۵۲
میانگین	۳۰۸۲ ^{d}	۳۳۰۹ ^{c}	۳۴۴۸ ^{b}	۳۶۰۰ ^{a}	۱۰۶۶۲ ^{a}	۹۱۹۱ ^{b}	۸۳۳۸ ^{b}
اثر نوع چربی		*				NS	
سطح چربی		**				*	
نوع چربی در سطح چربی		NS				NS	

a,b,c- میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ($p<۰/۰۵$).

*- معنی دار در سطح ۰/۰۵ درصد ، ** : معنی دار در سطح ۰/۰۱ درصد، NS : اثر معنی دار نیست.

۱- مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه.

(جدول ۳)- روابط خطی بین سطح چربی با انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن جیره آزمایشی در سن ٤٢ روزگی: (Y=a+bX ،X = سطح چربی و Y= میزان TME_n (kcal/kg) جیره آزمایشی در سطح چربی مورد نظر)

نوع چربی	عرض از مبدا (a)	ضریب b	R^2	سطح معنی دار مدل	TME_nچربی (X=۱۰۰)
تمام چربی‌ها	۳۱۰۷	۵۵/۸۱	۰/۹۲۶	۰/۰۰۰۱	۸۶۸۸
روغن پنبه دانه	۳۰۸۷	۶۵/۰۶	۰/۹۹۳	۰/۰۰۳	۹۵۹۳
چربی حیوانی	۳۱۰۹	۴۲/۳۹	۰/۹۶۳	۰/۰۱۸	۷۳۴۸
مخلوط ۱ [1]	۳۱۱۰	۶۴/۲۵	۰/۹۸۵	۰/۰۰۷	۹۵۳۵
مخلوط ۲ [1]	۳۱۱۴	۵۷/۶۰	۰/۹۷۳	۰/۰۱۳	۸۸۷۴
مخلوط ۳ [1]	۳۱۱۵	۴۹/۷۷	۰/۹۶۲	۰/۰۱۹	۸۰۹۱

مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه

در این آزمایش میزان خطای معیار برای تمام چربی‌ها در سطح ۳ درصد بیشتر از سایر سطوح چربی بود زیرا در سطوح پایین چربی، خطای کوچکی در هر مرحله آزمایش می‌تواند اثر بسیار بیشتری بر انرژی آن چربی داشته باشد. به همین دلیل بسیاری از پژوهشگران استفاده از سطوح مختلف چربی را مورد تاکید قرار داده اند زیرا با این روش امکان استفاده از آنالیز رگرسیون فراهم می‌شود (۱۸، ۲۱، ۲۲ و ۲۳)، بنابراین علاوه بر امکان مطالعه تأثیر سطح استفاده از یک چربی بر میزان انرژی قابل سوخت و ساز آن، امکان براورد انرژی چربی به کمک معادلات نیز فراهم می‌شود. معادلات فوق برای چربی‌های مورد استفاده در این آزمایش در جدول۳ درج شده است. براساس این جدول روغن تخم پنبه و مخلوط ۱ بیشترین مقدار TME_n (به ترتیب ۹۵۹۳ و ۹۵۳۵ کیلوکالری در کیلوگرم) و چربی حیوانی کمترین مقدار را داشت (۷۳۴۸ کیلوکالری در کیلوگرم).

اختلاف بین میزان TME_n تعیین شده چربی‌های مخلوط با مقادیر محاسباتی از روی میزان TME_n روغن پنبه دانه و چربی حیوانی، با توجه به نسبت هرکدام از چربی‌ها، می‌تواند نشان دهنده میزان اثر همکوشی[1] باشد (جدول۵). براساس جدول ۴، میزان اثر همکوشی در مخلوط ۱ و ۲ بیشتر از مخلوط ۳ (به ترتیب ۹۹۳، ۸۶۴ و ۴۷۵ کیلوکالری در کیلوگرم) بود که با توصیه لیسون و سامرز (۴) مبنی بر مناسب بودن نسبت ۳ : ۱ چربی‌های غیراشباع به اشباع برای مطلوب بودن هضم چربی‌ها، منطبق می‌باشد (۳). این حالت در جدول ۵ نیز مشاهده شد. مقادیر درج شده در جدول ۵ براساس معادلات جدول ۳ محاسبه شد. البته میزان اثر همکوشی چربی‌های مخلوط در جدول ۴ با جدول ۵ متفاوت هستند که البته بدیهی می‌باشد، زیرا روش محاسبه متفاوت است. همچنین به نظر می‌رسد میزان اثر فوق در سطوح پایین چربی بیشتر است. به عبارت دیگر کمترین اثر همکوشی در سطح ۹ درصد مشاهده شد. وجود اثر همکوشی بین اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع و به عبارت دیگر بهبود قابلیت هضم اسیدهای چرب اشباع در حضور اسیدهای چرب غیراشباع اثر ثابت شده ای می‌باشد (ویلا و گارسیا، ۱۹۹۶a). در آزمایش مشابهی که با خروسهای بالغ لگهورن انجام شد میزان اثر همکوشی چربی‌های مخلوط فوق در سطوح ۳ و ۶ درصد به ترتیب ۱۰۸۰، ۶۹۷ بود و در سطح ۹ درصد اثر فوق مشاهده نشد (۵). در جوجه‌های گوشتی ۲۱ روزه نیز مقادیر فوق به ترتیب ۶۶۳، ۸۹۰ و ۷۲۱ کیلوکالری برآورد شد (۶). سیبالد و کرامر، (۱۴) مقدار اثر همکوشی را برای TME مخلوط‌های مساوی از پیه و روغن سویا و پیه و روغن ذرت به ترتیب ۸۸۵ و ۵۵۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم چربی گزارش کرده اند (۱۵). در آزمایش دیگری افزودن روغن‌های گیاهی به چربی‌های حیوانی، به نسبت مساوی، سبب ۲ تا ۶ درصد افزایش AME چربی مخلوط شد و این پدیده تحت تأثیر سن جوجه‌های گوشتی قرار نداشت (۹) در حالیکه وایسمن و لسایر (۲۲) اثر همکوشی را فقط در جوجه ها گزارش کرده اند. به عقیده این پژوهشگران مقدار اثر همکوشی در مراجع مختلف بسیار متفاوت بوده و به نظر می‌رسد مقدار آن در سطوح پایین چربی بیشتر باشد.

قابلیت سوخت و ساز (هضم) حقیقی ماده خشک جیره‌های آزمایشی در جدول ۶ گزارش شده است. به نظر می‌رسد میزان قابلیت سوخت و ساز ماده خشک جیره‌های حاوی چربی بیشتر از جیره پایه بوده و با افزایش سطح چربی قابلیت سوخت و ساز جیره آزمایشی نیز به طور معنی داری بهبود یافت. علت بهبود قابلیت سوخت و ساز ماده خشک در حضور چربی را می‌توان به اثر متقابل بین چربی افزوده شده به جیره با بخش چربی به علت احتمال وجود اثر همکوشی (۸ و ۱۵) و با بخش غیر چربی (۲۰ و ۲۳) جیره پایه به علت افزایش زمان توقف مواد غذایی دز دستگاه گوارش نسبت داد.

1 -synergism

(جدول ٤)- میزان اثرهمکوشی TME_n (kcal/kg) چربیهای مخلوط در سطوح مختلف چربی در سن ٤٢ روزگی (محاسبه شده با توجه به نتایج جدول۲)

	مقدار محاسباتی در سطوح			اختلاف با مقدار واقعی		
چربی	۳	٦	۹	۳	٦	۹	میانگین
مخلوط ۱ [۱]	۱۰۳۴۹	۸۸۱۷	۹۲۱۴	۱۱۱۸	۱۵۳۷	۳۲۳	۹۹۳
مخلوط ۲ [۱]	۱۰۱۱۳	۸۴۶۹	۸۶۳۶	۱۱۵۳	۱۱۳۱	۳۰۸	۸۶۴
مخلوط ۳ [۱]	۹۸۷۶	۸۱۲۰	۸۰۵۷	۴۸۰	۹۰۴	۴۱	۴۷۵
میانگین				۹۱۷	۱۱۹۰	۲۲۴	

۱- مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه

(جدول ۵)- میزان TME_n (kcal/kg) جیره‌های آزمایشی و اثر همکوشی در چربیهای مخلوط در سطوح مختلف چربی (محاسبه شده با معادلات خطی جدول ۳)

سطح چربی	روغن پنبه دانه	چربی حیوانی	مخلوط ۱ [۱]	مخلوط ۲ [۱]	مخلوط ۳ [۱]	تمام چربیها
۳	۳۲۸۲	۳۲۳۶	۳۳۰۳	۳۲۸۷	۳۲۶۴	۳۲۷۴
۶	۳۴۷۷	۳۳۶۳	۳۴۹۶	۳۴۵۹	۳۴۱۳	۳۴۴۲
۹	۳۶۷۲	۳۴۹۱	۳۶۸۸	۳۶۳۲	۳۵۶۲	۳۶۰۹
۱۰۰=انرژی چربی	۹۵۹۳	۷۳۴۸	۹۵۳۵	۸۸۷۴	۸۰۹۱	۸۶۸۸
انرژی محاسبه شده [۲]			۹۰۳۲	۸۴۷۰	۷۹۰۹	
اختلاف			۵۰۲	۴۰۳	۱۸۰	

۱- مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه

۲- محاسبه شده از انرژی قابل سوخت و ساز چربی حیوانی و روغن تخم پنبه با توجه به نسبت هرکدام

فرمولهای پیشنهادی در این آزمایش جهت برآورد میزان TME_n چربی‌ها از روی ترکیب شیمیایی آن‌ها و قابلیت سوخت و ساز حقیقی ماده خشک آن‌ها، باهم و جداگانه، در جدول ۷ نشان داده شده است. بهترین معادله با استفاده از عوامل قابلیت سوخت و ساز حقیقی جیره آزمایشی، میزان اسید اولئیک و انرژی خام حاصل شد. وایسمن و همکاران (۲۴) انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری ترکیبات مختلفی از روغن سویا و اسیدهای چرب پیه را مورد مطالعه قرار دادند. به عقیده آن‌ها انرژی قابل سوخت و ساز را می‌توان با استفاده از نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع و اسیدهای چرب آزاد برآورد کرد. آن‌ها به کمک این دو عامل معادلاتی را برای برآورد انرژی در پرندگان جوان و بالغ ارایه نمودند که به ترتیب حدود ۸۲ و ۹۳ درصد از تغییرات را در بر می‌گرفت. ویلا و گارسیا (۱۸ و ۱۹) نیز در پژوهشهای خود از اندیس غیر قابل صابونی ، انرژی خام، اندیس تیوباربیتوریک اسید، ناخالصیها و ارزش پراکسید واسیدهای چرب آزاد استفاده کردند (۱۷ و ۱۸). البته لازم به ذکر است که بیشتر فرمولهای پیشنهادی جهت براورد AME هستند و گزارشات کمی در مورد TME در دسترس است. در پایان باید به این مطلب توجه کرد که فرمولهای پیشنهادی برای برآورد انرژی در این آزمایش و پژوهش‌های دیگران متفاوت بوده و هر کدام از آن‌ها در محدوده چربی‌های استفاده شده در همان آزمایش کاربرد دارند (۲۴).

در مجموع، با توجه به مجموع عوامل موثر بر انرژی قابل سوخت و ساز چربیها، استفاده از یک عدد به عنوان میزان انرژی قابل سوخت و ساز چربی صحیح به نظر نمی‌رسد. انرژی قابل سوخت و ساز چربیها در سطوح پایین به طور معنی داری بیشتر از سطوح بالای آن در جیره است. همچنین بیشترین اثر همکوشی در مخلوط ۱ که شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه بود، مشاهده شد. بنابراین افزودن کمی روغن گیاهی به چربی حیوانی می‌تواند در بهبود انرژی قابل متابولیسم آن موثر باشد.

(جدول٦)- قابلیت متابولیسم حقیقی ماده خشک جیره‌های آزمایشی در سطوح مختلف چربی در جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی[1](بر حسب درصد)

نوع چربی	درصد چربی جیره			
	صفر	۳	٦	۹
روغن پنبه دانه	۶۷/۳^{c}±۱/۵[2]	۷۵/۸ ^{b}±۲/۳	۷۹/۲ ^{b}±۱/۵	۸۸/۵ ^{a}±۱/۳
چربی حیوانی	۶۷/۳^{c}	۷۴/۶ ^{b}±۱/۷	۷۷/۵ ^{ab}±۱/۵	۸۱/۲ ^{a}±۱/۴
مخلوط ۱ [1]	۶۷/۳^{c}	۷۶/۷ ^{b}±۲/۰	۸۳ ^{a}±۱/۲	۸۶/۵ ^{a}±۱/۱
مخلوط ۲ [1]	۶۷/۳^{c}	۷۵/۸ ^{b}±۱/۶	۸۲ ^{a}±۲/۲	۸۵/۷ ^{a}±۱/۲۶
مخلوط ۳ [1]	۶۷/۳^{c}	۷۵/۵ ^{b}±۱/۹	۷۹/۲ ^{ab}±۱/۳	۸۳ ^{a}±۲/۱
میانگین	۶۷/۳^{d}	۷۵/۶ ^{c}	۸۰/ ۴^{b}	۸۵/۲ ^{a}
اثر نوع چربی	*			
سطح چربی	**			
نوع چربی در سطح چربی	NS			

۱- مخلوط ۱ شامل ۲۵ درصد چربی حیوانی و ۷۵ درصد روغن پنبه دانه، مخلوط ۲ شامل نسبت مساوی از این دو چربی و مخلوط ۳ شامل ۷۵ درصدچربی حیوانی و ۲۵ درصد روغن پنبه دانه

۲- میانگین± خطای معیار

a,b,c – میانگین های هر ردیف یا ستون با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند (P< ۰/۰۵).

NS- اثر معنی دار نیست.

(جدول ۷)- معادلات پیشنهادی جهت برآورد انرژی قابل سوخت و ساز حقیقی تصحیح شده برای نیتروژن چربیها به کمک ترکیبات شیمیایی در جوجه‌های گوشتی در سن ٤٢ روزگی

متغیرها	مقدار برآورد شده	خطای استاندارد	احتمال	ضریب تشخیص (R^2)
اینترسپت	-۳۸۵۰۳۱۹	۲۳۰۴۶۷	*	۰/۹۹۹
قابلیت سوخت و ساز حقیقی ماده خشک جیره‌های آزمایشی	۱۴۸/۷۹	۵/۶	*	
اسید الئیک	۲۹/۱	۴/۷	۰/۱	
انرژی خام	۴۰۴/۳	۲۴/۲	*	
اینترسپت	۲۳۶۹۳	۴۳۹۳/۷	*	۰/۹۸
اسید استئاریک	-۱۳۸۰/۱	۳۱۰/۸	*	
نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع	-۴۴۸۶/۳۵	۱۵۰۶/۶	۰/۰۹	
اینترسپت	۳۱۳۵۰	۳۱۳۴/۴	***	۰/۹۴۶
اندیس صابونی	-۱۱۳	۱۵/۶	***	

*معنی دار در سطح ۰/۰۵، ** معنی دار در سطح ۰/۰۱، *** معنی دار در سطح ۰/۰۰۱

منابع

۱- انجمن ملی تحقیقات امریکا. ۱۳۷۵. احتیاجات غذایی طیور ۱۹۹۴ میلادی. ترجمه ا. گلیان و م. سالارمعینی. سازمان اقتصادی کوثر.

۲- گلیان، ا. و م. سالارمعینی .۱۳۷۵. بررسی امکان استفاده از انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت در جیره نویسی طیور. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۷ شماره یک.

۳- لیسون ، اس. و ج. د. سامرز. ۱۳۸۸. تغذیه طیور. ویراست سوم. ترجمه ا. گلیان، م. سالارمعینی و م. مظهری. شرکت پژوهش و توسعه کشاورزی کوثر.

۴- لیسون اس. و جی دی سامرز. ۱۳۸۵. تغذیه مرغ اسکات. ترجمه ج. پوررضا، ق. صادقی و م. مهری. انتشارات ارکان دانش.
۵- سالارمعینی، م. و ا. گلیان .۱۳۸۱. بررسی اثرات سطح استفاده و درجه اشباعیت چربیها بر میزان انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت آن‌ها در خروسهای بالغ لگهورن. مجله علوم و صنایع کشاورزی . جلد ۱۶ شماره ۱.
۶- سالارمعینی، م. ، ا. گلیان و ح. کرمانشاهی .۱۳۸۴. بررسی اثرات سطح استفاده و درجه اشباعیت چربیها بر میزان انرژی قابل متابولیسم حقیقی تصحیح شده برای ازت آن‌ها در سنین پایین در جوجه‌های گوشتی. مجله دانش کشاورزی . جلد ۱۵ شماره ۳.
7- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th edn. Washington, DC, AOAC.
8- Fuller, H. L. and N. M. Dale. 1982. Effect of ratio of basal diet fat to test fat on the TME of test fat. Poult. Sci. 61:914-918.
9- Huyghebaert, G., G. De Munter, and G. De Groote. 1988. The ME of fats for broiler in relation to their chemical composition. Anim. Feed. Sci. Technol. 20:45-58.
10- Meng, X., B. A. Slominski and W. Guenter. 2004. The effect of fat type, carbohydrase and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. Poult. Sci. 83: 1718-27.
11- Mossab, A., J. M. Hallouis and M. Lessire. 2000. Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. Poult. Sci. 79: 1326-31.
12- Salarmoini, M. and A. Golian. 2009. Effect of dietary calcium levels on true metabolizable energy value of various fat sources determined by precision fed rooster assay. J. Anim. Vet. Advan. 8: 1152-1156.
13- SAS Institute, 1998. SAS/STAT User's guide: 1998 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
14- Sibbald, I. R., and J. K. G. Kramer. 1977. The TME values of fats and fat mixtures. Poult. Sci. 56:2079-2086.
15- Sibbald, I. R., and J. K. G. Kramer. 1980. The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of TME. Poult. Sci. 59: 316-324.
16- Sibbald, I. R. 1986. The TME system of feed evaluation: Methodology, feed composition data and bibliography. Research Branch Contribution 86-4E. Animal Research Centre. Agriculture Canada.
17- Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1967. Statistical methods. 6th ed. Iowa State University Press, Ames, IA.
18- Vila, B. and E. Steve-Garcia. 1996a. Studies on acid oils and fatty acids for chickens. II. Effect of free fatty acid content and degree of saturation of free fatty acids and neutral fat on fatty acid digestibility. Br. Poult. Sci. 37:119-130.
19- Vila, B. and E. Steve-Garcia. 1996b. Studies on acid oils and fatty acids for chickens. III. Effect of chemical composition on ME of by-products of vegetable oil refininig. Br. Poult. Sci. 37:131-144.
20- Wiseman, J., 1984. Assessment of the digestive and metabolisable energy of fats for non-ruminants. *In:* J. Wiseman, Fats in animal nutrition. Butterworths, London. Pages: 277-299.
21- Wiseman, J., D. J. A. Cole , F. G. Perry, B. G. Vernon and B. C. Cooke. 1986. Apparent metabolisable energy values of fats for broiler chicks. Br. Poult. Sci. 27:561-576.
22- Wiseman, J., and M. Lessire. 1987. Interactions between fats of differing chemical contents. Br. Poult. Sci. 28:663-672.
23- Wiseman, J., 1990. Variability in the nutritive value of fats for nonruminants. *In:* J. Wiseman and D.J.A. Cole. Feedstuff evaluation. Butterworths. London. Pages:215-235.
24- Wiseman, J., F. Salvador and J. Craigon. 1991. Prediction of the apparent metabolizable energy of fats fed to broiler chickens. Poult. Sci. 70:1527-1533.
25- Zheng, C. T., H. Jorgensen, C. E. Hoy and K. Jakobsen. 2006. Effects of increasing dietary concentrations of specific structured triacylglycerides on performance and nitrogen and energy metabolism in broiler chickens. Br. Poult. Sci. 47: 180-9.