

## تأثیر سطوح مختلف کراتین منوهیدرات و مقدار پروتئین جیره بر عملکرد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی

ارسلان نباتی<sup>۱</sup>، سید داود شریفی<sup>۲\*</sup> و شکوفه غضنفری<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. کارشناس ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۱۱)

### چکیده

تأثیر سطوح مختلف کراتین منوهیدرات و پروتئین جیره بر عملکرد و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی با استفاده از ۳۲۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۲×۴ با دو سطح پروتئین (توصیه کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ و ۱۰ درصد بیشتر از آن) و چهار سطح کراتین منوهیدرات (صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد جیره) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه (به نسبت مساوی از هر دو جنس) در هر تکرار بررسی شد. صفات مربوط به عملکرد در پایان دوره‌های پرورشی شامل آغازین (۰-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) اندازه‌گیری شد. در پایان دوره آزمایش پس از کشتار، فراسنجه‌های کیفی گوشت نظیر تغییرات pH، پایداری در برابر اکسیداسیون و ظرفیت نگهداری آب در گوشت سینه و ران اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در کل دوره پرورش (۰-۴۲ روزگی) جیره‌های حاوی پروتئین بالاتر، بیشتر مصرف شدند و افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی بهتری را موجب شدند ( $P < 0/05$ ). جوجه‌هایی که جیره‌های حاوی ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات را دریافت کردند، افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتری داشتند ( $P < 0/05$ ). سطوح بالای پروتئین و کراتین منوهیدرات جیره، ظرفیت نگهداری آب گوشت سینه و ران را افزایش داد ( $P < 0/05$ ). pH گوشت و غلظت مالون‌دی‌آلدئید در گوشت سینه تحت تأثیر سطوح پروتئین و کراتین منوهیدرات جیره قرار نگرفت ( $P > 0/05$ ). بر اساس نتایج این آزمایش، با افزودن ۰/۳ درصد کراتین منوهیدرات به جیره‌های با سطح پروتئین توصیه‌شده یا ۱۰ درصد بیشتر، عملکرد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی بهبود می‌یابد.

**واژه‌های کلیدی:** جوجه گوشتی، ظرفیت نگهداری آب، عملکرد، کراتین منوهیدرات.

### مقدمه

کراتین از اجزای طبیعی در بافت بدن حیوانات است که در سوخت‌وساز انرژی نقش مهمی دارد. کراتین از مواد مغذی نیمه‌ضروری و مهم‌ترین مولکول در سوخت‌وساز انرژی سلول و ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت انرژی است. انرژی حاصل از آدنوزین تری‌فسفات اضافی در داخل سلول خیلی سریع در حضور کراتین می‌تواند به فسفوکراتین تبدیل شود که ترکیبی

پرانرژی است و در زمان نیاز به انرژی تجزیه می‌شود (Lemme *et al.*, 2007). گوانیدینو استیک اسید تنها پیش‌ماده مهم برای تولید کراتین در بدن است. گوانیدینو استیک اسید از اسیدهای آمینه گلیسین و آرژنین و تحت تأثیر آنزیم آرژنین-گلیسین آمیدینو ترانسفراز در کلیه ساخته می‌شود و سپس به کبد منتقل و به کراتین تبدیل می‌شود. کراتین در کبد توسط آنزیم گوانیدوآستات متیل ترانسفراز و با حضور

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۳۲۰ قطعه جوجه گاوشتی سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۲×۴ تغذیه شده با چهار سطح کراتین منوهیدرات تولید شرکت کارن (صفر، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد جیره) و دو سطح پروتئین خام (طبق کاتالوگ سویه راس ۳۰۸ و ۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ قطعه جوجه به مدت ۴۲ روز استفاده شد. جیره‌های آزمایشی برای سه دوره آغازین (۱۰-۰ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) با توجه به احتیاجات توصیه شده برای هیبرید تجاری راس ۳۰۸ توسط نرم افزار UFFAD تنظیم شدند (جدول ۱). در پایان هر دوره پرورش، خوراک مصرفی و وزن پرندگان، اندازه‌گیری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. از هر تکرار یک پرنده کشتار شد و تغییرات pH نمونه‌های گوشت سینه در چهار زمان متوالی (بلافاصله بعد کشتار و ۱، ۲ و ۳ ساعت بعد از زمان اول) و pH نمونه‌های گوشت ران، تنها در دو زمان (بعد از تفکیک لاشه و ۶ ساعت بعد) به کمک pH متر (مدل Metrohm pH 827) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری مقدار اکسیداسیون، از روش سریع، حساس و اختصاصی تیوباربیتوریک اسید (TBA)، برای تعیین پراکسیداسیون چربی در نمونه‌های گوشت سینه استفاده شد. برای ایجاد اکسیداسیون در نمونه‌های گوشت سینه از محلول ۱/۱۳۸ میلی‌مول سولفات آهن و ۰/۳۶۸ میلی‌مول اسید آسکوربیک استفاده شد (Botsoglou et al., 1994)؛ به‌گونه‌ای که ۱ گرم نمونه گوشت سینه به‌خوبی نرم و یکنواخت شد؛ ۱/۵ میلی‌لیتر محلول سولفات آهن و اسید آسکوربیک به آن افزوده شد و در زمان‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ دقیقه در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. یک نمونه هم بدون قرارگرفتن در معرض اکسیداسیون با محلول سولفات آهن و اسید آسکوربیک (زمان صفر) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بعد از طی مدت انکوباسیون، آزمایش مالون دی‌آلدئید برای نمونه‌ها اجرا شد. به این روش که ۴ میلی‌لیتر محلول

ATP، فسفریله شده و به فسفوکراتین تبدیل می‌شود (Mohammadi, 2008). کراتین موجود در جیره، قابلیت استفاده بیولوژیک بسیار بالایی دارد. کراتین هنگام عبور از دستگاه گوارش، کامل و دست‌نخورده و مستقیم وارد جریان خون می‌شود (Volek et al., 2008) و بافت‌هایی از قبیل ماهیچه‌های اسکلتی، قلب و مغز بر حسب نیاز آن را دریافت می‌کنند (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). مکمل‌سازی جیره‌های خالص گیاهی با کراتین و تنها پیش‌ماده طبیعی آن یعنی گوانیدینواستیک اسید، سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک و همچنین افزایش وزن می‌شود. جیره‌های گیاهی در مقایسه با جیره‌های حاوی محصولات فرعی حیوانی مثل پودر ماهی دارای عملکرد پایین‌تری هستند که این تفاوت عملکرد تا حد زیادی توسط مکمل‌سازی با کراتین و پیش‌ساز آن برطرف می‌شود (Ringel et al., 2007). گزارش شده است که با افزودن گوانیدینواستیک اسید به جیره جوجه گاوشتی، ضریب تبدیل خوراک و بازده مصرف مواد مغذی و انرژی بهبود می‌یابد (Lemme et al., 2007a). نشان داده شده است که افزودن اسید آمینه گلایسین به جیره‌هایی با سطوح کم پروتئین سبب بهبود عملکرد جوجه‌ها می‌شود (Waldroup et al., 2005). افزودن کراتین منوهیدرات به جیره خوک قبل از کشتار، سبب کاهش تدریجی pH لاشه بعد از کشتار می‌شود و اثر مثبتی بر ظرفیت نگهداری آب (کاهش خروج شیرابه گوشت) دارد (Young et al., 2005; James et al., 2002; Berg & Allee, 2001).

طبق مقالات و گزارش‌های موجود، کراتین سبب بهبود راندمان خوراک، افزایش حرکت آب از خون به داخل ماهیچه‌های اسکلتی و بزرگ‌شدن ماهیچه و همچنین سبب افزایش در کل وزن بدن می‌شود. به نظر می‌رسد مکمل‌سازی جیره با کراتین منوهیدرات، به‌ویژه در جیره‌هایی که بر پایه ترکیبات گیاهی تنظیم می‌شوند، می‌تواند باعث بهبود رشد و راندمان تولید شود. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر سطوح مختلف کراتین منوهیدرات و سطح پروتئین جیره بر عملکرد جوجه‌های گاوشتی و کیفیت گوشت بود.

آب یخ خنک شدند. غلظت MDA<sup>۳</sup> محلول‌های حاصل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۱/۵ نانومتر قرائت شد (Botsoglou et al., 1994). برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب، ابتدا ۱ گرم نمونه گوشت تازه، ۴ دقیقه در ۱۵۰۰ دور سانتریفیوژ شد. نمونه‌ها پس از توزین ۱۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. ظرفیت نگهداری آب به کمک رابطه زیر محاسبه شد (Castellini et al., 2002):

TCA<sup>۱</sup> و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول BHT<sup>۲</sup> روی نمونه‌ها ریخته شد. سپس نمونه‌ها ۳۰ ثانیه با دور بالا ورتکس شدند و همین مدت در بن‌ماری اولتراسوند قرار گرفتند. بعد ۳ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند. سپس لایه هگزان فوقانی دور ریخته شد و فاز آبی با کاغذ واتمن نمره یک صاف شد. فاز آبی با محلول TCA به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۳ میلی‌لیتر محلول TBA به نمونه‌ها افزوده شد و ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به‌سرعت در

$$\text{ظرفیت نگهداری آب (درصد)} = \frac{\text{وزن پس از خشک کردن (گرم)} - \text{وزن بعد از سانتریفیوژ (گرم)}}{\text{وزن اولیه (گرم)}} \times 100$$

جدول ۱. ترکیب جیره‌های استفاده‌شده در دوره‌های آغازین (۱۰-۰ روزگی) و رشد (۲۴-۱۱ روزگی)

دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی)				دوره آغازین (۱۰-۰ روزگی)				پروتئین جیره (درصد)								
۲۲/۳۷				۲۰/۳۰				۲۳/۶۰				۲۱/۴۶				
۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	سطوح کراتین (درصد)
۵۳/۸۳	۵۳/۸۵	۵۳/۸۶	۵۳/۸۷	۵۸/۴۲	۵۸/۴۲	۵۸/۴۲	۵۸/۴۲	۵۰/۶۷	۵۰/۶۷	۵۰/۶۸	۵۰/۶۹	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	۵۵/۴۸	مواد خوراکی (درصد)
۳۴	۳۴/۶۳	۳۵/۲۷	۳۵/۵۸	۳۲/۱۵	۳۲/۱۸	۳۲/۸۲	۳۲/۸۲	۳۷/۸۱	۳۸/۴۵	۳۹/۰۹	۳۹/۴۰	۳۵/۸۶	۳۶/۵۰	۳۷/۱۵	۳۷/۴۷	ذرت
۶/۲۴	۵/۷۹	۵/۳۴	۵/۱۲	۳/۳۵	۲/۹۳	۲/۹۲	۲/۹۲	۵/۹۳	۵/۵۱	۵/۰۷	۴/۸۴	۲/۸۲	۲/۴۱	۱/۹۹	۱/۷۹	کنجاله سویا
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	گلوتن ذرت
۱/۲۸	۱/۲۸	۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۳۳	۱/۳۲	۱/۴۶	۱/۵۳	۱/۶۶	۱/۶۶	۱/۶۵	۱/۶۵	۱/۷۱	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	روغن گیاهی (آفتابگردان)
۱/۳۶	۱/۳۶	۱/۳۷	۱/۳۷	۱/۳۶	۱/۳۶	۱/۴۱	۱/۴۴	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۴	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۵۳	۱/۵۳	دی کلسیم فسفات
۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	سنگ آهک
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	کراتین منوهیدرات
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل ویتامینی
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	مکمل معدنی
۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰	۰	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۷	دی‌ال-متیونین
۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	ال-لایزین هیدروکلراید
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	نمک طعام
۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	جمع
۲۲/۳۷	۲۲/۳۷	۲۲/۳۷	۲۲/۳۷	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۰/۳۰	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۳/۶۰	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	۲۱/۴۶	مواد مغذی محاسبه‌شده
۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)
۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۱	پروتئین خام (درصد)
۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۹	کلسیم (درصد)
۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۳۹	فسفر (درصد)
																متیونین (درصد)
																لایزین (درصد)

3. Malondialdehyde

1. Trichloroacetic acid

2. Butylated Hydroxy Toluene

ادامه جدول ۱. ترکیب جیره‌های استفاده‌شده در دوره‌های آغازین (۱۰-۰ روزگی) و رشد (۲۴-۱۱ روزگی)

پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)								
۲۰/۲۴				۱۸/۴۰				پروتئین جیره (درصد)
۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	سطوح کراتین (درصد)
								مواد خوراکی (درصد)
۵۹/۳۴	۵۹/۳۵	۵۹/۳۷	۵۹/۳۸	۶۳/۴۲	۶۳/۴۲	۶۳/۴۳	۶۳/۴۴	ذرت
۲۹/۴۰	۳۰/۰۳	۳۰/۶۶	۳۰/۹۸	۲۷/۷۶	۲۸/۴۰	۲۹/۰۳	۲۹/۳۵	کنجاله سویا
۵/۱۹	۴/۷۴	۴/۳۰	۴/۰۷	۲/۶۲	۲/۲۰	۱/۷۶	۱/۵۳	گلوتن ذرت
۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	روغن آفتابگردان
۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۳	۱/۲۳	دی کلسیم فسفات
۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۹	سنگ آهک
۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۰	۰	کراتین منوهیدرات
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل ویتامینی <sup>۱</sup>
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل معدنی <sup>۲</sup>
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	دی ال - متیونین
۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰	ال - لایزین هیدروکلراید
۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	نمک طعام
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع
								مواد مغذی محاسبه‌شده
۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)
۲۰/۲۴	۲۰/۲۴	۲۰/۲۴	۲۰/۲۴	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	پروتئین خام (درصد)
۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	کلسیم (درصد)
۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	فسفر (درصد)
۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	متیونین (درصد)
۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۶	لایزین (درصد)

۱. هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی ۴۴۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۷۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۱۴۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K، ۶۴۰ میلی‌گرم کوبالامین، ۶۱۲ میلی‌گرم تیماین، ۳۰۰۰ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۴۸۹۶ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۱۲۱۶۰ میلی‌گرم نیاسین، ۶۱۲ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۲۰۰۰ میلی‌گرم بیوتین و ۲۶۰ گرم کولین کلراید است.  
 ۲. هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی ۶۴/۵ گرم منگنز، ۳۳/۸ گرم روی، ۱۰۰ گرم آهن، ۸ گرم مس، ۶۴۰ میلی‌گرم ید، ۱۹۰ میلی‌گرم کبالت و ۸ گرم سلنیوم است.

و افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل بهتری داشتند ( $P < 0.05$ ؛ جدول ۲). در توافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که استفاده از سطوح مختلف کراتین منوهیدرات و گوانیدینو استیک اسید در جیره خوک و جوجه گوشتی، بر خوراک مصرفی تأثیری ندارد (Maddock et al., 2002; Ringel et al., 2007). جوجه‌هایی که جیره‌های حاوی ۰/۳ و ۰/۵ درصد کراتین منوهیدرات را دریافت کردند، افزایش وزن بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتری در مقایسه با جوجه‌های مربوط به جیره‌های فاقد کراتین و جیره حاوی ۰/۱ درصد کراتین منوهیدرات داشتند ( $P < 0.05$ ). در کل دوره اثر متقابل پروتئین × کراتین منوهیدرات بر مصرف

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS برای مدل آماری رابطه ۱ تجزیه شدند و میانگین تیمارهای آزمایشی توسط آزمون دانکن مقایسه شد.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

که  $Y_{ijk}$  مقدار هر مشاهده،  $\mu$  میانگین جامعه،  $A_i$  اثر سطح پروتئین،  $B_j$  اثر سطح کراتین منوهیدرات،  $(AB)_{ij}$  اثر متقابل پروتئین و کراتین منوهیدرات جیره و  $\varepsilon_{ijk}$  خطای آزمایش است.

## نتایج و بحث

در کل دوره پرورش (۲۲-۰ روزگی) پرندگان از جیره‌های حاوی سطح بالاتر پروتئین، مقدار بیشتری مصرف کردند

تعادل آن‌ها، علت عملکرد بهتر جوجه‌های گوشتی با افزایش سطح پروتئین در جیره باشد. بهبود عملکرد با افزایش سطح کراتین منوهیدرات در جیره، نقش مهم کراتین منوهیدرات در رسیدن جوجه‌های گوشتی به رشد مطلوب و استفاده از مواد مغذی را نشان می‌دهد. ظاهراً تولید داخلی کراتین منوهیدرات در کبد و کلیه جوجه‌های گوشتی برای رشد مطلوب کافی نیست (Ringel *et al.*, 2007). نتایج این تحقیق با گزارش Ringel *et al.* (2007) مبنی بر بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی با افزایش سطح کراتین منوهیدرات (۰/۰۴، ۰/۰۸ و ۰/۱۲ درصد) در جیره‌های خالص گیاهی مطابقت داشت. همچنین Lemme *et al.* (2007) بهبود ضریب تبدیل خوراک و اختلاف معنادار در افزایش وزن را در بین سطوح گوانیدینو استیک اسید در کل دوره پرورش گزارش کردند.

خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی معنادار نبود. با این حال، نتایج داده‌ها نشان داد که در این دوره پرندگان تغذیه‌شده با سطوح بالای کراتین منوهیدرات و پروتئین، مصرف خوراک بیشتر، افزایش وزن و ضریب تبدیل بهتری داشتند. نتایج این تحقیق در ارتباط با اثرات سطوح پروتئین بر عملکرد، با Golian *et al.* (2010)، Pourreza (2007)، Waldroup *et al.* (2005) و Faria Filho *et al.* (2005) موافق است. Pourreza (2007) گزارش کرد که با افزایش سطح پروتئین جیره، افزایش وزن و مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی بهبود می‌یابد که علت این امر افزایش مقدار لیزین و سایر اسیدهای آمینه ضروری با افزایش سطح پروتئین جیره است. با توجه به یکسان بودن مقدار اسیدهای آمینه لیزین و متیونین جیره‌ها در این آزمایش، احتمال می‌رود افزایش سطح سایر اسیدهای آمینه در جیره و بهبود

جدول ۲. اثر کراتین منوهیدرات و مقدار پروتئین جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش (۴۲ - روزگی)

منابع تغییرات			P- Value	خوراک مصرفی (گرم)		افزایش وزن (گرم)		ضریب تبدیل خوراک	
پروتئین	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱		۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱
کراتین	۰/۳۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	
پروتئین × کراتین	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۷	
تأثیرات اصلی									
پروتئین	۹۳/۰۷ <sup>b</sup>	۴۹/۷۲ <sup>b</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	۴۹/۷۲ <sup>b</sup>	۴۹/۷۲ <sup>b</sup>	۴۹/۷۲ <sup>b</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	
طبق کاتالوگ	۹۳/۹۸ <sup>a</sup>	۵۱/۲۹ <sup>a</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	۵۱/۲۹ <sup>a</sup>	۵۱/۲۹ <sup>a</sup>	۵۱/۲۹ <sup>a</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	
۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۰۱	
SEM									
کراتین (درصد)									
صفر	۹۳/۲۷	۴۹/۳۷ <sup>b</sup>	۱/۸۸ <sup>a</sup>	۴۹/۳۷ <sup>b</sup>	۴۹/۳۷ <sup>b</sup>	۴۹/۳۷ <sup>b</sup>	۱/۸۸ <sup>a</sup>	۱/۸۸ <sup>a</sup>	
۰/۱	۹۳/۳۴	۴۹/۸۹ <sup>b</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	۴۹/۸۹ <sup>b</sup>	۴۹/۸۹ <sup>b</sup>	۴۹/۸۹ <sup>b</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	
۰/۳	۹۳/۶۱	۵۱/۲۸ <sup>a</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	۵۱/۲۸ <sup>a</sup>	۵۱/۲۸ <sup>a</sup>	۵۱/۲۸ <sup>a</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	۱/۸۳ <sup>b</sup>	
۰/۵	۹۳/۸۷	۵۱/۴۷ <sup>a</sup>	۱/۸۲ <sup>b</sup>	۵۱/۴۷ <sup>a</sup>	۵۱/۴۷ <sup>a</sup>	۵۱/۴۷ <sup>a</sup>	۱/۸۲ <sup>b</sup>	۱/۸۲ <sup>b</sup>	
SEM									
تأثیرات متقابل									
پروتئین	۹۲/۶۷	۴۸/۷۷	۱/۹	۴۸/۷۷	۴۸/۷۷	۴۸/۷۷	۱/۹	۱/۹	
طبق کاتالوگ	۹۲/۸۲	۴۹/۱۹	۱/۸۸	۴۹/۱۹	۴۹/۱۹	۴۹/۱۹	۱/۸۸	۱/۸۸	
طبق کاتالوگ	۹۳/۲۶	۵۰/۴۲	۱/۸۴	۵۰/۴۲	۵۰/۴۲	۵۰/۴۲	۱/۸۴	۱/۸۴	
طبق کاتالوگ	۹۳/۵۳	۵۰/۵۱	۱/۸۵	۵۰/۵۱	۵۰/۵۱	۵۰/۵۱	۱/۸۵	۱/۸۵	
۱۰ درصد بیشتر	۹۳/۸۶	۴۹/۹۸	۱/۸۷	۴۹/۹۸	۴۹/۹۸	۴۹/۹۸	۱/۸۷	۱/۸۷	
۱۰ درصد بیشتر	۹۳/۸۷	۵۰/۶۰	۱/۸۵	۵۰/۶۰	۵۰/۶۰	۵۰/۶۰	۱/۸۵	۱/۸۵	
۱۰ درصد بیشتر	۹۳/۹۷	۵۲/۱۴	۱/۸	۵۲/۱۴	۵۲/۱۴	۵۲/۱۴	۱/۸	۱/۸	
۱۰ درصد بیشتر	۹۴/۲۲	۵۲/۴۳	۱/۷۹	۵۲/۴۳	۵۲/۴۳	۵۲/۴۳	۱/۷۹	۱/۷۹	
SEM									
۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۰۲	

a-b. تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنادار است ( $P < 0/05$ ).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

بالای کراتین منوهیدرات، pH بیشتری در زمان‌های مختلف داشتند. اثر متقابل سطح پروتئین×کراتین منوهیدرات بر pH در زمان‌های مختلف برای نمونه‌های گوشت سینه و ران معنادار نبود (جدول ۳).

سطوح مختلف پروتئین و همچنین کراتین منوهیدرات در جیره، بر pH گوشت سینه و ران در زمان‌های مختلف اثری نداشت. با گذشت زمان روند تغییرات pH کاهش بود، ولی گوشت سینه و ران پرنده‌های تغذیه‌شده با سطح بالای پروتئین و سطوح

جدول ۳. اثر کراتین منوهیدرات و مقدار پروتئین جیره بر pH گوشت سینه (بلافاصله بعد از کشتار و ۱، ۲ و ۳ ساعت بعد از کشتار) و گوشت ران (بلافاصله بعد از کشتار و ۶ ساعت بعد از کشتار) در جوجه‌های گوشتی

pH ران		pH سینه				زمان (ساعت بعد از کشتار) ←	منابع تغییرات
صفر	۶ ساعت	۳ ساعت	۲ ساعت	۱ ساعت	صفر		
<i>P value</i>							
۰/۰۷	۰/۲۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۵	پروتئین	
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۲	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۱	کراتین	
۰/۷۶	۰/۵۶	۰/۷	۰/۸۵	۰/۶۹	۰/۹۰	پروتئین × کراتین	
تأثیرات اصلی							
پروتئین							
۶/۰۶	۶/۱۵	۵/۷۶	۵/۸۴	۵/۹۲	۶/۱۷	طبق کاتالوگ	
۶/۱۲	۶/۱۸	۵/۸۲	۵/۹۱	۵/۹۹	۶/۲۰	۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ	
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	SEM	
کراتین (درصد)							
۶/۰۳	۶/۰۹	۵/۷۵	۵/۸۲	۵/۹	۶/۱۶	صفر	
۶/۰۸	۶/۱۷	۵/۷۷	۵/۸۵	۵/۹۵	۶/۱۷	۰/۱	
۶/۱۲	۶/۱۸	۵/۸۱	۵/۸۹	۵/۹۷	۶/۲۰	۰/۳	
۶/۱۵	۶/۲۲	۵/۸۴	۵/۹۳	۶/۰۲	۶/۲۲	۰/۵	
۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۳	SEM	
تأثیرات متقابل							
						کراتین (درصد)	پروتئین
۵/۹۸	۶/۰۳	۵/۷۱	۵/۷۸	۵/۸۳	۶/۱۴	صفر	طبق کاتالوگ
۶/۰۴	۶/۱۶	۵/۷۳	۵/۸۲	۵/۹۲	۶/۱۶	۰/۱	طبق کاتالوگ
۶/۱۱	۶/۱۸	۵/۷۹	۵/۸۴	۵/۹۳	۶/۱۹	۰/۳	طبق کاتالوگ
۶/۱۳	۶/۲۱	۵/۸۳	۵/۹۲	۶/۰۱	۶/۲۱	۰/۵	طبق کاتالوگ
۶/۰۸	۶/۱۵	۵/۸	۵/۸۵	۵/۹۷	۶/۱۸	صفر	۱۰ درصد بیشتر
۶/۱۲	۶/۱۸	۵/۸۱	۵/۸۹	۵/۹۸	۶/۱۹	۰/۱	۱۰ درصد بیشتر
۶/۱۴	۶/۱۹	۵/۸۲	۵/۹۴	۶	۶/۲۱	۰/۳	۱۰ درصد بیشتر
۶/۱۶	۶/۲۳	۵/۸۴	۵/۹۵	۶/۰۳	۶/۲۲	۰/۵	۱۰ درصد بیشتر
۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۴		SEM

a-b تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنادار است ( $P < 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

فسفوکراتین به عنوان بافر عمل می‌کند، به طوری که انرژی حاصل از گلیکولیز را به تأخیر می‌اندازد. در نتیجه این امکان وجود دارد که در برابر تجمع اسید لاکتیک مقاوم باشد (Hultman & Sjöholm, 1983).

در توافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که استفاده از سطوح مختلف پروتئین در جیره جوجه‌های گوشتی، بر pH گوشت سینه و ران اثری ندارد (Niu et al., 2009). گزارش شده است که

کشتار به عوامل زیادی از قبیل مقدار پراکسیدان‌های گوشت (میوگلوبین، آهن و فلزات دیگر)، سطوح آنتی‌اکسیدان‌های گوشت (آلفاتوکوفرول، دی‌پیتیدهای حاوی هیستیدین و آنزیم‌هایی از قبیل گلوکاتایون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز)، مقدار چربی گوشت و پروفیل اسیدهای چرب آن، نحوه و سطح عمل‌آوری گوشت (قطعه‌قطعه شده، چرخ‌شده و حرارت‌دیده) و شرایط بسته‌بندی (نور، مدت زمان نگهداری، دما و نحوه ذخیره‌سازی) بستگی دارد (Jenson *et al.*, 1998).

سطوح پروتئین و کراتین منوهیدرات در جیره، بر مقدار مالون دی‌آلدئید به عنوان شاخص حساسیت به اکسیداسیون اثری نداشت ولی داده‌ها بیانگر افزایش غیرمعنادار در مقدار مالون دی‌آلدئید در گوشت سینه با افزایش سطح کراتین منوهیدرات جیره بودند؛ در حالی که با افزایش سطح پروتئین جیره مقدار مالون دی‌آلدئید گوشت کاهش غیرمعنادار یافت. اثر متقابل پروتئین × کراتین منوهیدرات بر مقدار مالون دی‌آلدئید گوشت سینه معنادار نبود (جدول ۴).  
به‌طور کلی پیشرفت اکسیداسیون گوشت بعد از

جدول ۴. اثر کراتین منوهیدرات و مقدار پروتئین جیره بر مقدار مالون دی‌آلدئید (میکروگرم در گرم) گوشت سینه در جوجه‌های گوشتی

زمان در انکوباتور (دقیقه)				P value	منابع تغییرات
زمان (۱۵۰)	زمان (۱۰۰)	زمان (۵۰)	زمان صفر		
۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۷		پروتئین
۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۶		کراتین
۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۸۹		پروتئین × کراتین
تأثیرات اصلی					
پروتئین					
۱/۷۸	۱/۷۱	۱/۵۸	۰/۶۴		طبق کاتالوگ
۱/۷۵	۱/۶۹	۱/۵۵	۰/۶۳		۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۳		SEM
کراتین (درصد)					
۱/۷۳	۱/۶۷	۱/۵۳	۰/۶۳۵		صفر
۱/۷۵	۱/۶۹	۱/۵۵	۰/۶۳۸		۰/۱
۱/۷۸	۱/۷۱	۱/۵۷	۰/۶۳۹		۰/۳
۱/۸۰	۱/۷۲	۱/۵۹	۰/۶۴۳		۰/۵
۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۴		SEM
تأثیرات متقابل					
				کراتین (درصد)	
۱/۷۴	۱/۶۸	۱/۵۴	۰/۶۳۶	صفر	طبق کاتالوگ
۱/۷۶	۱/۷۰	۱/۵۶	۰/۶۴۱	۰/۱	طبق کاتالوگ
۱/۷۹	۱/۷۲	۱/۵۹	۰/۶۴۲	۰/۳	طبق کاتالوگ
۱/۸۱	۱/۷۳	۱/۶۱	۰/۶۴۴	۰/۵	طبق کاتالوگ
۱/۷۱	۱/۶۷	۱/۵۲	۰/۶۳۵	صفر	۱۰ درصد بیشتر
۱/۷۴	۱/۶۸	۱/۵۴	۰/۶۳۶	۰/۱	۱۰ درصد بیشتر
۱/۷۷	۱/۷۰	۱/۵۵	۰/۶۳۷	۰/۳	۱۰ درصد بیشتر
۱/۷۹	۱/۷۱	۱/۵۸	۰/۶۴۲	۰/۵	۱۰ درصد بیشتر
۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۰۶		SEM

a-b تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنادار است ( $P < 0/05$ ).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

دادند مکمل‌سازی با کراتین سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود، هم‌خوانی دارد. اثر متقابل پروتئین × کراتین منوهیدرات بر ظرفیت گوشت سینه و ران در نگهداری آب معنادار نبود. با این حال، داده‌ها نشان دادند که پرنده‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی پروتئین ۱۰ درصد بالاتر از کاتالوگ و سطوح بالای کراتین منوهیدرات، بیشترین ظرفیت گوشت سینه و ران را در نگهداری آب داشتند (جدول ۵).

افزایش پروتئین جیره سبب افزایش معنادار ظرفیت نگهداری آب گوشت سینه و ران شد ( $P < 0.05$ ). سطح کراتین منوهیدرات در جیره، ظرفیت نگهداری آب را در گوشت سینه و ران افزایش داد ( $P < 0.05$ ). این با نتایج Young *et al.* (2004) که نشان دادند مکمل‌سازی با کراتین سبب کاهش ظرفیت نگهداری آب در عضله سینه می‌شود، مخالف است اما با نتایج O'Quinn *et al.* (2000) که نشان

جدول ۵. اثر کراتین منوهیدرات و مقدار پروتئین جیره بر ظرفیت نگهداری آب در نمونه گوشت سینه و ران در جوجه‌های گوشتی

منابع تغییرات		P value	گوشت سینه (درصد)		گوشت ران (درصد)	
پروتئین				۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	
کراتین			۰/۰۰۲	۰/۰۰۱		
پروتئین × کراتین			۰/۶۳	۰/۵۴		
تأثیرات اصلی						
پروتئین						
طبق کاتالوگ			۶۵/۶۳ <sup>b</sup>	۷۰/۴۱ <sup>b</sup>		
۱۰ درصد بیشتر از کاتالوگ			۶۶/۳۷ <sup>a</sup>	۷۱/۷۶ <sup>a</sup>		
SEM			۰/۲۸	۰/۲۲		
کراتین (درصد)						
صفر			۶۵/۴۵ <sup>c</sup>	۷۰/۲۲ <sup>b</sup>		
۰/۱			۶۵/۷۱ <sup>bc</sup>	۷۰/۴۵ <sup>b</sup>		
۰/۳			۶۶/۱۸ <sup>ab</sup>	۷۱/۶۲ <sup>a</sup>		
۰/۵			۶۶/۶۷ <sup>a</sup>	۷۲/۰۶ <sup>a</sup>		
SEM			۰/۳۹	۰/۳۲		
تأثیرات متقابل						
پروتئین		کراتین (درصد)				
طبق کاتالوگ		صفر	۶۵/۱۵	۶۹/۴۷		
طبق کاتالوگ		۰/۱	۶۵/۵۲	۶۹/۶۳		
طبق کاتالوگ		۰/۳	۶۵/۷۲	۷۱/۱۲		
طبق کاتالوگ		۰/۵	۶۶/۱۴	۷۱/۴۳		
۱۰ درصد بیشتر		صفر	۶۵/۷۵	۷۰/۹۷		
۱۰ درصد بیشتر		۰/۱	۶۵/۹۰	۷۱/۲۷		
۱۰ درصد بیشتر		۰/۳	۶۶/۶۴	۷۲/۱۳		
۱۰ درصد بیشتر		۰/۵	۶۷/۲۰	۷۲/۶۹		
SEM			۰/۵۶	۰/۴۵		

a-b: تفاوت ارقام در هر ستون با حروف غیرمشابه معنادار است ( $P < 0.05$ ).

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

آب روی پروتئین‌های ماهیچه منجر می‌شود. احیای گروه‌های فعال به این دلیل رخ می‌دهد که اسیدیتة ماهیچه به نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌های ماهیچه

تولید اسید لاکتیک و افزایش اسیدیتة پس از مرگ به واسطه شدن پروتئین، کاهش حلالیت پروتئین و روی هم رفته احیای گروه‌های فعال در اتصال



افزایش ظرفیت گوشت سینه و ران در نگهداری آب شده باشد. Maddock *et al.* (2002) بیان کردند که ظرفیت نگهداری آب ماهیچه می‌تواند تحت تأثیر pH، به‌علت نزدیک‌شدن به نقطه ایزوالکتریک، قرار بگیرد.

نتایج این آزمایش نشان داد که تکمیل جیره جوجه‌های گوشتی با کراتین منوهیدرات موجب بهبود عملکرد و کیفیت گوشت می‌شود. سطح بالاتر از نیاز پروتئین در جیره بر اثرگذاری کراتین منوهیدرات بر صفات کیفی گوشت تأثیری ندارد. مطالعات بیشتر در این خصوص ضروری است.

می‌رسد. در این اسیدیته، بارهای مثبت و منفی روی گروه‌های فعال پروتئین‌ها برابر هستند. توزیع مساوی بارها در گروه‌های فعال روی پروتئین و جذب آن‌ها توسط یکدیگر، به کاهش گروه‌هایی می‌انجامد که قادرند با گروه‌های باردار آب واکنش داده و قابلیت پروتئین‌ها در اتصال با آب را تحت تأثیر قرار دهند (Wismer-Pedersen, 1986).

این احتمال وجود دارد که بالابودن pH گوشت سینه و ران در جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی پروتئین بیشتر و سطوح بالای کراتین منوهیدرات، سبب

## REFERENCES

- Berg, E. P. & Allee, G. L. (2001). Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: I. A controlled laboratory experiment. *Journal of Animal Science*, 79, 3075-3080.
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiou, G. E., Vassilopoulos, V. N., Mantis, A. J. & Trakatellis A. G. (1994). Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff sample. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 42, 1931-1937.
- Castellini, C., Mugnai, C. & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 219-225.
- Cross, H. R., Durland, P. R. & Seideman, S. C. (1986). Sensory qualities of meat. In: P.J. Bechtel (ed.), *Muscle as Food*. Academic Press, New York, NY. Pages: 279-320.
- Faria Filho, D. E., Rosa, P. S., Vieira, B. S., Macari, M. & Furlan, R. L. (2005). Protein levels and environmental temperature effects on carcass characteristics, performance and nitrogen excretion of broiler chickens from 7 to 21 days of age. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(4), 247-253.
- Golian, A., Aami Azghadi, M. & Pilevar, M. (2010). Influence of various levels of energy and protein on performance and humoral immune responses in broiler chicks. *Journal Global Veterinaria*, 4 (5), 434-440.
- Hultman, E. & Sjöholm, H. (1983). Substrate availability. In: Knuttgen, H. G., J. A. Vogel, and J. Poortmans. (ed.), *Biochemistry of Exercise*. vol. 13. pp 63-75. Human kinetics Publ., Champaign, IL.
- Ingr, I. (1989). Meat quality: Defining the term by modern standards. *Fleisch*, 69, 1268-1277.
- James, B. W., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Tokach, M. D., Nelssen, J. L., Dritz, S. S., O'Quinn, P. R. & Andrews, B. S. (2002). Effect of creatine monohydrate on finishing pig growth performance, carcass characteristics and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 96, 135-145.
- Jenson, C., Lauridsen, C. & Bertelsen, G. (1998). Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. *Journal of Food Science and Technology*, 9, 62-72.
- Lemme, A., Ringel, J., Sterk, A. R. & Young, J. F. (2007a). Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers. *Proceedings 16th European Symposium on Poultry Nutrition*, 26.-30. August, Strasbourg, France.
- Maddock, R. J., Bidner, B. S., Carr, S. N., McKeith, F. K., Berg, E. P. & Savell, J. W. (2002). Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. *Journal of Animal Science*, 80, 997-1004.
- Mohammadi, R. (2008). Harper's illustrated biochemistry. 27<sup>th</sup> ed. (in Farsi)
- Niu, Z., Shi, J., Liu, F., Wang, X., Gao, C. & Yao, L. (2009). Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. *International Journal of Poultry Science*, 8 (5), 508-511.
- O'Quinn, P. R., Andrews, B. S., Goodband, R. D., Unruh, J. A., Nelssen, J. L., Woodworth, J. C., Tokach, M. D. & Owen, K. Q. (2000). Effects of modified tall oil and creatine monohydrate on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78, 2376-2382.
- Pourreza, J. (2007). The effect of different levels of crude protein and electrolyte balance on performance and body composition of broiler chickens. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Congress on Animal Nutrition Research*. (in Farsi)

17. Ringel, J., Lemme, A., Knox, A., McNab, J. & Redshaw, M. S. (2007). Effects of graded levels of creatine and guanidino acetic acid in vegetable-based diets on performance and biochemical parameters in muscle tissue. *Proceedings 16th European Symposium on Poultry Nutrition*, 26.-30. August, Strasbourg, France.
18. SAS Institute. (2003). SAS/STAT User's guide, release 9.1 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
19. Volek, J., Kevin, D., Ballard, M. S., Cassandra, E. & Forsythe, M. S. (2008). Overview of Creatine Metabolism. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10, 144 -167.
20. Waldroup, P. W., Jiang, Q. & Fritts, C. A. (2005). Effects of glycine and threonine supplementation on performance of broiler chicks fed diets low in crude protein. *International Journal of Poultry Science*, 4 (5), 250-257.
21. Wismer-Pedersen, J. (1986). Chemistry of animal tissues: Water in: The science of meat and meat products. Price, J. F., and Schweigert, B. S. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, CN. pp: 141-154.
22. Wyss, M. & Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological Reviews*, 80 (3), 1107-1213.
23. Young, J. F., Bertram, H. C., Rosenvold, K., Lindahl, G. & Oksbjerg, N. (2005). Dietary creatine monohydrate affects quality attributes of Duroc but not Landrace pork. *Meat Science*, 70, 717-725.
24. Young, J. F., Karlsson, A. H. & Henckel, P. (2004). Water-holding capacity in chicken breast muscle is enhanced by pyruvate and reduced by creatine supplements. *Poultry Science*, 83, 400-405.

## Effects of graded levels of creatine monohydrate and protein in diets on performance and meat quality of broilers

Arsalan Nabati<sup>1</sup>, Seyed Davood Sharifi<sup>2\*</sup> and Shokoufe Ghazanfari<sup>3</sup>

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Animal Science, College of Aburaihan, University of Tehran

(Received: Nov. 24, 2014 - Accepted: Jun. 1, 2015)

### ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effects of different levels of creatine and protein in diets on performance and meat quality of broiler chickens. A total of 320 day old Ross broiler chicks were used in a 2×4 factorial arrangement of dietary treatments comprised two levels of protein (Ross recommendation and 10% higher than recommendation) and four levels of creatine (0, 0.1, 0.3 and 0.5% of diet) in a completely randomized design with four replicates and 10 chicks per replicate. Performance characteristics were measured at the end of starter (0-10 d), grower (11-24 d) and finisher (25-42 d) periods. The concentration of MDA was measured in breast meat after induced oxidation by ferrous sulphate and ascorbic acid. pH and WHC were measured in breast and thigh meat at the end of period. The results showed that chicks fed on diets containing high level of protein had more feed intake and weight gain and showed better feed conversion ratio ( $P<0.05$ ). Body weight gain and feed conversion improved by increasing in the amount of dietary creatine ( $P<0.05$ ). Water holding capacity of the breast and thigh meat increased by increasing in dietary protein and creatine ( $P<0.05$ ). Also different levels of protein and creatine monohydrate had no significant effect on the pH and MDA contents of breast and thigh meat after slaughtering. The results obtained in this experiment indicate that creatine supplementation of broiler diets containing recommended protein level by manuals or 10% higher than it, improve growth performance and meat quality.

**Keywords:** broiler, creatine monohydrate, performance, water holding capacity.