مجله علوم دامی ایران
دوره ۴۴، شماره ۱، ۱۳۹۲ (۲۱-۹)

اثر فرآوری حرارتی بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های پروتئینی و گوارش‌پذیری بستر جوجه‌های گوشتی

مهدی بدیعی باغسیاه[۱]، یوسف روزبهان[۲*]، حسن فضائلی[۳] و جواد رضائی[۴]
۱، ۲، ۴، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۳، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، کرج
(تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۷ – تاریخ تصویب: ۹۱/۱۰/۳۰)

چکیده

به منظور سالم‌سازی و بهینه‌سازی استفاده از بستر جوجه گوشتی در تغذیه نشخوارکنندگان، اثر فراوری حرارتی در دو کارگاه فراوری سبزوار و سمنان بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های پروتئینی **CNCPS** و گوارش‌پذیری با روش تلی و تری مورد بررسی قرار گرفت. میانگین مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی‌سلولز، خاکستر، کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن، منگنز، مس و روی در نمونه‌های خام کارگاه سبزوار به‌ترتیب برابر ۸۳/۵ درصد از وزن تازه، ۲۶/۴، ۴۱/۳، ۱۴/۲، ۱۸/۶، ۱/۸۵، ۰/۹۷، ۰/۸، ۱/۰، ۰/۰۶۵ درصد ماده خشک، ۹۱۰/۷۵، ۳۳۲/۷۳، ۵۸/۱۴ و ۳۸۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. مقادیر مذکور در نمونه‌های فراوری‌شده به‌ترتیب برابر ۹۲/۹ درصد از وزن تازه، ۲۵/۵، ۴۶/۲، ۱۴/۴، ۱۸/۶، ۱/۷۴، ۰/۹۵، ۰/۷۲، ۰/۹۴، ۰/۰۶۲ درصد وزن خشک، ۱۰۲۹/۳، ۳۰۴/۲۵، ۵۴/۷۴ و ۳۷۹/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گردید. در کارگاه سمنان، میانگین ارقام مذکور در نمونه‌های خام برابر ۷۳/۲ درصد از وزن تازه، ۲۸/۸، ۴۲/۲، ۱۶/۰، ۱۷/۲، ۱/۹۲، ۱/۱۳، ۰/۶۱، ۱/۱، ۰/۰۳۶ درصد وزن خشک، ۱۳۲۸/۶، ۳۷۴/۰، ۵۲/۶۹ و ۳۴۵/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک، و پس از فراوری به‌ترتیب برابر ۸۲/۳ درصد از وزن تازه، ۲۸/۳، ۴۹/۱، ۱۸/۵، ۱۷/۸، ۱/۸۶، ۰/۹۴، ۰/۶۰، ۰/۸۷، ۰/۰۳۵ درصد وزن خشک، ۱۵۹۸/۲، ۳۳۸/۶۷، ۵۱/۱۵ و ۳۰۲/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود. بخش‌های پروتئینی **A**، **B_1**، **B_2**، **B_3** و **C** نمونه‌های خام کارگاه سبزوار به‌ترتیب برابر ۵۱/۸، ۱۸/۵، ۱۷/۱، ۷/۱۳ و ۵/۰۱ درصد پروتئین خام، و در کارگاه سمنان ۵۰/۳، ۱۱/۱، ۲۴/۶، ۹/۵۱ و ۵/۴ درصد پروتئین خام بود. طی فراوری در هر دو کارگاه مقادیر **A** و **B_1** کاهش، اما بخش‌های **B_2**، **B_3** و **C** افزایش یافت. گوارش‌پذیری آزمایشگاهی ماده خشک و ماده آلی و انرژی قابل متابولیسم در نمونه‌های خام کارگاه سبزوار به‌ترتیب برابر ۷۹۹ و ۷۹۸ گرم در کیلوگرم و ۹/۶۳ مگاژول درکیلوگرم ماده خشک، و در کارگاه سمنان ۷۸۰ و ۷۹۱ گرم در کیلوگرم و ۹/۷۰ مگاژول درکیلوگرم ماده خشک بود. فراوری حرارتی در دو کارگاه اثر معنی‌داری بر ضرایب گوارش‌پذیری و انرژی قابل متابولیسم بستر نداشت (**P>۰/۰۵**)، به‌جز مقدار گوارش‌پذیری ماده خشک در کارگاه سبزوار (۷۸/۱ درصد در نمونه فراوری‌شده با حرارت)که به صورت معنی‌داری کاهش یافته بود. فراوری با روش پرس‌کردن در کارگاه سبزوار موجب کاهش معنی‌دار گوارش‌پذیری ماده خشک و ماده آلی (به‌ترتیب ۷۷۱ و ۷۷۳ گرم در کیلوگرم) و انرژی قابل متابولیسم (۹/۳۱ مگاژول درکیلوگرم ماده خشک) شد (**P<۰/۰۵**). کاربرد فرایند حرارتی غیر مستقیم بستر جوجه گوشتی، هرچند غلظت **CP**، منیزیم و مس را اندکی کاهش داده است، اما با سالم‌سازی بستر از پاتوژن‌ها، می‌تواند منجر به تولید یک مکمل پروتئینی غنی از پروتئین خام (حدود ۲۵/۵ درصد)، مواد معدنی مناسب و سطح انرژی قابل متابولیسم نسبتاً مطلوب برای تغذیه نشخوارکنندگان شود و از سوی مشکلات زیست‌محیطی را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: بستر جوجه گوشتی، فراوری حرارتی، ترکیب شیمیایی، بخش‌های پروتئینی، گوارش‌پذیری آزمایشگاهی

* نویسنده مسئول: یوسف روزبهان تلفن: ۰۲۱-۴۸۲۹۲۳۳۶ E-mail: rozbeh_y@modares.ac.ir

مقدمه

شرایط اقلیمی مناطق گرم و خشک و محدودیت منابع آب و خاک موجب شده تا تغذیه دام بخش قابل توجهی از هزینه‌های دامپروری را به خود اختصاص دهد. لذا، به منظور کاهش هزینه خوراک و همچنین کاهش هزینه کلی تولید نیاز به استفاده از منابع غذایی غیر معمول می‌باشد (Ngodigha & Owen, 2009). از جمله منابع غذایی غیر معمول قابل جایگزین در جیره دام می‌توان به بستر جوجه گوشتی اشاره نمود که به دلیل داشتن پتانسیل‌هایی از قبیل دارا بودن پروتئین زیاد می‌تواند جایگزین بخش پروتئینی جیره شود (Elemam et al., 2009). ترکیب شیمیایی کود مرغی متغیر بوده و تحت تأثیر عواملی مانند مواد استفاده شده به عنوان بستر، نوع جیره تغذیه شده به طیور و روش فرآوری آن پیش از تغذیه قرار می‌گیرد (Wang & Goetsch, 1998). میزان پروتئین خام کود مرغی ۲۷۲ گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (Obeidat et al., 2011). اخیراً در مطالعه‌ای توسط Azizi-Shotorkhoft et al. (2012) این مقادیر ماده خشک، پروتئین خام، دیواره سلولی، دیواره سلولی منهای همی‌سلولز و خاکستر به ترتیب برابر ۹۳ درصد وزن تازه، ۲۳/۸، ۳۵/۳، ۱۸/۵ و ۱۸/۴ درصد ماده خشک به‌دست آمده است. از دیگر مزایای تغذیه‌ای این فرآورده استفاده از آن به عنوان مکمل مواد معدنی قابل دسترس می‌باشد (Jordaan, 2004). در آزمایشی توسط Hopkins & Poore (2001)، میزان کلسیم و فسفر کود جوجه گوشتی به ترتیب ۲۸/۷ و ۱۶/۹ گرم در کیلوگرم ماده خشک به‌دست آمد که بیشتر از احتیاجات گاو گوشتی و گوسفند است. اسید اوریک بخش اصلی NPN کود مرغی است (Van Ryssen, 2000) که در مقایسه با سایر منابع NPN، تعداد میکروب‌های کمتری قادرند آن را به عنوان سوبسترا مورد استفاده قرار دهند و تجزیه کنند (Jakhmola et al., 1988). رشد چشمگیر صنعت طیور در ۴۰ سال گذشته مشکلات زیست‌محیطی را در رابطه با تجمع ضایعات حاصل از این صنعت در پی داشته است. تخمین زده می‌شود که یک مزرعه پرورشی با ظرفیت ۲۰۰۰۰-۲۵۰۰۰ قطعه جوجه گوشتی با حداکثر ۵ دوره پرورش در سال، سالانه ۱۲۵-۱۵۰ تن مواد بستر تولید کند (Paudel & McIntosh, 2005). استفاده از این ضایعات در تغذیه حیوانات نشخوارکننده علاوه بر کاهش مشکلات زیست‌محیطی، باعث بهره‌گیری بهینه از آنها خواهد شد. این تولیدات به آسانی توسط پرورش‌دهندگان حیوانات پرواری به علت ارزانی و قابل دسترس بودن مورد استفاده قرار می‌گیرد (Talib & Ahmed, 2008).

به هر حال، فراوری بستر جوجه گوشتی برای حذف عوامل بیماری‌زا، بهبود شرایط ذخیره‌ای و خصوصیات حمل و نقل و افزایش خوشخوراکی ضروری می‌باشد (Fontenot, 2000). روش‌های فراوری شامل خشک کردن، دپوکردن، سیلو کردن، کمپوست کردن و پلت کردن می‌باشد. فرآوری حرارتی صحیح با حذف تمامی پاتوژن‌ها باعث حفظ ارزش غذایی بستر جوجه گوشتی و تولید یک مکمل پروتئینی ارزان‌قیمت و ایمن برای مصرف نشخوارکنندگان می‌شود (Ngodigha & Owen, 2009). لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر فرآوری حرارتی بر ترکیب شیمیایی، بخش‌های پروتئینی و گوارش‌پذیری آزمایشگاهی بستر جوجه گوشتی در تغذیه دام بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از بستر خام جوجه گوشتی

این مرحله در یک واحد مرغداری گوشتی طرف قرارداد با کارگاه فراوری اول (سبزوار) و همچنین یک واحد مرغداری گوشتی طرف قرارداد با کارگاه فراوری دوم (سمنان) به‌طور مجزا انجام پذیرفت. بدین منظور، پس از تخلیه جوجه‌ها در پایان دوره پرورش، از ۱۲ نقطه مختلف سالن به روش شطرنجی نمونه‌برداری شده و در هر نقطه به ابعاد ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر کل بستر برداشت شد. سپس هر ۳ نمونه با هم مخلوط شده به نحوی که ۴ نمونه اصلی به‌دست آمد. هر نمونه تهیه شده به ۴ قسمت یکنواخت تقسیم شده یک قسمت جهت تجزیه فیزیکی، قسمتی جهت تجزیه شیمیایی، قسمتی جهت بررسی‌های میکروبی و قسمت چهارم به عنوان بایگانی نگهداری شدند.

به منظور تجزیه فیزیکی بستر خام و تعیین نسبت ذرات باقیمانده روی غربال و میزان بستر عبور کرده از

غربال، بخشی از نمونه‌های خام پیش از فراوری با استفاده از الک ۵ میلی‌متری غربال شدند.

فراوری بستر جوجه گوشتی

فراوری حرارتی بر بستر کامل جوجه گوشتی انجام گرفت. در این مرحله، کل محتویات بستر خام طی ۲ روش فراوری حرارتی، با هدف سالم‌سازی (از نظر میکروارگانیزم‌های شاخص) بستر جوجه گوشتی، تحت فراوری قرار گرفته و اثر فرایند حرارتی بر سالم‌سازی و ترکیبات مغذی آن مورد آزمایش قرار گرفت. فراوری به‌صورت جداگانه در دو کارگاه سبزوار و سمنان صورت گرفت. کارگاه فراوری سبزوار دارای دو دیگ پخت، هر کدام به ظرفیت ۵ تن، و کارگاه سمنان دارای سه دیگ، هر کدام با ظرفیت ۲ تن، بود. حرارت با استفاده از شعله‌های حاصل از سوخت گازوئیل تولید شده و به جداره پایینی دیگ‌ها منتقل می‌شد. جهت سالم‌سازی بستر داخل دیگ‌ها، انتقال حرارت به داخل دیگ در کارگاه سبزوار با استفاده از بخار آب و در کارگاه سمنان با استفاده از حرارت روغن موجود در بین دو جداره دیگ صورت می‌گرفت. در صنعت پرورش مرغ گوشتی در طی یک دوره پرورش حدود ۰/۹کیلوگرم بستر خشک به ازای هر پرنده تولید می‌شود. با این وجود تخمین زده می‌شود که یک مزرعه پرورشی با ظرفیت ۲۰۰۰۰-۲۵۰۰۰ قطعه جوجه گوشتی با حداکثر ۵ دوره پرورش در سال، سالانه ۱۲۵-۱۵۰ تن کود مرطوب تولید کند (Paudel & McIntosh, 2005). با توجه به کمبود منابع خوراکی در کشور و لزوم حفظ امنیت غذایی جامعه، فراوری و استفاده از این محصول فراوری‌شده در تغذیه حیوانات نشخوارکننده علاوه بر کمک به جبران کمبود منابع خوراکی، کاهش مشکلات زیست‌محیطی و بهره‌گیری بهینه از منابع نیز وجود خواهد داشت. فراوری در دو کارگاه مجزا به شرح ذیل انجام پذیرفت:

الف- در کارگاه فرآوری اول (سبزوار): بستر جوجه گوشتی در حد ۵ تا ۱۰ تن به پایلوت فرآوری منتقل شد و طی فرایند حرارتی غیر مستقیم (با استفاده از فشار بخار آب) جهت تأمین دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سیلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه، در ۲ دیگ فرآوری، عمل‌آوری شدند. از محل خروجی دیگ پخت (فرایند حرارتی) به فواصل هر نیم تا یک ساعت نمونه‌برداری شد (تعداد ۸ زیر نمونه از هر دیگ تهیه و با مخلوط کردن هر ۴ زیر نمونه یک نمونه کلی به‌دست آمد)، به همین ترتیب، ۴ نمونه نیز از محل ماشین پرس، که مواد پس از مرحله حرارت‌دهی از آن عبور می‌کردند، برداشت شد. علاوه بر این، از بستر خام در محل سالن مرغداری نیز تعداد ۴ نمونه جداگانه تهیه گردید.

ب- کارگاه فرآوری دوم (سمنان): در این کارگاه بستر جوجه گوشتی تحت فرایند حرارتی غیر مستقیم در دیگ‌های دو جداره (با استفاده از فشار گرمای روغن) جهت تأمین دمای ۷۰ درجه سیلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفت. این کارگاه دارای ۳ دیگ عمل‌آوری بود. از محصول فرآوری‌شده هر دیگ به طور جداگانه طی هر سری پخت نمونه‌برداری به عمل آمد و طی ۱۰ سری پخت ۱۰ زیر نمونه تهیه شد. با مخلوط کردن هر ۵ سری زیر نمونه از هر دیگ یک نمونه اصلی به‌دست آمد به نحوی که در مجموع ۶ نمونه فرآوری‌شده تهیه گردید. در هر سری نمونه‌برداری به‌طور مجزا حدود ۵۰۰-۱۰۰۰ گرم نمونه برداشت شد. علاوه بر این از بستر خام انباشته شده در محل کارگاه نیز ۱۰ سری نمونه تهیه شد و با مخلوط کردن هر دو سری نمونه یک نمونه کلی ایجاد گردید، به نحوی که در مجموع تعداد ۵ نمونه خام حاصل گردید. علت انتخاب دماهای مذکور در هر کارگاه، سالم‌سازی بستر از مقاوم‌ترین سویه‌های باکتری‌های بیماری‌زا از جمله اشرشیاکلای (که مقاومترین سویه در مقابل فرایند حرارتی است) (Ngodigha & Owen, 2009)، و همچنین حفظ ترکیب شیمیایی بستر در برابر آسیب حرارتی بود.

تجزیه شیمیایی

ترکیب شیمیایی نمونه‌های به دست آمده از بسترهای خام و فراوری‌شده جوجه گوشتی تعیین گردید. غلظت ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام (CP) و عصاره اتری بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990). غلظت کلسیم، منیزیم، منگنز، آهن، مس و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی، فسفر با استفاده از اسپکتروفتومتر، و سدیم و پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و بر اساس روش‌های استاندارد تعیین گردید (AOAC, 1990). غلظت دیواره سلولی بدون خاکستر (NDFom)، دیواره سلولی منهای

همی سلولز بدون خاکستر (ADFom) و لیگنین (ADL) با استفاده از محلول‌های شوینده اندازه‌گیری شد (Van Soest et al., 1991).

بخش‌های پروتئین براساس سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کورنل

به منظور تعیین پروتئین حقیقی، از اسید تانگستیک به عنوان عامل رسوب‌دهنده استفاده شد (Greenberg & Shipe, 1979) و غلظت پروتئین رسوب کرده، که همان پروتئین حقیقی است، تعیین شد. بخش A (نیتروژن غیر پروتئینی) از اختلاف بین کل نیتروژن به صورت پروتئین خام و مقدار نیتروژنی که به صورت پروتئین حقیقی رسوب کرده محاسبه شد. غلظت کل پروتئین نامحلول با استفاده از روش بافر بورات-فسفات (Krishnamoorthy et al., 1982) اندازه‌گیری شد. پروتئین محلول (شامل بخش‌های A و B_1) با کسر کردن مقدار پروتئین نامحلول از کل پروتئین خام محاسبه گردید. بخش B_1 (پروتئین حقیقی محلول) از اختلاف بین پروتئین محلول و بخش A به دست آمد. برای تعیین نیتروژن نامحلول در شوینده‌های خنثی (NDIN) و اسیدی (ADIN)، ابتدا مقادیر NDF و ADF با استفاده از روش Van Soest et al. (1991) اندازه‌گیری شد، و سپس میزان نیتروژن بقایای نامحلول در شوینده‌های خنثی و اسیدی با استفاده از دستگاه کجلدال و بر اساس روش AOAC (1990) تعیین گردید. میزان ADIN به صورت درصدی از کل نیتروژن یا N×۶/۲۵ بیان شد که همان بخش C است. بخش B_3 از اختلاف بین مقادیر NDIN و ADIN به دست آمد. مقدار پروتئین بخش B_2 با کم کردن سایر بخش‌ها از پروتئین خام محاسبه شد (Licitra et al., 1996).

تعیین گوارش‌پذیری با روش آزمایشگاهی تلی و تری

تعیین گوارش‌پذیری ماده خشک (DMD)، ماده آلی (OMD)، ماده آلی قابل هضم در ماده خشک (DOMD) و انرژی قابل متابولیسم (ME) نمونه‌های خام و فرآوری شده بستر جوجه گوشتی، بر اساس روش آزمایشگاهی Tilley & Terry (1963) و با استفاده از محلول بزاق مصنوعی McDougall (1948) انجام پذیرفت. برای تهیه شیرابه شکمبه از سه رأس گوسفند نر اخته سالم، مجهز به فیستوله شکمبه، نژاد قزل، هم سن، با وزن تقریباً برابر استفاده گردید. گوسفندان دو وعده در روز به فواصل مساوی و منظم با جیره‌ای حاوی ۷۰۰ گرم در کیلوگرم علوفه خشک و ۳۰۰ گرم در کیلوگرم مخلوط کنسانتره، به میزان ۱/۲ برابر نیاز نگهداری، تغذیه شدند. آب تازه نیز به طور آزاد در اختیار دام‌ها قرار داشت. شیرابه شکمبه، پیش از تغذیه صبحگاهی، از دو بخش جامد و مایع محتویات شکمبه جمع‌آوری و تحت جریان دی اکسید کربن در دمای ۳۹ درجه سیلسیوس به طور کامل مخلوط، و سپس صاف گردید. مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه در لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری توزین گردید. لوله‌ها در تعداد ۲ سری (run) مرتب گردید که در هر سری ۳ تکرار از نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد. تعداد ۳ لوله بدون نمونه هم به عنوان شاهد در هر سری نظر گرفته شد. حجم مورد نیاز از بزاق مصنوعی در ارلن‌مایر ریخته شد و روی حمام آب ۳۹ درجه سیلسیوس قرار گرفت. تحت جریان دی‌اکسید کربن، pH بزاق مصنوعی در ۶/۸ الی ۷ تنظیم شد. یک میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم به هر لیتر از بزاق مصنوعی اضافه گردید. یک قسمت از شیرابه شکمبه با چهار قسمت از بزاق مصنوعی برای تهیه مایع تلقیح (inoculum) مخلوط شد. لوله‌های سانتریفیوژ برای گرم بودن، پیش از تزریق مخلوط شیرابه شکمبه-بزاق مصنوعی، در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سیلسیوس و تحت جریان دی‌اکسید کربن قرار داده شد. میزان ۳۵ میلی‌لیتر مخلوط شیرابه شکمبه-بزاق مصنوعی به هر لوله اضافه گردید. لوله مجدداً تحت جریان دی‌اکسید کربن قرار گرفت. کلاهک لوله گذاشته شد و در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سیلسیوس قرار داده شد. طی ۱۲ ساعت ابتدایی مرحله انکوباسیون بی‌هوازی هر ۳ ساعت یک بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک بار عمل تکان‌دادن لوله‌ها انجام پذیرفت. پس از پایان ۴۸ ساعت انکوباسیون، لوله‌ها در ۲۰۰۰ دور بر اساس شتاب جاذبه ($2000 \times g$) و در دمای ۴ درجه سیلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید تا مواد باقیمانده ته‌نشین شده و مایع شناور سطحی جدا گردد. پس از دور ریختن مایع شناور به هر لوله ۳۵ میلی‌لیتر محلول پپسین اسیدی اضافه گردید و به مدت ۴۸ ساعت در ۳۹ درجه سیلسیوس انکوباسیون صورت گرفت. در ۱۲ ساعت اول

هر ۳ ساعت یک‌بار و پس از آن هر ۱۲ ساعت یک‌بار لوله‌ها به هم زده شد. پس از ۴۸ ساعت، لوله‌ها از انکوباتور خارج گردید. بقایا با استفاده از کاغذ صافی از پیش وزن شده فیلتر شد. بقایا به همراه کاغذ صافی در دمای ۱۰۰ درجه سیلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید و پس از آن در دسیکاتور خنک و توزین شد. بقایا در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سیلسیوس به مدت ۴ ساعت سوزانده شد و در نهایت ضرایب گوارش‌پذیری محاسبه گردید. گوارش‌پذیری ماده خشک، ماده آلی و ماده آلی قابل هضم در ماده خشک به‌ترتیب با استفاده از روابط ذیل برآورد شد.

$$DMD\ (\%) = ((DM_1-DM_2)/DM_1) \times 100$$
$$OMD\ (\%) = ((OM_1-OM_2)/OM_1) \times 100$$
$$DOMD\ (\%) = OMD \times OM\ (\%)$$

که در آنها DMD گوارش‌پذیری ماده خشک (٪)، DM_1 وزن خشک نمونه اولیه (۰/۵گرم)، DM_2 وزن نمونه باقیمانده پس از گوارش، OMD گوارش‌پذیری ماده آلی (٪)، OM_1 مقدار ماده آلی نمونه اولیه، OM_2 مقدار ماده آلی نمونه باقیمانده پس از گوارش و DOMD ماده آلی گوارش‌پذیر در ماده خشک بود. مقدار انرژی قابل متابولیسم با استفاده از رابطه بعدی محاسبه شد (Suppadit, 2010).

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = DOMD\ (g/kg\ DM) \times 18.5 \times 0.8$$

که در این رابطه ME انرژی قابل متابولیسم و DOMD ماده آلی گوارش‌پذیر در ماده خشک بود. در این معادله ضریب ۱۸/۵ برای تبدیل میزان انرژی براساس مگاژول به ازای هر کیلوگرم ماده آلی گوارش‌یافته و ضریب ۰/۸ برای تبدیل انرژی گوارش‌پذیر به انرژی قابل متابولیسم بود.

طرح آزمایشی و تجزیه آماری

داده‌های آزمایشگاهی مربوط به ترکیب مغذی، اجزای پروتئین و گوارش‌پذیری در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل با ۲ تیمار (پیش و پس از عمل‌آوری) با استفاده از مدل آماری $Y_{ij=}\ u+a_{i+}e_j$ در دو کارگاه مجزا مورد تجزیه قرار گرفت که در مدل مذکور Y_{ij} مقدار عددی هر مشـــاهده، μ میـــانگین، a_i اثر تیمار و e_{ij} خطای آزمایشی بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS صورت پذیرفت (SAS, 2002). نمونه‌های بستر در کارگاه سبزوار شامل ۴ نمونه خام، ۴ نمونه فرآوری حرارتی دیگ و ۴ نمونه فرآوری پرس، و در کارگاه سمنان شامل ۵ نمونه خام و ۶ نمونه فرآوری حرارتی دیگ بود. تمامی نمونه‌ها در ۳ تکرار تجزیه شیمیایی شد. مقایسه میانگین داده‌ها در کارگاه سمنان با آزمون t-Test، و در کارگاه سبزوار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد (Steel & Torrie, 1980).

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی

میانگین اندازه ذرات بستر جوجه گوشتی پس از جداسازی با الک ۵ میلی‌متری، برای نمونه‌های سمنان شامل ۶۱ درصد مواد عبور کرده از الک و ۳۹ درصد از مواد باقیمانده بالای الک بود که شامل تراشه چوب می‌شد. نمونه‌های سبزوار شامل ۶۲/۱ درصد مواد عبور کرده از الک و ۳۷/۹ درصد از مواد باقیمانده بالای الک بود که شامل تراشه چوب و درصد کمی قطعات کوچک کارتن‌های سلولزی بود. تجزیه فیزیکی، غربال کردن و استفاده از ذرات کوچکتر بستر جوجه گوشتی با هدف بیشتر بودن غلظت نیتروژن و کمتر بودن غلظت دیواره سلولی و دستیابی به عملکرد بهتر برای مصرف نشخوارکنندگان می‌باشد. بالا بودن دیواره سلولی در بستر جوجه گوشتی به دلیل مواد بستر از قبیل تراشه چوب می‌باشد که از نظر اندازه قطعات متفاوت بوده و از این تفاوت می‌توان متوجه تغییر در ترکیب شیمیایی بستر شد (Goetsch & Aiken, 2000). بدیهی است هر چه سهم مواد باقیمانده بالای الک (از جمله تراشه چوب) کمتر باشد، کیفیت بستر از لحاظ ارزش غذایی بهتر خواهد بود. درصد اجزای مختلف حاصل از تجزیه فیزیکی در بستر خام هر دو کارگاه تقریباً مشابه بود. این تشابه تقریبی، در ترکیب شیمیایی و گوارش‌پذیری نمونه‌های خام دو کارگاه نیز منعکس شده است، به طوری‌که ارقام دو کارگاه شباهت زیادی داشتند. ترکیب شیمیایی بستر جوجه گوشتی پیش و پس از فرآوری حرارتی در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. میانگین غلظت ماده خشک نمونه‌های خام در کارگاه سمنان ۷۳/۲ درصد ماده خشک بود که مطابق با یافته‌های Kwak et al. (2005) (۷۳±۰/۸ درصد) می‌باشد. میانگین غلظت ماده خشک اندازه‌گیری شده در کارگاه

سبزوار بیشتر از کارگاه سمنان، و در دامنه مقادیر گزارش شده توسط Trevino et al. (2002) (۸۵/۷ درصد) بود. علت تفاوت بین غلظت ماده خشک در دو کارگاه احتمالاً فاکتورهای مؤثر بر رطوبت بستر شامل دما، رطوبت نسبی منطقه سالن پرورشی، تهویه سالن مرغداری، جیره پرنده و شرایط ذخیره‌سازی بستر می‌باشد (Van Ryssen, 2000). غلظت ماده خشک در نمونه‌های خام و فرآوری شده در هر دو کارگاه اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). به طوری که مقدار آن پس از فراوری نمونه‌ها افزایش یافت که علت آن حرارت اعمال شده در شرایط صنعتی این آزمایش بود.

جدول ۱- میانگین و (انحراف معیار) ترکیب شیمیایی نمونه‌های خام و فرآوری شده بستر جوجه گوشتی.

کارگاه فرآوری	بستر	DM	CP	Ash	EE	NDFom	ADFom	ADL	NFC
کارگاه سبزوار	نمونه خام	۸۳/۵^{b}	۲۶/۴^{a}	۱۸/۶^{a}	۲/۲۵^{a}	۴۱/۳^{b}	۱۴/۲^{a}	۲/۶۰^{b}	۱۱/۵^{a}
		(۲/۳۲)	(۰/۸۳)	(۰/۹۵)	(۰/۰۴)	(۱/۹۸)	(۰/۲۳)	(۰/۴۹)	(۰/۳۱)
	فرآوری دیگ	۹۲/۹^{a}	۲۵/۵^{b}	۱۸/۶^{a}	۲/۲۴^{a}	۴۶/۲^{a}	۱۴/۴^{a}	۴/۴۹^{a}	۷/۵^{b}
		(۰/۷۳)	(۰/۵۴)	(۱/۱۰)	(۰/۰۲)	(۱/۴۸)	(۰/۵۴)	(۱/۳۸)	(۰/۱۵)
	فرآوری پرس	۹۱/۸^{a}	۲۵/۱^{b}	۱۹/۰^{a}	۲/۲۴^{a}	۴۶/۳^{a}	۱۴/۸^{a}	۴/۵۲^{a}	۷/۴^{b}
		(۱/۱۰)	(۰/۴۲)	(۱/۲۱)	(۰/۰۱)	(۱/۱۹)	(۰/۳۳)	(۰/۵۹)	(۰/۲۶)
	SEM	۱/۳۳	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۰۰۷	۰/۸۲	۰/۱۳	۰/۳۵	۰/۱۸
کارگاه سمنان	نمونه خام	۷۳/۲^{b}	۲۸/۸^{a}	۱۷/۲^{a}	۰/۹۷^{a}	۴۲/۲^{b}	۱۶/۰^{b}	۱/۹۸^{b}	۱۰/۸^{a}
		(۲/۸۰)	(۰/۲۰)	(۰/۳۲)	(۰/۰۰۴)	(۲/۲۹)	(۱/۵۸)	(۰/۳۲)	(۰/۹۳)
	فرآوری دیگ	۸۲/۳^{a}	۲۸/۳^{a}	۱۷/۸^{a}	۰/۹۷^{a}	۴۹/۱^{a}	۱۸/۵^{a}	۳/۰۵^{a}	۸/۳^{b}
		(۲/۰۳)	(۰/۵۲)	(۰/۵۵)	(۰/۰۰۴)	(۲/۳۳)	(۱/۹۱)	(۰/۳۴)	(۰/۵۴)
	SEM	۱/۵۹	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۰۰۱	۱/۲۷	۰/۶۴	۰/۱۹	۰/۲۶

DM: ماده خشک، CP: پروتئین خام، Ash: خاکستر، EE: عصاره اتری، NDFom: دیواره سلولی فاقد خاکستر، ADFom: دیواره سلولی منهای همی‌سلولز فاقد خاکستر، ADL: لیگنین، NFC: کربوهیدرات‌های غیر الیافی. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون برای هر کارگاه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

غلظت CP بستر خام در مطالعه حاضر بالا بود. سایر محققان نیز نشان داده‌اند که غلظت CP بستر جوجه گوشتی نسبتاً بالا و بین مزارع مختلف متفاوت است (بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ گرم بر کیلوگرم ماده خشک)، که علت این تفاوت، تعداد پرنده در واحد سطح، طول دوره پرورش، جیره پرنده، تعداد دوره‌های پرورش روی بستر، بالاتر بودن نسبت مواد بستر مانند تراشه چوب و اتلاف بیشتر آمونیاک در آب و هوای گرم و خشک مناطق پرورشی بیان شده است (Goetsch & Aiken, 2000). میانگین غلظت CP در این مطالعه بیشتر از مقدار گزارش شده توسط Mavimbela & Van Ryssen (2001) (۱۹ درصد)، و مطابق با دامنه مقادیر گزارش شده توسط Trevino et al. (2002) (۲۵-۳۵ درصد) بود. غلظت CP در کارگاه سمنان مشابه با یافته‌های Elemam et al. (2010) بود. فرآیند حرارتی تأثیر معنی‌داری بر میانگین غلظت CP در کارگاه سمنان نداشت. بر خلاف کارگاه سمنان، غلظت CP در کارگاه سبزوار در نمونه‌های فرآوری‌شده اندکی کمتر از نمونه‌های خام بود؛ هرچند اختلاف دیده‌شده به لحاظ آماری معنی‌دار گردید (P<۰/۰۵). علت این امر، شاید تا حدودی به حرارت بیشتر اعمال‌شده طی فراوری در این کارگاه مربوط باشد، که موجب افزایش غلظت ADL (شاید از طریق ایجاد لیگنین مصنوعی در اثر آسیب حرارتی) شده باشد که نتیجه آن در کاهش ۰/۹ درصدی غلظت CP منعکس شده است.

مقادیر NDF در نمونه‌های خام در مطالعه حاضر مشابه با مقادیر گزارش شده توسط Van Ryssen (2000) (۳۰-۵۰ درصد) و بیشتر از ارقام گزارش شده توسط Trevino et al. (2002) (۲۹ درصد) بود. مقدار ADF در این مطالعه مشابه مقادیر گزارش شده در مطالعه Trevino et al. (2002) (۸-۲۰ درصد) بود. مقادیر ADF در نمونه‌های خام در مقایسه با نتایج مطالعه Salehtarigh (2009) (۲۱ درصد) کمتر بود که علت آن احتمالاً کمتر بودن نسبت تراشه چوب در بستر (۴۸/۱ در مقایسه با ۳۷/۹ درصد در مطالعه حاضر) می‌باشد. اختلاف در مقادیر اجزای دیواره سلولی در

نمونه‌های خام در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت در تراکم پرنده در واحد سطح (Elemam et al., 2010)، تعداد دوره‌های پرورش پیش از جمع‌آوری بستر (Goetsch & Aiken, 2000) و نوع و نسبت مواد بستر (Jordaan, 2004) باشد. در مطالعه حاضر، غلظت NDF، ADF و ADL در تراشه چوب موجود در بستر به ترتیب برابر ۹۸۸، ۶۴۲ و ۹۵/۴ گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود و بستر خام مورد استفاده در دو کارگاه فرآوری، پس از یک دوره پرورش جوجه گوشتی در سالن جمع آوری شده بود. مقادیر اجزای دیواره سلولی شامل NDF، ADF و ADL در نمونه‌های فرآوری شده بیشتر از نمونه‌های خام بود که این اختلاف به جز در مورد ADF در کارگاه سبزوار، معنی‌دار گردید (P<۰/۰۵). افزایش معنی‌دار غلظت NDF، ADL (در هر دو کارگاه) و ADF (در گارگاه سمنان) در نمونه‌های فرآوری شده در مقایسه با نمونه‌های خام احتمالاً به دلیل آسیب حرارتی طی فرایند حرارت‌دهی بوده است. ایجاد لیگنین مصنوعی از نتایج آسیب حرارتی در فراوری‌های حرارتی است (McDonald et al., 2002). آسیب حرارتی باعث افزایش نیتروژن متصل به دیواره سلولی می‌شود. بالارفتن حرارت دپو از مرز ۶۱ درجه سیلسیوس باعث کاهش کیفیت بستر جوجه گوشتی از طریق آسیب پروتئین و کربوهیدرات‌ها می‌شود (Hopkins & Poore, 2001). از دست رفتن بخشی از مواد فرار یا اجزای حساس موجود در بخش NFC (به‌ویژه در تماس با بدنه فلزی دستگاه) نیز می‌تواند موجب تغییرات غیر فعال در مواد مغذی مختلف شود.

غلظت خاکستر در این مطالعه زیاد، و مطابق با یافته‌های Van Ryssen (2000) و Trevino et al. (2002) بود. به طور معمول، مقدار خاکستر بستگی به طبیعت و کیفیت مواد بستر مورد استفاده، تعداد دوره‌های پرورش روی مواد بستر (Wang & Goetsch, 1998) و میزان خاک مخلوط شده با بستر حین جمع آوری بستر (Van Ryssen, 2000) دارد. غلظت خاکستر بین نمونه‌های خام و فرآوری شده در هر دو کارگاه اختلاف معنی‌داری نداشت.

جدول ۲- میانگین و (انحراف معیار) غلظت عناصر معدنی در نمونه‌های خام و فرآوری شده بستر جوجه گوشتی در کارگاه‌های سبزوار و سمنان.

کارگاه فرآوری	بستر جوجه گوشتی	ترکیب مواد معدنی							
		Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
سبزوار	خام	۱/۸۵^{a} (۰/۰۸۷)	۰/۹۷ (۰/۰۴۸)	۰/۸۰^{a} (۰/۰۶۸)	۱/۰۰^{a} (۰/۰۶۵)	۰/۰۶۵^{a} (۰/۰۰۵)	۹۱۰/۷۵ (۵۶/۳۵)	۳۳۲/۷۳ (۲۳/۸۲)	۵۸/۱۴^{a} (۰/۹۹)	۳۸۴/۴ (۹/۰۵)
	فرآوری حرارتی دیگ	۱/۷۴^{a} (۰/۰۸۷)	۰/۹۵ (۰/۰۱۳)	۰/۷۲^{b} (۰/۰۱۹)	۰/۹۴^{ab} (۰/۰۷۳)	۰/۰۶۲^{a} (۰/۰۰۵)	۱۰۲۹/۳ (۱۱۵/۳۵)	۳۰۴/۲۵ (۲۶/۰۸)	۵۴/۷۴^{b} (۱/۴۹)	۳۷۹/۷۵ (۱۲/۹۹)
	فرآوری پرس	۱/۵۳^{b} (۰/۰۸۹)	۰/۹۱ (۰/۰۱۷)	۰/۵۴^{c} (۰/۰۱۴)	۰/۸۶^{b} (۰/۰۸۷)	۰/۰۵۲^{b} (۰/۰۰۵)	۱۱۳۴/۵ (۱۲۵/۸۶)	۲۸۹/۲۵ (۲۴/۸۰)	۵۱/۷۵^{c} (۱/۷۰)	۳۷۱/۷۵ (۱۴/۰۳)
	SEM	۰/۰۴۶	۰/۰۲۳	۰/۰۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۱۵۹/۹۴	۷/۶۵	۰/۸۷	۳/۵۶
سمنان	خام	۱/۹۲ (۰/۱۴)	۱/۱۳ (۰/۰۴)	۰/۶۱ (۰/۰۲)	۱/۱۰^{a} (۰/۱۵)	۰/۰۳۶ (۰/۰۱)	۱۳۲۸/۶ (۱۲۷/۱۵)	۳۷۴ (۵۰/۷۳)	۵۲/۶۹ (۱/۶۱)	۳۴۵^{a} (۲۷/۳۷)
	فرآوری حرارتی دیگ	۱/۸۶ (۰/۰۶)	۰/۹۴ (۰/۰۷)	۰/۶۰ (۰/۰۱)	۰/۸۷^{b} (۰/۱۰)	۰/۰۳۵ (۰/۰۲)	۱۵۹۸/۲ (۱۵۵/۶۹)	۳۳۸/۶۷ (۳۱/۷۴)	۵۱/۱۵ (۱/۴۱)	۳۰۲/۶^{b} (۱۴/۵۷)
	SEM	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۲۷۳/۹۳	۱۳/۰۵	۰/۴۹	۹/۰۲

Ca: کلسیم، P: فسفر، Mg: منیزیم، K: پتاسیم، Na: سدیم، (درصد در ماده خشک)، Fe: آهن، Mn: منگنز،Cu: مس، Zn: روی، (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک). میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

غلظت کلسیم در این مطالعه در دامنه مقادیر گزارش شده توسط Rankins et al. (2000) (۰/۸۱- ۶/۱۳ درصد) و Evers et al. (1996) (۱/۱۸-۳/۹۹ درصد)، و غلظت فسفر در دامنه گزارش شده توسط Rankins et al. (2000) (۰/۵۶-۳/۹۲ درصد) بود. غلظت منیزیم در نمونه‌های خام کارگاه منطقه سبزوار مطابق با یافته‌های Evers et al. (1996) (۰/۲۹ – ۰/۹۰ درصد) بود. غلظت منیزیم بستر کارگاه منطقه سمنان پس از فراوری حرارتی کاهش یافت که مشابه با نتایج گزارش شده توسط Suppadit (2009) (۰/۱ ±۰/۶۰

درصد) بود، اما کاهش مذکور در مطالعه حاضر معنی‌دار شد (P<۰/۰۵). غلظت پتاسیم بستر در این مطالعه در دامنه گزارش شـــده توسط Brown et al. (1994) (۰/۷-۵/۲ درصد) و کمتر از میانگین گزارش شده توسط Suppadit (2009) (۰/۴±۳/۰۸ درصد) بود. غلظت سدیم در نمونه‌های بستر خام در کارگاه منطقه سبزوار مشابه با دامنه گزارش شده توسط Van Ryssen et al. (1993) (۰/۰۱۶±۰/۰۵۶ درصد) بود اما این مقدار در نمونه‌های سمنان کمتر از میانگین نمونه‌های سبزوار و پایین‌تر از مقدارگزارش‌شده توسط Suppadit (2009) (۰/۵±۱/۵ درصد) و Rankins et al. (2000) (۰/۴±۳/۰۸ درصد) بودند. غلظت آهن در این بررسی زیاد و در دامنه مقادیر یافته‌های Stephenson et al. (1990) (۵۲۹-۲۹۸۲ میلی‌گرم) و بیشتر از میانگین گزارش شده توسط Suppadit (2009) (۱۴۸±۷۹۴ میلی‌گرم) بود. افزایش میزان آهن در نمونه‌های فرآوری شده دو کارگاه عمل‌آوری، به دلیل عدم خلوص و استهلاک وسایل مورد استفاده طی فرایند حرارتی می‌باشد، که در مطالعات مشابه هم گزارش شده است (Suppadit, 2009). سطح قابل تحمل آهن در جیره گاوهای پرواری و گوسفند به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد (NRC, 2000; NRC, 2007). در صورت گنجاندن بستر جوجه گوشتی در بخشی از جیره این سمیت غیر محتمل می‌باشد. به علاوه، سمیت آهن بیشتر در اثر کمبود سایر مواد معدنی مانند روی تحریک می‌شود و در اثر وجود سایر مواد معدنی در جیره این سمیت غیر محتمل می‌باشد (Van Ryssen et al., 1993). غلظت منگنز در نمونه‌های خام در دو کارگاه مشابه با میزان این ماده معدنی در مطالعه (Smith & Chambers, 1993) (۱۲۵-۶۶۷ میلی‌گرم) بود و در حد قابل تحمل برای گاوهای پرواری (۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک؛ NRC, 2000) و گوسفند (۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک؛ NRC, 2007) قرار داشت. غلظت مس در نمونه‌های خام بستر جوجه گوشتی در دامنه مقادیر گزارش شده توسط Rankins et al. (2000) (۲۵-۱۰۰ میلی‌گرم) و کمتر از میانگین نمونه‌های خام گزارش شده توسط Suppadit (2009) (۱۰/۵±۷۰/۸ میلی‌گرم) بود. در نمونه‌های فرآوری شده در دو کارگاه غلظت مس مشابه با مقادیر یافته‌های Suppadit (2010) (۵/۸۸±۵۰/۹ میلی‌گرم) بود. حداکثر سطح قابل تحمل مس در جیره گاوهای پرواری ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک (NRC, 2000) و در جیره گوسفند ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد (NRC, 2007). فرایند حرارتی در کارگاه سبزوار، مشابه با گزارش Suppadit (2009) (که این مقدار از ۱۰/۵±۷۰/۸ میلی‌گرم در نمونه‌های خام به ۵/۵±۶۴/۲ در نمونه های فراوری شده کاهش یافت)، باعث کاهش معنی‌دار مس شد (P<۰/۰۵). غلظت روی در نمونه‌های خام در دو کارگاه فرآوری کمتر از مقدار گزارش شده توسط Evers et al. (1996) و بیشتر از میانگین گزارش شده توسط Suppadit (2009) (۲۰±۲۶۳ میلی‌گرم) بود. به هرحال، غلظت این عنصر در دامنه قابل تحمل برای دام بود. حداکثر سطح قابل تحمل روی در جیره گاو پرواری و گوسفند به‌ترتیب ۵۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک پیشنهاد شده است (NRC, 2000; NRC, 2007). مزیت وجود مواد معدنی به‌ویژه عناصر کم مصرف در بستر جوجه گوشتی، جبران کمبود این مواد معدنی در سایر اقلام جیره می‌باشد، البته به شرطی که قابل جذب و استفاده باشند. تغییرات ایجاد شده در غلظت مواد معدنی در دو کارگاه در کل زیاد نبود. به هر حال، علت تغییر غلظت مواد معدنی پس از فراوری حرارتی در دو کارگاه فراوری، به‌ویژه در کارگاه اول، تا حدود زیادی ممکن است به جنس آلیاژهای مورد استفاده در ساخت دیگ‌های فراوری مربوط باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود از بین عناصری که در این پژوهش اندازه‌گیری شده‌اند، غلظت آهن پس از فراوری حرارتی تا حدودی افزایش یافته است. این امر ممکن است به علت استهلاک دستگاه باشد که موجب گردیده اندکی از آهن موجود در دیواره به داخل بستر رها شده باشد. آزاد شدن احتمالی برخی عناصر دیگر (که شاید در آلیاژ حضور داشته باشند اما ما آنها را نسنجیده باشیم) نیز ممکن است در طی فرایند حرارتی رخ داده باشد. آزاد شدن آهن (یا دیگر فلزات احتمالی) از بدنه دستگاه می‌تواند موجب افزایش غیر فعال (passive) غلظت آهن و کاهش غیر فعال منیزیم و مس یا دیگر عناصر شده باشد (در واقع شاید

تغییرات صرفاً در اثر فرایند خاصی نبوده و استهلاک و آزادسازی عناصر موجب تغییرات، آن هم در نسبت عناصر، شده باشد). اختلاف موجود بین غلظت‌ها در دو کارگاه نیز شاید به طول عمر قطعات، میزان درجه حرارت، روش ایجاد حرارت و دیگر عوامل مؤثر در هر کارگاه مربوط باشد.

کیفیت پروتئین براساس سیستم CNCPS

بخش A در نمونه‌های فرآوری دیگ و پرس کارگاه سبزوار و نمونه‌های فرآوری کارگاه سمنان به ترتیب ۴۵/۱، ۴۴/۹ و ۴۵/۱ درصد از کل پروتئین خام بودند. این نتایج با یافته‌های Capucille et al. (2004) و مطالعه Salehtarigh (2009) که مقدار بخش A را به‌ترتیب ۴۵/۲ (در بستر دپو شده) و ۴۴ درصد از کل پروتئین خام (در بستر اتوکلاو شده) گزارش کردند، مشابه می‌باشد. غلظت نیتروژن غیر پروتئینی در بستر خام جوجه گوشتی در مطالعه Kwak et al. (2005)، ۵۷/۵ درصد از کل پروتئین خام گزارش شده بود. محققان دیگر مقدار نیتروژن غیر پروتئینی بستر دپو شده را ۴۰/۴ تعیین نمودند (Hopkins & Poore, 2001). تفاوت غلظت این بخش پروتئینی در بین پژوهش‌های مختلف احتمالاً به دلیل متفاوت بودن نوع سیستم پرورش (Omeira et al., 2006)، مدیریت تغذیه، میزان ریخت و پاش خوراک، شیوه کودروبی، مراحل مختلف پرورش، نوع بستر (Jordaan, 2004) و تعداد دوره‌های پرورش روی بستر (Wang & Goetsch, 1998) می‌باشد. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است فرایند حرارتی بستر خام جوجه گوشتی در هر دو کارگاه باعث کاهش معنی‌دار غلظت بخش‌های A و B_1، و افزایش B_2، B_3 و C در نمونه‌های فرآوری شد ($P<۰/۰۵$). از سوی دیگر، کیفیت پروتئین نمونه‌های برداشت شده پس از فرایند پرس در کارگاه فرآوری منطقه سبزوار، اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های فرآوری دیگ نداشت.

جدول ۳- کیفیت پروتئین نمونه‌های خام و فرآوری‌شده بستر جوجه گوشتی بر اساس CNCPS (درصد از کل پروتئین خام).

کارگاه فرآوری	بستر جوجه گوشتی	کیفیت پروتئین					
		SP	A	B_1	B_2	B_3	C
سبزوار	نمونه خام	۷۰/۳ (۱/۷۵)	۵۱/۸^{a} (۱/۲۶)	۱۸/۵^{a} (۲/۳۰)	۱۷/۱^{b} (۰/۸۹)	۷/۱۳^{b} (۱/۴۸)	۵/۰۱^{b} (۰/۵۲)
	فرآوری دیگ	۷۰/۰ (۲/۶۸)	۴۵/۱^{b} (۳/۳۵)	۱۱/۹^{b} (۰/۵۲)	۲۷/۷^{a} (۱/۳۸)	۹/۷۴^{a} (۱/۰۹)	۶/۶۱^{a} (۰/۳۹)
	فرآوری پرس	۵۶/۱ (۱/۹۴)	۴۴/۹^{b} (۱/۰۹)	۱۱/۲^{b} (۱/۶۵)	۲۷/۱^{a} (۱/۷۱)	۹/۵۶^{a} (۱/۳۷)	۶/۱۷^{a} (۰/۳۱)
	SEM	۱/۰۱	۱/۱۲	۱/۱۴	۱/۵۰	۰/۵۰	۰/۲۳
سمنان	نمونه خام	۶۱/۴ (۱/۸۹)	۵۰/۳^{a} (۲/۹۹)	۱۱/۱^{a} (۱/۴۷)	۲۴/۶^{b} (۱/۰۶)	۹/۵۱^{b} (۲/۴۲)	۵/۴۰^{b} (۰/۳۶)
	فرآوری دیگ	۵۱/۱ (۲/۰۱)	۴۵/۱^{b} (۱/۹۱)	۶/۰۴^{b} (۱/۰۳)	۲۸/۶^{a} (۲/۱۶)	۱۳/۱^{a} (۱/۳۲)	۷/۲۲^{a} (۰/۵۲)
	SEM	۱/۳۳	۱/۲۲	۰/۹۷	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۳۵

A: نیتروژن غیر پروتئینی، B_1: پروتئین حقیقی با سرعت تجزیه زیاد، B_2: پروتئین حقیقی با سرعت تجزیه متوسط، B_3: پروتئین حقیقی با سرعت تجزیه کم، C: پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

کاهش معنی‌دار غلظت بخش‌های A و B_1 و افزایش غلظت بخش B_2 در نمونه‌های فرآوری شده در دو کارگاه احتمالاً به دلیل حرارت اعمال شده طی فرایند حرارتی باشد ($P<۰/۰۵$)، که مطابق با نتایج مطالعات Hopkins & Poore (2001) و Capucille et al. (2004) بود. در واقع اعمال تیمار حرارتی باعث باند شدن ترکیبات پروتئینی با سلولز و همی سلولز، و ورود آنها به بخش پروتئین نامحلول می‌گردد (صالح طریق، ۱۳۸۸). افزایش معنی‌دار غلظت بخش B_3 در نمونه‌های فرآوری شده خروجی از دیگ و پرس کارگاه سبزوار مطابق با

یافته‌های Capucille et al. (2004) بود. غلظت بخش B_3 در کارگاه منطقه سمنان، مشابه با مطالعه Salehtarigh (2009) (۱۵/۳ درصد از پروتئین خام)، پس از فرآوری افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه‌های خام داشت.

همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، غلظت بخش C بستر جوجه گوشتی پس از فرآوری در دو کارگاه افزایش یافت که علت آن احتمالاً آسیب حرارتی و تشکیل پیوند ADF-N می‌باشد (Hopkins & Poore, 2001). به‌هرحال، غلظت این بخش در دو کارگاه در دامنه مقادیر مطلوب برای احتیاجات تغذیه‌ای نشخوارکنندگان (کمتر از ۲۰ درصد از کل پروتئین خام) بود (Goetsch & Aiken, 2000). نشان داده شده که غلظت این بخش طی فرایند حرارتی دپو شدن در دمای حداکثر ۵۴ درجه سیلسیوس از ۱۴ درصد برای بستر خام به ۱۷/۴ درصد از کل پروتئین خام در بستر فرآوری شده افزایش یافته است (Kwak et al., 2005). در مطالعات Hopkins & Poore (2001) و Capucille et al. (2004) مقادیر غلظت این بخش به‌ترتیب ۹/۷ و ۱۷/۶ درصد پروتئین خام گزارش شده که بیشتر از مقادیر مطالعه حاضر می‌باشد. علت این اختلاف تفاوت در نوع بستر و نسبت کود، کلش یا تراشه چوب در آن، نوع جیره طیور و اثر آن بر اجزای پروتئینی مدفوع، روش فراوری حرارتی، مستقیم یا غیر مستقیم بودن اعمال حرارت و تفاوت در مقدار دما و مدت زمان اعمال حرارت در مطالعات مختلف باشد.

گوارش‌پذیری آزمایشگاهی و ME

نتایج گوارش‌پذیری و ME در جدول ۴ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، ضرایب گوارش‌پذیری بستر خام و فراوری‌شده جوجه گوشتی زیاد بوده و از لحاظ احتیاجات تغذیه‌ای حیوانات نشخوارکننده در حد قابل قبولی قرار دارد. این فراورده با داشتن سطح ME بین ۹-۱۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک از لحاظ سطح انرژی با علوفه‌های با کیفیت بالا قابل مقایسه می‌باشد. مقادیر DMD، OMD و DOMD در نمونه‌های خام کارگاه سبزوار مطابق با یافته‌های Trevino et al. (2002) بود. فرایند حرارتی مقدار DMD را در نمونه‌های خروجی از دیگ و ماشین پرس در کارگاه فرآوری سبزوار کاهش داد ($P<۰/۰۵$). کاهش DMD در این کارگاه پس از فراوری به علت کاهش غلظت CP و افزایش غلظت ADL (جدول ۱) در اثر فرایند حرارت‌دهی می‌باشد. مقادیر OMD، DOMD و ME طی فرایند حرارتی دیگ پخت در این کارگاه، تغییری نکرد، اما در نمونه‌های خروجی از ماشین پرس نسبت به نمونه‌های فرآوری شده دیگ و نمونه‌های خام این کارگاه کاهش معنی‌داری داشت. کاهش گوارش‌پذیری و ME پس از فرایند پرس کردن به علت کاهش غلظت CP، و افزایش غلظت NDF و لیگنین (جدول ۱) می‌باشد؛ زیرا گوارش‌پذیری با غلظت NDF و لیگنین رابطه عکس، و با CP رابطه مستقیم دارد (McDonald et al., 2002; Van Soest, 1994). در مطالعه Bakshi & Fontenot (1998) نیز بیشترین حرارت تولید شده (۶۵ درجه سیلسیوس) طی فرایند حرارتی باعث کاهش معنی‌دار DMD از ۷۹۷ در بستر خام به ۷۶۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک پس از فرآوری شده است.

در کارگاه فرآوری منطقه سمنان مقادیر DMD، OMD و DOMD در نمونه‌های خام مطابق با یافته‌های Trevino et al. (2002) (به‌ترتیب در دامنه ۶۹۰-۸۰۰، ۶۵۰-۷۸۰ و ۵۴۰-۶۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود. میانگین مقادیر DOMD و ME در نمونه‌های خام مناطق سبزوار و سمنان بالاتر از مقادیر گزارش شده در مطالعه Suppadit (2010) (به‌ترتیب برابر ۵۲۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک و ۷/۸۲ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) بود. دلیل این اختلاف، مطابق با نظر Deshck et al. (1998) احتمالاً کمتر بودن مقدار ADF در نمونه‌های مطالعه حاضر می‌باشد (غلظت ADF در مطالعه Suppadit (2010) برابر ۲۵ درصد در ماده خشک بوده است).

این محققین نشان دادند که به ازای هر واحد درصد افزایش در مقادیر خاکستر به اضافه ADF مقادیر ME حدود ۰/۰۱۲۰ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک (r^2=۰/۷۷) کاهش می‌یابد. ارتباط منفی بین مجموع مقادیر خاکستر و ADF با ME غیر قابل انتظار نیست، خاکستر دارای مقادیر انرژی صفر و ADF بخش دیواره سلولی خیلی مقاوم به تجزیه پذیری و هضم شکمبه‌ای می‌باشد (Suppadit, 2010). مقدار ME در نمونه‌های

خام و فرآوری دو کارگاه مطابق با نمونه‌های مطالعه Salehtarigh (2009) (۹/۶ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) و Trevino et al. (2002) (۹/۶۲-۸ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک) بود.

جدول ۴- گوارش‌پذیری آزمایشگاهی و انرژی قابل متابولیسم در نمونه‌های خام و فرآوری شده بستر جوجه گوشتی.

کارگاه	بستر جوجه گوشتی	DMD	OMD	DOMD	ME
	نمونه‌های خام	۷۹۹^{a}	۷۹۸^{a}	۶۵۱^{a}	۹/۶۳^{a}
		(۷/۰)	(۶/۸)	(۵/۶)	(۰/۰۷)
	فرآوری دیگ	۷۸۱^{b}	۷۹۱^{a}	۶۴۶^{a}	۹/۵۶^{a}
سبزوار		(۴/۱)	(۱۰/۸)	(۸/۸)	(۰/۱۳)
	فرآوری پرس	۷۷۱^{b}	۷۷۳^{b}	۶۲۹^{b}	۹/۳۱^{b}
		(۸/۶)	(۹/۱)	(۷/۵)	(۰/۱۰)
	SEM	۴/۰	۳/۹	۳/۴	۰/۰۵
	نمونه‌های خام	۷۸۰^{a}	۷۹۱^{a}	۶۵۵^{a}	۹/۷۰^{a}
		(۱۳/۸)	(۲۰/۳)	(۱۶/۸)	(۰/۲۵)
	فرآوری دیگ	۷۷۳^{a}	۷۸۷^{a}	۶۴۴ ^{a}	۹/۵۳^{a}
سمنان		(۴/۱)	(۴/۷)	(۳/۹)	(۰/۰۵)
	SEM	۲/۹۶	۴/۰۵	۳/۷۸	۰/۰۶

DMD: گوارش‌پذیری ماده خشک، OMD: گوارش‌پذیری ماده آلی، DOMD: ماده آلی گوارش‌پذیر در ماده خشک (گرم در کیلوگرم ماده خشک)، ME: انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در کیلوگرم ماده خشک).

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری

کاربرد فرایند حرارتی غیر مستقیم بستر جوجه گوشتی، هرچند غلظت CP، منیزیم و مس را اندکی کاهش داده است، اما با سالم‌سازی بستر از پاتوژن‌ها، می‌تواند منجر به تولید یک مکمل پروتئینی غنی از پروتئین خام (حدود ۲۵/۵ درصد)، مواد معدنی مناسب و سطح انرژی قابل متابولیسم نسبتاً مطلوب برای تغذیه نشخوارکنندگان شود، با توجه به افزایش قیمت مکمل‌های پروتئینی، قیمت تمام‌شده جیره، و از سوی مشکلات زیست‌محیطی را کاهش دهد. از سوی دیگر، فرایند پرس کردن، در مقایسه با فراوری حرارتی، غلظت پروتئین خام، کلسیم، منیزیم، سدیم، مس و ME را کاهش داد و در درجه بعدی قرار دارد.

REFERENCES

1. AOAC. (1990). *Official methods of analysis*, (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. USA: Washington, D. C.
2. Azizi-Shotorkhoft, A., Rouzbehan, Y & Fazaeli, H. (2012). The influence of the different carbohydrate source on utilization efficiency of processed broiler litter. *Livestock Science*, 148, 249-254.
3. Bakshi, M. P. S. & Fontenot, J. P. (1998). Processing and nutritive evaluation of broiler litter as livestock feed. *Animal Feed Science and Technology*, 74, 337-345.
4. Brown, J. E., Dangler, J. M., Gilliam, C. H., Porch, D. W. & Shumack, R. L. (1994). Comparison of broiler litter and inorganic nitrogen, phosphorus and potassium for double-cropped sweet corn and broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 17, 859-867.
5. Capucille, D. J., Poore, M. H. & Rogers, G. M. (2004). Growing and finishing performance of steers when fed recycled poultry bedding during the growing period. *Journal of Animal Science*, 82, 3038-3048.
6. Deshck, A., Abo-Shehada, M., Allonby, E., Givens, D.I. & Hill, R. (1998). Assessment of the nutritive value for ruminants of poultry litter. *Animal Feed Science and Technology*, 73, 29-35.
7. Elemam, M. B., Fadelelseed, A. M. & Salih, A. M. (2009). Growth performance, digestibility, N-balance and rumen fermentation of lambs fed different levels of deep-stack broiler litter. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 4, 9-16.
8. Elemam, M. B. M., Fadelelseed, A. M. & Salih A. M. (2010). The effect of deep stacking broiler litter on chemical composition and pathogenic organisms. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 22, Retrieved November 13, 2011, from http://www.lrrd.org/lrrd22/4/elem22065.html

9. Evers, G. W., Greene, L. W., Carey, J. B. & Doctorian, D. S. (1996). *Feeding broiler litter to beef cattle*., Texas Agricultural Experiment Station, The Texas A&M University System, MP-1773.
10. Fontenot, J. P. (2000). Utilization of poultry litter as feed for beef cattle. Animal Residuals Management. 19, 234-252.
11. Goetsch, A. L. & Aiken. G. E. (2000). Broiler litter in ruminant diets – Implications for use as a low cost byproduct feedstuff for goats. *Proceedings of a conference held at Debub University*, Awassa, Ethiopia. pp. 58-69.
12. Greenberg, N. A. & Shipe, W. P. (1979). Comparison of the abilities of trichloroacetic, picric, sulfosalicylic, and tungstic acids to precipitate protein hydrolysates and proteins. *Journal of Food Science*, 44, 735–737.
13. Hopkins, B. A. & Poore, M. H. (2001). Deep-Stacked broiler litter as a protein supplement for dairy replacement heifers. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 299-305.
14. Jakhmola, R. C., Kundu, S. S., Panj, M. L., Kiran Singh, Kamara, D. N. & Singh, R. S. (1988). Animal excreta as ruminants feed-scope and limitations under Indian conditions. Animal Feed Science and Technology, 19, 1-32.
15. Jordaan, J. D. (2004). *The influence of bedding material and collecting period on the feeding value of broiler and layer litter*. Ph. D. dissertation, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Animal, Game and Grassl and Science, University of the Free State.
16. Krishnamoorthy, U., Muscato, T. V., Sniffen, C. J. & Van Soest, P. J. (1982). Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 65, 217–255.
17. Kwak, W. S., Huh, J. W. & McCaskey, T. A. (2005). Effect of processing time on enteric bacteria survival and on temperature and chemical composition of broiler litter processed by two methods. *Bioresource Technology*, 96, 1529-1536.
18. Licitra, G., Hernandez, T. M. & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358.
19. Mavimbela, D. T. & Van Ryssen, J. B. J. (2001). Effect of dietary molasses on the site and extent of digestion of nutrients in sheep fed broiler litter. *South African Journal of Animal Science*, 31(1), 33-39.
20. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. 6nd ed. Pearson Education Inc., Harlow, UK.
21. McDougall, E. I. (1948). Studies on Ruminant Saliva 1. The composition and output of sheeps saliva. *Biochemical Journal*, 43(1), 99-109.
22. Ngodigha, E. M. & Owen, O. J. (2009). Evaluation of the bacteriological characteristics of poultry litter as feedstuff for cattle. *Scientific Research and Essays*, 4(3), 188–190.
23. NRC. (2000). *National Research Council: Nutrient requirements of beef cattle* (7th edition). USA: National Academy Press, Washington, DC.
24. NRC. (2007). *National Research Council: Nutrient Requirements of Small Ruminants*: Sheep, goats, cervids, and New World camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
25. Obeidat, B. S., Awawdeh, M. S., Abdullah, A. Y., Muwalla, M. M., Abu Ishmais, M. A., Telfah, B. T., Ayrout, A. J., Matarneh, S. K., Subih, H. S. & Osaili, T.O. (2011). Effects of feeding broiler litter on performance of Awassi lambs fed finishing diets. *Animal Feed Science and Technology*, 165, 15-22.
26. Omeira, N., Barbour, E. K., Nehme, P. A., Hamadeh, S. K., Zurayk, R. & Bashour, I. (2006). Microbiological and chemical properties of litter from different chicken types and production systems. *Science of the Total Environment*, 367(1), 156-162.
27. Paudel, K. P. & McIntosh, C. S. (2005). Country report: Broiler industry and broiler litter-related problems in the southeastern United States. *Waste Management*, 25, 1083-1088.
28. Rankins, D. L., Ruffin, B. G., Van Dyke, N. J. & McCaskey, T. A. (2000). *Feeding Broiler Litter to Beef Cattle*., Alabama Cooperative Extension Service Document. ANR-557.
29. Salehtarigh, A. (2009). *Effect of heat treatment on microbial count and nutritive value of broiler litter with or withoutmolasses*. M. Sc. dissertation, Azad University of Pishva, Varamin. (In Farsi)
30. Smith, K. A. & Chambers, B. J. (1993). Utilizing the nitrogen content of organic manures on farms-problems and practical solutions. *Soil use management*, 9, 105-112.
31. Statistical Analysis System. (2002). Users Guide: Statistics, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
32. Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1980). Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd ed.). USA: McGraw-Hill. New York.
33. Stephenson, A. H., McCaskey, T. A. & Ruffin, B. G. (1990). A survey of broiler litter composition and potential value as a nutrient resource. *Biology Wastes*, 34, 1-9.
34. Suppadit, T. (2009). Effects of pelleting process on fertilizing values of broiler litter. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 15(2), 136-146.

35. Suppadit, T. (2010). Evaluation of the nutritive value of broiler and broiler parent stock litters after pelleting for ruminants. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 32(3), 213-217.
36. Talib, N. H. & Ahmed, F. A. (2008). Performance and carcass characteristics of intact Zebu Bulls fed different levels of deep stacked poultry litter. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(11), 1467-1473.
37. Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, 18, 104-111.
38. Trevino, H. M., Ornelas, E. G. & Barragan, H. B. (2002). Using high quality litter for growing beef cattle in an intensive feeding system increases and animal performance. *Técnica Pecuaria en México*, 40, 1-15.
39. Van Ryssen, J. B. J. (2000). *Poultry litter as a feed ingredient for ruminants: the South African situation*., South African Society of Animal Science, from http://www.sasas.co.za/Popular/ Popular.html.
40. Van Ryssen J. B. J., Van Malsen, S. & Verbeek, A. A. (1993). Mineral composition of poultry manure in South Africa with reference to the Farm Feed Act. *South African Journal of Animal Science*, 23(2), 54–57.
41. Van soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis B. A. (1991). Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
42. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell Univ. Press, Itacha, NY, USA.
43. Wang, Z. S. & Goetsch, A. L**.** (1998). Intake and digestion by Holstein steers consuming diets based on litter harvested after different numbers of broiler growing periods or with molasses addition before deep-stacking. *Journal of Animal Science*, 76, 880-887.