

اثر منبع پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیر و فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه و برخی متابولیت‌های خونی بره‌های نر پرواری

امام‌علی میرزایی^۱، حنیف ابراهیمی^۱، ایوب عزیزی^{۱*}، امیر فدایی فر^۱، علی کیانی^۱، آرش آذر فر^۱

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

مشخصات مقاله

کلمات کلیدی: بره پرواری، پروتئین غیر قابل تجزیه، پودر ماهی، عملکرد رشد، فعالیت آنزیمی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۴

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

آنلاین: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

*مسئول مکاتبات:

ایوب عزیزی

آدرس ایمیل:

azizi.ay@lu.ac.ir;

azizi.msc.modares@gmail.com

ail.com

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثرات نوع منبع پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (RUP) در جیره غذایی بر عملکرد رشد، مصرف خوراک، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی شکمبه و برخی متابولیت‌های شیمیایی خون بره‌های پرواری تغذیه شده با جیره‌های با نسبت پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP) به RUP مشابه (به ترتیب به نسبت ۶۰ به ۴۰) بود. تعداد ۲۸ رأس بره پرواری نر نژاد لری-بختیاری با میانگین سنی حدود چهار تا پنج ماهه و میانگین وزن زنده $35 \pm 2/5$ کیلوگرم انتخاب شد و به صورت انفرادی به مدت ۶۰ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و هفت بره در هر تیمار تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) جیره حاوی کنجاله سویا، ۲) جیره حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت، ۳) جیره حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی و ۴) جیره حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت+پودر ماهی بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان وزن نهایی ($59/2$ کیلوگرم) و افزایش وزن روزانه ($0/344$ کیلوگرم) و مطلوبترین ضریب تبدیل خوراک ($6/02$) در بره‌های تغذیه شده با جیره کنجاله سویا+پودر ماهی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله سویا و جیره حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت داشت ($P < 0/05$). مصرف ماده خشک تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P < 0/05$). بیشترین ($17/9$ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و کمترین ($16/3$ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) غلظت نیترژن آمونیاکی شکمبه به ترتیب در تیمار کنجاله سویا+پودر ماهی و کنجاله سویا+گلوتن ذرت به دست آمد ($P < 0/05$). فعالیت خارج سلولی و کل فعالیت پروتئازی شکمبه در تیمار کنجاله سویا+پودر ماهی بیشترین و در تیمار کنجاله سویا+گلوتن ذرت کمترین میزان بود ($P < 0/05$). غلظت پروتئین تام خون در تیمار کنجاله سویا+پودر ماهی بیشترین ($7/30$ گرم در دسی‌لیتر) و در تیمار کنجاله سویا کمترین ($6/68$ گرم در دسی‌لیتر) میزان بود ($P < 0/05$). در کل، نتایج نشان داد که مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با کنجاله سویا+پودر ماهی سبب افزایش عملکرد رشد و فعالیت پروتئازی شکمبه شد و تأثیر چندانی بر پارامترهای شکمبه‌ای نداشت.



© 2025 Novel Research in Animal Science (NRAS), Lorestan University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

مقدمه

در صنعت دامپروری بیش از ۷۰ درصد هزینه‌های تولید مربوط به بخش تغذیه است. در بین مواد مغذی مصرفی توسط دام‌ها، پروتئین یکی از مهم‌ترین و گران‌ترین مواد مغذی است. بنابراین، خوراک نشخوارکنندگان باید بر اساس تجزیه‌پذیری مواد غذایی، به ویژه برای پروتئین خام متعادل شود، زیرا هم توسط حیوان میزبان و هم میکروارگانیسم‌های شکمبه استفاده می‌شود. میکروارگانیسم‌های شکمبه از تجزیه پروتئین برای تشکیل اجزای پروتئینی دیواره سلولی به آمونیاک نیاز دارند. نشخوارکنندگان به یک پروتئین حقیقی و یک پروتئین خام میکروبی نیاز دارند (۲۹). مقدار جذب اسیدهای آمینه در روده باریک نمی‌تواند از مقادیر پروتئین خام یا پروتئین خام قابل هضم خوراک برآورد شود، زیرا که پروتئین خوراک بیان‌کننده نوع و مقدار پروتئین جریان یافته به روده باریک نیست (۷). در نشخوارکنندگان، پروتئین‌ها را می‌توان به دو نوع پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP) و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (RUP) تقسیم نمود. پروتئین RDP توسط آنزیم‌های ترشح شده از باکتری‌های شکمبه مانند پروتئازها، پپتیدازها و دامینازها تجزیه شده و به پپتیدها، اسیدهای آمینه و آمونیاک تبدیل می‌شود (۹). بخش RUP پروتئینی است که توسط میکروب‌های شکمبه تجزیه نشده، و لذا برای استفاده مستقیم حیوان میزبان، به شیردان و روده کوچک جریان پیدا می‌کند. این نوع منبع پروتئین در روده کوچک هضم می‌شود، یعنی در جایی که تقریباً ۸۰ درصد به صورت آمینواسید همراه با پروتئین خام میکروبی برای استفاده در بافت‌ها جذب می‌شود. پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه، در مقایسه با

پروتئین خام میکروبی، از نظر تأمین اسیدهای آمینه با کیفیت، برای نشخوارکنندگان پر تولید، اهمیت دارد (۲۹). طی چند دهه اخیر تلاش‌های زیادی توسط متخصصین تغذیه دام به منظور رسیدن به حد بهینه تولید با دستکاری جیره نشخوارکنندگان برای افزایش راندمان استفاده از نیتروژن و ایجاد یک تعادل بهینه بین RDP به RUP صورت گرفته است. عدم تعادل بهینه بین RDP و RUP در جیره نشخوارکنندگان می‌تواند تولید پروتئین میکروبی، بازده استفاده از نیتروژن و میزان هضم فیبر و همچنین قابلیت دسترسی سطح بهینه‌ای از آمینواسیدها در روده باریک را محدود سازد. نشخوارکنندگان پر تولید به درصد بیشتری RDP در جیره غذایی خود نیاز دارند تا نیازهای اسید آمینه در مرحله بعد شکمبه‌ای را برآورده کنند. یکی از مهمترین راه‌های تأمین کافی پروتئین برای دام‌های با تولید و سرعت رشد زیاد، بدون تنش آمونیاک اضافی، کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین‌های جیره غذایی است (۱۷). از آنجایی که RUP در شکمبه قابل تجزیه نیست، افزودن منابع مختلف آن به جیره غذایی می‌تواند جریان اسیدهای آمینه حقیقی به دوازدهه را افزایش دهد. با این حال، جذب روده‌ای این آمینواسیدها به گوارش‌پذیری بعد شکمبه‌ای آن‌ها بستگی دارد که در بین منابع مختلف پروتئین متفاوت است. در پژوهشی با بررسی اقلام خوراکی مختلف مشخص شد که جذب روده‌ای منابع مختلف RUP از ۲۲ تا ۶۷ درصد متغیر است (۳۳). مشخص شده است که با این که مکمل RUP جریان اسیدهای آمینه ضروری را به روده کوچک افزایش می‌دهد، اما جریان اولین آمینواسید محدود کننده به طور مداوم افزایش نمی‌یابد (۳۰). بنابراین، هم منبع و

هم کیفیت پروتئین باید در نظر گرفته شود، در حالی که با بررسی نتایج حاصل از مکمل‌های RUP، این رویکرد ممکن است اثرات متناقض RUP بر عملکرد تولیدی نشخوارکنندگان را توضیح دهد. بنابراین، جایگزینی جزئی RDP جیره غذایی با RUP ممکن است انرژی مورد استفاده برای دفع اوره را کاهش دهد و کارایی مصرف نیتروژن و بهبود رشد حیوانات را به دنبال داشته باشد. با این حال، شواهد علمی در مورد نیاز جیره‌هایی غذایی RUP برای نشخوارکنندگان متناقض است. کنجاله سویا پرمصرف‌ترین منبع پروتئینی در تغذیه دام است که دارای پروفیل آمینواسیدی مطلوبی است. هرچند از نظر متیونین کمبود دارد و ممکن است سبب کاهش بهره‌وری در استفاده از نیتروژن مصرفی در نشخوارکنندگان شود (۱۰). میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کنجاله سویا بسته به نوع عمل‌آوری و منطقه تولید بین ۴۵-۷۰ درصد گزارش شده است (۳۴). این تجزیه‌پذیری نسبتاً زیاد در شکمبه منجر به تولید آمونیاک مازاد می‌شود (۲۴ و ۳۲). لذا به منظور کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و افزایش جریان اسید آمینه به روده، کنجاله سویا مورد فرآوری حرارتی قرار می‌گیرد. کنجاله گلوتن ذرت باقیمانده خشک شده پس از حذف سبوس، جوانه و نشاسته ذرت بوده (۳۶)، و حاوی حدود ۶۰ درصد پروتئین خام است که بیش از ۶۰ درصد آن RUP می‌باشد (۱۶ و ۲۱). قابلیت هضم اسیدهای آمینه گوگرددار آن برای نشخوارکنندگان بسیار بالا است (۲۱). کنجاله گلوتن ذرت در مقایسه با کنجاله سویا دارای لایزین کمتر و متیونین بیشتری است. منابع پروتئین حیوانی مانند پودر ماهی یکی از غنی‌ترین منابع پروتئینی محافظت شده طبیعی

هستند و عموماً نسبت به منابع پروتئین گیاهی قابلیت تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کمتری دارند (۱۸ و ۳۰). میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین پودر ماهی کم بوده و حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد گزارش شده است (۱۴). میزان گوارش‌پذیری بخش RUP پروتئین عبوری پودر ماهی بسیار زیادی بوده، به طوری که حدود ۹۵ تا ۹۷ درصد آن در روده باریک هضم می‌شود (۱۴). آن همچنین از تعادل بسیار مناسبی از نظر اسیدهای آمینه محدود کننده تولید شیر و گوشت مانند متیونین و لایزین برخوردار است (۲). پودر ماهی در مقایسه با کنجاله سویا حاوی میزان لایزین بیشتری است. در عمده مطالعات صورت گرفته تاکنون، معمولاً اثرات نسبت‌های مختلف RDP به RUP در نشخوارکنندگان روی عملکرد رشد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (۴ و ۵ و ۲۳). در ارتباط با بررسی اثر نوع منبع RUP در جیره‌های با نسبت مشابه RDP به RUP بر عملکرد بره‌های پرواری، تاکنون مطالعات اندکی صورت گرفته است. لذا هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرات نوع منبع RUP در جیره غذایی بر عملکرد رشد، مصرف خوراک، پارامترهای شکمبه‌ای، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی شکمبه و برخی متابولیت‌های خونی بره‌های پرواری نژاد لری-بختیاری تغذیه شده با جیره‌های با نسبت RDP به RUP مشابه (به ترتیب به نسبت ۶۰ به ۴۰) بود. علت انتخاب سطح نسبتاً زیاد RUP (۴۰ درصد) جیره‌ای این بود که از ورود مقدار قابل توجهی پروتئین با منشأ جیره به روده کوچک اطمینان حاصل شود، به گونه‌ای که بتوان نتایج را با کیفیت پروتئین RUP بهتر توجیه کرد. همچنین، اخیراً اثرات مثبت افزایش میزان RUP جیره‌ای بر متابولیسم نیتروژن نشخوارکنندگان

گزارش شده است (۱۲ و ۱۵ و ۱۹).

مواد و روش‌ها

دام‌ها، تیمارهای آزمایشی و مدیریت پرورش: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و هفت بره (تکرار) در هر تیمار آزمایشی (جمعاً ۲۸ بره نر نژاد لری-بختیاری) در ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. بازه سنی دام‌ها چهار تا پنج ماهه و میانگین و انحراف معیار وزن زنده آن‌ها $35 \pm 2/5$ کیلوگرم بود. دام‌ها از روز اول در جایگاه انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب $150 \times 100 \times 100$ سانتی‌متر نگهداری شدند. پانزده روز قبل از شروع آزمایش، بره‌ها علیه بیماری آنترتوکسمی واکسینه شدند و میزان ۲۰ میلی‌لیتر شربت ضد انگل کلوزانتل پنج درصد به ازای هر ۱۰ کیلوگرم وزن بدن و شربت ضد انگل دامیاکانیل (نیکلوزوماید) به ازای هر ۱۵ کیلوگرم وزن بدن (۷ تا ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر بره) به بره‌ها خوراندند. دام‌ها به مدت ۷۵ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۵ روز اول به عنوان دوره عادت‌پذیری دام‌ها به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۶۰ روز باقیمانده به عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند و نسبت علوفه به کنسانتره آن‌ها به ترتیب ۳۰ به ۷۰ در نظر گرفته شد. جیره‌ها به صورت کاملاً مخلوط (TMR) و در دو نوبت ساعت هشت صبح و شانزده عصر در اختیار بره‌ها قرار گرفت. هر روز قبل از خوراکدهی وعده صبح، پسماند خوراک هر بره از آخور جمع‌آوری شد و سپس خوراک تازه در آخور قرار می‌گرفت. همه حیوانات همواره به آب تمیز دسترسی داشتند. جیره‌های

آزمایشی که بر اساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (۲۷) تنظیم شده بودند، حاوی منابع مختلف RUP از جمله کنجاله سویا، گلوتن ذرت و پودر ماهی بودند. جیره‌ها شامل (۱) جیره حاوی کنجاله سویا، (۲) جیره حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت، (۳) جیره حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی و (۴) جیره حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت+پودر ماهی بودند. همچنین، در هر چهار جیره آزمایشی نسبت RDP به RUP یکسان بوده و به ترتیب ۶۰ به ۴۰ بود. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. مصرف خوراک و عملکرد بره‌ها: طی دوره اصلی آزمایش، روزانه خوراک مصرفی دام‌ها کنترل شد و به نحوی تغذیه شدند که حداقل پنج درصد پسماند در آخور آن‌ها باقی بماند. خوراک روزانه در دو وعده خوراکی یکسان در اختیار دام‌ها قرار گرفت. در روز اول و در پایان آزمایش، قبل از خوراکدهی وعده صبح و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی، دام‌ها توزین شدند و وزن زنده نهایی هر رأس دام تعیین شد. میانگین افزایش وزن روزانه هر دام با تقسیم کردن کل افزایش وزن (بر اساس کیلوگرم) به تعداد روز پرور (۶۰ روز) به دست آمد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم نمودن کل خوراک مصرفی (کیلوگرم) به کل افزایش وزن (کیلوگرم) بدست آمد.

جدول ۱- اجزاء خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک یا واحد ذکر شده)

ترکیب مواد خوراکی	سویا	سویا+گلوتن ذرت	سویا+پودر ماهی	سویا+گلوتن ذرت+پودر ماهی
یونجه	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰
کاه گندم	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰
جو بلغور	۲۷/۶۰	۲۸/۸۰	۲۹/۰۰	۲۹/۴۰
ذرت آسیاب شده	۱۹/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰
کنجاله سویا	۱۳/۰۰	۵/۰۰	۶/۸۰	۵/۲۰
گلوتن ذرت	-	۳/۵۰	-	۲/۰۰
پودر ماهی	-	-	۴/۲۰	۲/۰۰
پودر چربی	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۳۰	۰/۵۵
سیوس گندم	۶/۰۰	۸/۰۷	۶/۰۴	۷/۰۰
پیش مخلوط ۱	۳/۵۰	۳/۵۰	۳/۵۰	۳/۵۰
اوره	۰/۱۲	۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۳۵
ترکیب شیمیایی				
ماده خشک	۹۰/۰۵	۹۰/۱۱	۹۰/۰۸	۹۰/۰۴
ماده آلی	۹۲/۵۷	۹۲/۸۳	۹۲/۱۴	۹۲/۵۳
پروتئین خام	۱۵/۰۷	۱۵/۰۰	۱۵/۰۶	۱۵/۰۱
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه (% CP)	۴۱/۱۴	۴۲/۰۰	۴۱/۸۳	۴۱/۳۰
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه	۶/۲۰	۶/۳۰	۶/۳۰	۶/۲۰
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه	۸/۸۷	۸/۷۰	۸/۷۶	۸/۸۱
بخش A پروتئین خام	۲/۱۱	۲/۷۱	۱/۹۳	۲/۴۵
بخش B1 پروتئین خام	۱/۴۱	۱/۱۸	۱/۶۹	۱/۴۰
بخش B2 پروتئین خام	۱۰/۱	۹/۴۸	۱۰/۰۵	۹/۶۵
بخش B3 پروتئین خام	۰/۷۴۵	۰/۹۰۲	۰/۷۱۸	۰/۸۲
بخش C پروتئین خام	۱/۰۲	۱/۰۲	۰/۹۹۶	۱/۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۱/۴۷	۳۱/۹۹	۳۱/۱۴	۳۱/۵۹
عصاره اتری	۳/۱۵	۳/۱۳	۳/۱۴	۳/۱۷
کلسیم	۱/۰	۰/۹۵	۱/۱۱	۱/۰۳
فسفر	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۸	۰/۴۲
انرژی قابل متابولیسم (Mcal/kg DM)	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۲	۲/۶۴

۱-هر کیلوگرم پیش مخلوط حاوی: ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۲۵۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۵۰۰ میلی‌گرم روی، ۳۷۵ میلی‌گرم مس، ۲۵ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۴۰۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۲۵۰۰ میلی‌گرم فسفر، ۲۰ میلی‌گرم کبالت، ۲۵ میلی‌گرم ید، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم سدیم به صورت نمک، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم سدیم به صورت بیکربنات سدیم و ۱۰۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان می‌باشد.

تعیین پارامترهای تخمیر و فعالیت آنزیم‌های

میکروبی شکمبه: جهت تعیین فراسنجه‌های شکمبه شامل pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی، اسیدهای چرب فرار و تعیین فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه در روز ۴۵ آزمایش و سه ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، مایع شکمبه توسط لوله مری از تمامی دام‌ها جمع‌آوری شد. میزان ۱۰ تا ۲۰ میلی‌لیتر اولیه جهت کاهش اثرات منفی بزاق بر pH دور ریخته شد. ابتدا pH محتویات شکمبه بلافاصله توسط دستگاه pH متر سیار (مدل 744؛ شرکت Metrohm سوئیس) اندازه‌گیری شد. سپس، محتویات شکمبه از چهار لایه پارچه متقال عبور داده شد و به ازای هر ۱/۲ میلی‌لیتر مایع شکمبه ۰/۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۲۵ درصد به آن اضافه شد (۲۶). نمونه‌ها جهت تجزیه اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Chrompack cp, 9002) به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا روز تجزیه انتقال داده شدند. از اسید ۲-اتیل بوتیریک به عنوان استاندارد داخلی جهت تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شد. قبل از تزریق به دستگاه، پس از یخ‌گشایی نمونه‌ها در دمای اتاق، به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰×g و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. سپس بخش مایع شفاف رویی (Supernatant) به داخل ویال‌های مخصوص کروماتوگرافی انتقال داده شد. برای هر نمونه میزان ۰/۲ میکرولیتر توسط سرنگ همپلتون به داخل دستگاه تزریق شد. ستون دستگاه (Carboxen TM 1000, 45/60) دارای طول ۱۲۲ سانتی‌متر و قطر ۱/۸ میلی‌متر بود. جریان گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا به داخل ستون به ترتیب ۳۰، ۳۰ و ۳۲۰ میلی‌لیتر در

دقیقه بود (۲۶). همچنین، برای تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه، ابتدا مقدار پنج میلی‌لیتر دیگر مایع شکمبه با پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال کاملاً مخلوط شد و سریعاً به فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بر اساس روش فنل-هیپوکلریت تعیین شد (۱۱).

تخمین فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی شکمبه: فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه شامل کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز، فعالیت تجزیه کاغذ صافی، آلفا آمیلاز و پروتئاز موجود در مایع شکمبه تخمین زده شد (۳). روش کار به این صورت بود که نمونه‌های مایع شکمبه به مدت ۲۰ دقیقه و با دور ۵۰۰۰×g سانتریفیوژ شد و بقایای پلت جمع‌آوری گردید. سپس بقایا تحت تاثیر تتراکلرید کربن و آنزیم لیزوزیم (سیگما آلد ریچ، CAS Number قرار گرفتند و مخلوط آنزیم‌های مایع شکمبه در بافر فسفات در سانتریفیوژ با دور ۲۷۰۰۰×g در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه بدست آمد. برای تخمین فعالیت کربوکسی متیل سلولاز، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، ۰/۵ میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و ۰/۵ میلی‌لیتر کربوکسی متیل سلولز یک درصد (سیگما آلد ریچ CAS Number 9004-32-4) بود که در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت انکوبه گردید. مخلوط واکنش برای آنزیم میکروکریستالین سلولاز که شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و یک میلی‌لیتر میکروکریستالین سلولز یک درصد (به عنوان سوپسترا) بود در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت مورد

خوراک دهی وعده صبح انجام شد. نمونه‌های خون در لوله‌های هپارینه ریخته شد و تا انتقال به آزمایشگاه در کنار یخ نگهداری شد. جداسازی پلاسمای نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد. پلاسمای جدا شده تا آنالیز فراسنجه‌های لازم در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. تعیین فراسنجه‌های خونی بر اساس دستورالعمل کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون انجام شد.

تجزیه شیمیایی نمونه‌ها: میزان ماده خشک نمونه‌های جیره و پسماند خوراک در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (۶). میزان خاکستر خام در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و میزان ماده آلی از اختلاف بین وزن ماده خشک نمونه اولیه با وزن خاکستر خام محاسبه شد (۶). میزان پروتئین خام نمونه‌ها با تعیین میزان نیتروژن آن-ها توسط دستگاه کدال صورت گرفت (۶). میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به ترتیب بر اساس روش‌های (AOAC (2005 و Van Soest et al., (1991 محاسبه شد (۶ و ۳۵).

آنالیز آماری: داده‌های حاصله در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. برای صفات مربوطه از رویه GLM نرم‌افزار آماری (SAS (2005 استفاده شد (۳۱). میانگین صفات به دست آمده توسط آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. وزن اولیه دام‌ها به عنوان کوواریت در نظر گرفته شد. مدل آماری طرح مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + e_{ijk}$$

انکوباسیون قرار گرفت. به منظور محاسبه فعالیت کاغذ صافی، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و ۰/۵ گرم کاغذ صافی واتمن شماره یک (به عنوان سوبسترا)، در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت انکوبه گردید. به منظور محاسبه فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، نیم میلی‌لیتر شیرابه شکمبه و نیم میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد بود که در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه گردید. در همه آزمون‌های مذکور، واکنش با افزودن سه میلی‌لیتر محلول اسید دی‌نیترو سالیسیلیک متوقف گردید. گلوکز آزاد شده در اثر فعالیت هر یک از آنزیم‌های مورد آزمون تخمین زده شد (۲۵). فعالیت‌های آنزیمی بر اساس این فرض که یک واحد آنزیمی توانایی تولید یک میکرومول گلوکز در هر دقیقه در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه را تحت شرایط مخلوط واکنش دارد، محاسبه گردید. برای تعیین فعالیت پروتئاز شکمبه، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، ۰/۲۵ میلی‌لیتر مایع شکمبه صاف شده و ۰/۲۵ میلی‌لیتر کازئین (۲/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) بود که در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت انکوبه گردید. سپس، مخلوط واکنش با افزودن تری‌کلرو استیک اسید (۲۰۰ میلی‌لیتر در لیتر) متوقف شد و پروتئین بر اساس روش مربوطه تعیین شد (۲۰).

تعیین متابولیت‌های خونی: نمونه‌گیری از خون جهت تعیین فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) در روز ۵۰ آزمایش و سه ساعت پس از

که در آن Y_{ijk} : صفت مورد نظر، μ میانگین کل، T_i اثر ثابت تیمار آزمایشی، A_j اثر تصادفی حیوان و e_{ijk} اثر خطای آزمایش می‌باشد.

برای آنالیز داده‌های مربوط به عملکرد رشد، وزن اولیه بره‌ها به عنوان کوواریت در نظر گرفته شده و از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} = T_i + \beta_i (X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

که در آن Y_{ij} صفت مورد نظر، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار آزمایشی، β ضریب رگرسیون، X_{ij} وزن اولیه با میانگین $\bar{X}$ و e_{ik} خطای آزمایش بود.

نتایج

مصرف خوراک و عملکرد رشد: اثر مصرف منابع مختلف پروتئین RUP بر مصرف ماده خشک و عملکرد رشد بره‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

افزودن کنجاله سویا+پودر ماهی به جیره سبب افزایش معنی‌دار وزن نهایی بره‌ها در مقایسه با بره‌های تغذیه شده با کنجاله سویا یا کنجاله سویا+گلوتن ذرت شد ($P < 0.05$)، هرچند تفاوت معنی‌داری با جیره کنجاله سویا+گلوتن ذرت+پودر ماهی نداشت ($P > 0.05$).

همچنین، افزایش وزن روزانه در بره‌های تغذیه شده با جیره کنجاله سویا+پودر ماهی در مقایسه با سایر بره‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). بره‌های تغذیه شده با جیره کنجاله سویا+پودر ماهی بهترین، و بره‌های تغذیه شده با جیره کنجاله سویا+گلوتن ذرت بدترین ضریب تبدیل خوراک را به خود اختصاص دادند ($P < 0.05$). مصرف ماده خشک در بره‌ها تحت تأثیر نوع منبع RUP قرار نگرفت ($P > 0.05$).

پارامترهای تخمیر شکمبه: همان‌طوری که در جدول ۳ نشان داده شده است، منابع مختلف RUP تأثیری بر غلظت استات، پروپیونات، بوتیرات، ایزووالرات، والرات، کل اسیدهای چرب فرار تولیدی و نسبت استات به پروپیونات در شکمبه بره‌ها نداشت ($P > 0.05$).

غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه تحت تأثیر قرار گرفت، به طوری که بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در تیمار کنجاله سویا+پودر ماهی و کمترین میزان آن در جیره کنجاله سویا+گلوتن ذرت به دست آمد ($P < 0.05$). از این نظر بین تیمار کنجاله سویا+پودر ماهی با تیمار کنجاله سویا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$).

جدول ۲- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه بر عملکرد رشد و مصرف خوراک بره‌های پرواری

P-value	SEM	تیمارها			
		سویا+ماهی+گلوتن	سویا+ماهی	سویا+گلوتن	سویا
۰/۸۸	۰/۶۶۷	۳۵/۷ ^a	۳۵/۱ ^a	۳۵/۴ ^a	۳۵/۸ ^a
۰/۰۱	۰/۶۹۴	۵۸/۹ ^{ab}	۵۹/۲ ^a	۵۵/۱ ^c	۵۶/۹ ^{bc}
۰/۰۱	۰/۰۰۴	۰/۳۳۰ ^b	۰/۳۴۴ ^a	۰/۲۸۱ ^d	۰/۳۰۱ ^c
۰/۱۵	۰/۰۴۶	۲/۰۳	۲/۰۷	۱/۹۲	۱/۹۸
۰/۰۱	۰/۱۴۹	۶/۱۵ ^{bc}	۶/۰۳ ^c	۶/۸۲ ^a	۶/۵۷ ^{ab}

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه بر پارامترهای تخمیر شکمبه براه‌های پرواری

P-value	SEM	تیمارها				
		سویا+ماهی+گلوتن	سویا+ماهی	سویا+گلوتن	سویا	
۰/۶۶	۰/۰۸۴	۶/۲۵	۶/۳۱	۶/۳۶	۶/۳۹	Ph
۰/۰۵	۰/۴۸۶	۱۶/۵ ^b	۱۷/۹ ^a	۱۶/۳ ^b	۱۶/۹ ^{ab}	نیترژن آمونیاکی (mg/dl)
۰/۲۵	۱/۳۴	۱۰۶	۱۰۷	۱۰۹	۱۰۵	کل اسیدهای چرب فرار (mmol/l)
۰/۵۸	۱/۷۳	۶۵/۶	۶۵/۱	۶۷/۸	۶۴/۶	استات (mmol/l)
۰/۳۹	۰/۶۴۳	۲۱/۸	۲۳/۲	۲۳/۱	۲۲/۲	پروپیونات (mmol/l)
۰/۶۱	۰/۴۴۵	۱۳/۴	۱۳/۹	۱۳/۵	۱۳/۱	بوتیرات (mmol/l)
۰/۹۱	۰/۱۳۴	۱/۲۸	۱/۲۱	۱/۳۱	۱/۲۵	ایزوبوتیرات (mmol/l)
۰/۵۱	۰/۰۷۸	۱/۶۵	۱/۴۸	۱/۵۸	۱/۵۰	والرات (mmol/l)
۰/۸۲	۰/۱۴۳	۳/۰۱	۲/۸۱	۲/۹۵	۲/۹۳	نسبت استات به پروپیونات

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

($P > 0.05$)، اما کل فعالیت آنزیم مذکور تغذیه جیره کنجاله سویا+پودر ماهی بیشترین بود که دارای اختلاف معنی‌داری با جیره کنجاله سویا یا کنجاله سویا+گلوتن ذرت بود ($P < 0.05$)، اما تفاوتی با جیره کنجاله سویا+پودر ماهی+گلوتن ذرت نداشت ($P > 0.05$). تیمارهای آزمایشی تأثیری فعالیت پروتئازی بخش خارج سلولی شکمبه نداشت ($P > 0.05$)، هرچند فعالیت آنزیم مذکور در بخش‌های داخل سلولی و کل فعالیت آن تحت تأثیر نوع منبع RUP قرار گرفت، به طوری که بیشترین میزان فعالیت پروتئازی در هر دو بخش مذکور در تیمار حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی و کمترین میزان آن در تیمار حاوی کنجاله سویا+گلوتن ذرت به دست آمد

فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه: در جدول ۴ نتایج مربوط به اثر جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف RUP بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک میکروبی شکمبه براه‌های پرواری (میکرومول در میلی‌لیتر در ساعت) ارائه شده است. مکمل‌های RUP در جیره تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های شاخص تجزیه کننده فیبر شامل کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز و فعالیت تجزیه کاغذ صافی در همه بخش‌های مورد بررسی شامل بخش خارج سلولی، بخش داخل سلولی و کل فعالیت میکروبی نداشت ($P > 0.05$). جیره‌های آزمایشی تأثیری بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز شکمبه‌ای در بخش‌های خارج سلولی و داخل سلولی میکروبی نداشت

($P < 0.05$). متابولیت‌های خونی: نتایج مربوط به غلظت گلوکز، آلبومین و BUN در همه گروه‌های اثر منابع مختلف RUP بر غلظت متابولیت‌های خونی بره‌های پرواری در جدول ۵ ارائه شده است. آزمایش مشابه بود و تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه بر فعالیت آنزیم‌های میکروبی شکمبه بره‌های پرواری (میکرومول در دقیقه در میلی‌لیتر یا واحد ذکر شده)

P-value	SEM	تیمارها				
		سویا+ماهی+گلوتن	سویا+ماهی	سویا+گلوتن	سویا	
						کربوکسی متیل سلولاز
۰/۸۷	۲/۴۳	۸۹/۲	۹۱/۴	۸۸/۹	۹۰/۴	داخل سلولی
۰/۲۴	۱/۷۵	۵۳/۶	۵۲/۶	۴۸/۹	۵۳/۵	خارج سلولی
۰/۳۱	۲/۵۶	۱۴۳	۱۴۴	۱۳۸	۱۴۴	فعالیت کل
						میکروکریستالین سلولاز
۰/۷۹	۲/۷۹	۵۰/۶	۵۴/۲	۵۲/۹	۵۳/۷	داخل سلولی
۰/۸۷	۲/۵۳	۱۹/۳	۲۲/۱	۲۰/۳	۲۱/۳	خارج سلولی
۰/۸۰	۴/۸۱	۶۹/۸	۷۶/۲	۷۳/۲	۷۴/۹	فعالیت کل
						فعالیت تجزیه کاغذ صافی
۰/۶۱	۲/۷۶	۶۷/۴	۶۹/۵	۷۲/۵	۶۹/۱	داخل سلولی
۰/۷۷	۲/۴۳	۲۸/۸	۲۹/۷	۳۲/۳	۳۰/۳	خارج سلولی
۰/۵۳	۴/۱۵	۹۶/۱	۹۹/۲	۱۰۵	۹۹/۳	فعالیت کل
						آلفا آمیلاز
۰/۴۸	۸/۱۴	۲۵۷	۲۶۶	۲۵۵	۲۴۷	داخل سلولی
۰/۴۲	۳/۶۱	۱۲۶	۱۳۲	۱۲۵	۱۲۳	خارج سلولی
۰/۰۲	۴/۹۹	۳۸۲ ^{ab}	۳۹۷ ^a	۳۸۰ ^b	۳۷۰ ^b	فعالیت کل
						پروتئاز
۰/۵۶	۴/۴۰	۱۱۳	۱۲۰	۱۱۱	۱۱۳	داخل سلولی
۰/۰۳	۱/۹۲	۵۹/۸ ^{ab}	۶۴/۵ ^a	۵۵/۳ ^b	۶۱/۲ ^{ab}	خارج سلولی
۰/۰۳	۳/۸۷	۱۷۳ ^{ab}	۱۸۵ ^a	۱۶۶ ^b	۱۷۴ ^{ab}	فعالیت کل

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی منابع مختلف پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه بر متابولیت‌های بیوشیمیایی خون بره‌های پرواری

P-value	SEM	تیمارها				
		سویا+ماهی+گلوتن	سویا+ماهی	سویا+گلوتن	سویا	
۰/۴۲	۳/۳۷	۹۵/۱	۸۸/۳	۸۹/۵	۹۴/۳	گلوکز (mg/dl)
۰/۰۲	۰/۱۰۵	۷/۱۰ ^a	۷/۳۰ ^a	۷/۰۳ ^{ab}	۶/۶۸ ^b	پروتئین تام (g/dl)
۰/۶۶	۰/۰۸۷	۲/۹۶	۲/۹۹	۲/۸۵	۲/۹۰	آلبومین (g/dl)
۰/۷۹	۱/۴۸	۲۰/۲	۲۲/۲	۲۱/۴	۲۱/۸	نیترژن اوردهای خون (mg/dl)

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای تفاوت معنی‌دار هستند ($P < 0/05$)

ترتیب به نسبت ۶۰ به ۴۰) و لذا تنها منبع تغییر، نوع منبع RUP جیره متفاوت بود که اثرات آن بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیر شکمبه و متابولیت‌های خونی بررسی شود.

در مطالعه حاضر جایگزینی بخشی از کنجاله سویا با پودر ماهی سبب بهبود عملکرد رشد بدون تأثیر منفی بر مصرف خوراک در بره‌های پرواری شد. با اینکه کنجاله سویا منبعی غنی از پروتئین با کیفیت بالا و آمینواسیدهای ضروری (مانند لایزین) است، اما از نظر متیونین کمبود دارد. پودر ماهی نیز دارای پروتئین با کیفیت بوده و غنی از لایزین است (۱۸). لذا ترکیب پودر ماهی به همراه کنجاله سویا احتمالاً به تعادل آمینواسیدهای ورودی به روده کوچک کمک کرده و ممکن است رشد عضلانی و سنتز پروتئین را بهبود داده باشد. لذا ترکیب کنجاله سویا+پودر ماهی در پژوهش حاضر منجر به افزایش وزن روزانه بهتر و بهبود ضریب تبدیل خوراک شد. یکی از دلایل این اثرات مطلوب ممکن است به

این در حالی است که غلظت پروتئین تام پلاسما تحت تأثیر نوع منبع RUP قرار گرفت، به طوری که بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی بیشترین و تیمار تغذیه شده با کنجاله سویا کمترین غلظت پروتئین تام پلاسما را به خود اختصاص دادند ($P < 0/05$).

بحث

یکسان بودن مصرف ماده خشک در جیره‌های آزمایشی مختلف در آزمایش حاضر احتمالاً به دلیل ترکیب شیمیایی به خصوص محتوای پروتئین خام و انرژی قابل متابولیسم مشابه آن‌ها بوده است (جدول ۱). مصرف خوراک تحت تأثیر عواملی مانند محتوای فیبر خام و پروتئین جیره غذایی، تعادل تغذیه‌ای و گوارش‌پذیری مواد مغذی جیره قرار دارد. همچنین، شکل خوراک، ترکیب مواد مغذی، طعم و بافت خوراک نیز می‌تواند بر میزان مصرف خوراک در نشخوارکنندگان موثر باشد (۲۲). در آزمایش حاضر درصد پروتئین خام جیره‌های آزمایشی مشابه بوده و نسبت RDP به RUP در هر چهار جیره آزمایشی نیز مشابه در نظر گرفته شد (به

امکان بهبود کارایی مصرف نیتروژن از طریق متعادل نمودن آمینواسیدهای ورودی به بدن و کاهش مصرف انرژی مورد استفاده در آمین‌زدایی و دفع اوره در دام مرتبط باشد (۱۷). از طرف دیگر، استفاده از مخلوطی از منابع پروتئینی ممکن است که سبب تعادل بهتر آمینواسیدهای ورودی به روده و افزایش جذب روده‌ای آمینواسیدها و در نتیجه عملکرد بهتر در بره‌ها شده باشد. در مطالعات پیشین با افزایش نسبت پروتئین RUP جیره عملکرد بره‌های پروراری بهبود یافت (۱). در پژوهش حاضر مشخص گردید که نه تنها افزایش نسبت پروتئین RUP جیره به RDP، بلکه استفاده از مخلوطی مناسب از منابع مختلف پروتئینی احتمالاً به دلیل تعادل بهتر آمینواسیدها سبب بهبود عملکرد بره‌های پروراری می‌شود. در مطالعه حاضر غلظت آمونیاک مایع شکمبه در همه تیمارهای آزمایشی بیشتر از حداقل مقدار مورد نیاز (۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) جهت رشد بهینه میکروب‌های شکمبه بود (۸).

افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در جیره حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی احتمالاً به دلیل درصد بیشتر بخش B1 و B2 پروتئین خام در جیره مذکور (به ترتیب ۱/۶۹ و ۱۰/۱۵ درصد ماده خشک جیره) بوده (جدول ۱) که با تجزیه‌پذیری بیشتر در شکمبه سبب افزایش غلظت آمونیاک در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از مدل CNCPS، بخش‌های A، B1، B2، B3 و C پروتئین خام برای کنجاله سویا به ترتیب ۵/۰، ۴/۱، ۳۳/۸، ۰/۷ و ۰/۹ درصد تخمین زده شده است. بخش‌های

مربوطه برای پودر ماهی به ترتیب صفر، ۱۲/۲، ۴۵/۲، صفر و ۰/۶ درصد و برای گلوتن ذرت به ترتیب ۱/۸، ۰/۶، ۵۱، ۵/۴ و ۱/۲ درصد تخمین زده شده‌اند. با توجه به مجموع B1 و B2 که در پودر ماهی بیشتر از سایر منابع RUP جیره است، و با توجه به اینکه تنها منابع تغییر در جیره منابع RUP بوده است، لذا افزایش غلظت آمونیاک شکمبه در جیره حاوی پودر ماهی احتمالاً به خاطر افزایش بخش B1 و B2 در جیره مذکور بوده است. افزایش فعالیت پروتئاز شکمبه با مصرف جیره‌های حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی ممکن است تأییدی بر نتایج غلظت آمونیاک شکمبه باشد (جدول ۳). در همه دام‌های آزمایشی مشابه بودن فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر مطابق با میزان NDF در جیره‌های تغذیه شده بوده است (جدول ۱)، زیرا یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر در شکمبه، میزان سوبسترای فیبری موجود در شکمبه است که احتمالاً رابطه معکوسی با فعالیت آنزیم‌های فیبرولایติก و سلولولایติก مترشحه از باکتری‌های شکمبه و به تبع آن درصد هضم فیبر دارد. افزایش غلظت پروتئین تام پلاسما در بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله سویا+پودر ماهی ممکن است بخشی از آن به خاطر افزایش احتمالی جریان پروتئین میکروبی از شکمبه به روده باریک بوده باشد، چرا که بیشترین میزان B1 و B2 پروتئین خام جیره‌ای در جیره مذکور بوده است. بهبود کیفیت و

پروپیل آمینواسیدی RUP وارد شده با روده باریک با ترکیب کنجاله سویا+پودر ماهی ممکن است دیگر دلیل افزایش پروتئین تام خون در

- Ruminally Undegradable Protein Ratios on Performance and Carcass Characteristics of Crossbred Male Lambs. *Research on Animal Production*, 4 (8): 35-45.
2. Abu-Ghazaleh, A.A., Schingoethe D.J. and Hippen, A.R. 2001. Blood amino acids and milk composition from cows fed soybean meal, fish meal, or both. *Journal of Dairy Science*, 84: 1174-1181.
 3. Agarwal, N. 2000. Estimation of fiber degrading enzyme. In: Chaudhary, L.C., Agarwal, N., Kamra, D.N. and Agarwal, D.K. editor. *Feed microbiology*. Izatnagar (India): CAS Animal Nutrition, pp. 278-291.
 4. Akhtar, M., Ali, M., Hayat, Z., Yaqoob, M., and Sarwar, M. 2016. Effect of varying levels of dietary ruminal undegradable protein on feed consumption and growth performance of growing Kajli lambs. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18: 969-974
 5. Alkass, J.E., Dosky, K.N., and Buti, E.T.S. 2017. Influence of varying levels of rumen degradable to undegradable protein on milk yield, composition and some blood parameters of Karadi ewes. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 45: 287-298.
 7. Atkinson, R.L., Toone, C.D. Robinson, T.J. Harmon, D.L., and Ludden, P.A. 2010. Effects of ruminal protein degradability and frequency of supplementation on nitrogen retention,

جیره مذکور بوده باشد. افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی نیز می‌تواند دلیلی بر بهبود احتمالی سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه باشد (۱۳)، هرچند که در این مطالعه اثر جیره‌های آزمایشی بر سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه بررسی نشد. تعادل آمینواسیدی بهتر و درصد آمینواسیدهای محدود کننده بیشتر در پودر ماهی در مقایسه با کنجاله سویا و گلوتن ذرت ممکن است سبب هضم و جذب روده‌ای بیشتر شده باشد که به تبع، آن سبب افزایش غلظت پروتئین تام پلاسما شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با کنجاله سویا+پودر ماهی افزایش عملکرد رشد، غلظت نیتروژن آمونیاکی و فعالیت پروتئینازی شکمبه شد، هرچند آن تأثیر چندانی بر پارامترهای شکمبه‌ای و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده فیبر نداشت. در کل، استفاده از پودر ماهی همراه با کنجاله سویا به عنوان مکمل پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه در جیره غذایی بره‌های پرواری قابل توصیه است.

منابع

1. Ramezani, M.A., Chashnidel, Y., Teimori, A., Yansari and Deldar, H., 2012. Effect of Varying Ruminally Degradable to
6. AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.

- quality forage. *Journal of Animal Science*, 88: 727-736.
8. Azizi-Shotorkhoft, A., Rezaei, J., and Fazaeli, H. 2013. The effect of different levels of molasses on the digestibility, rumen parameters and blood metabolites in sheep fed processed broiler litter. *Animal Feed Science and Technology*, 179:69-76.
9. Bach, A., Calsamiglia, S., and Stern, M.D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* 88(E. Suppl): E9–E21.
10. Bittencourt, C.A., Alves Júnior, R.T., Silva, E.E.P. Meneguette, J.R.S., Schuh, B.R.F. Daley, V.L., Fernandes, S.R., Signoretti, R.D., and Freitas, J.A. 2022. Replacement of soybean meal with alternative protein sources in the concentrate supplement for lactating Holstein×Gyr cows in an intensive tropical pasture-based system: Effects on performance, milk composition, and diurnal ingestive behavior. *Livestock Science* 259: 104898.
11. Broderick, G., and Kang, J.H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63: 64-75.
12. Camargo, K.D.V., Messana, J.D., Silva, L.G., Granja-Salcedo, Y.T., Dias, A.V.L., Alves, K.L.G.C., Gonçalves, P.H., Souza, W.A., Reis, R.A., and Berchielli, T.T. 2022. Intake, metabolism parameters, and performance of growing beef cattle on pasture supplemented with different apparent digestibility and nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-rumen undegradable protein with different amino acid profile. *Animal Feed Science and Technology*, 286: 115258.
13. Chamberlain, D.G., Robertson, S., and Choung, J.J., 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives in sheep. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 63: 189–194.
14. Chase, L.E., Pell, A.N., Overton, T.R., and Russel, J.B. 2003. The net carbohydrate and protein system for evaluation herd nutrition and nutrient excretion, Cornell University, USA. 236 pp.
15. Costa, T.C., Lourenço, P.E.C., Souza, R.O., Lopes, M.M., Araújo, R.D., Santos, M.M., Luciano, L.P., Massensini, J.D., Chalfun, L.L.H., Rennó, L.N., Sampaio, C.B., Veroneze, R., Paulino, P.V.R., Gionbelli, M.P., and Duarte, M.S., 2022. Ruminant undegradable protein enriched diet during late gestation of beef cows affects maternal metabolism and offspring's skeletal muscle development. *Animal Feed Science and Technology*, 291: 115400.
16. Gunderson, S.L., Aguilar, A.A., Johnson, D.E., and Olson, J.D. 1988. Nutritional value of wet corn gluten feed for sheep and lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 71(5): 1204-1210.

17. Haddad, S.G., Mahmoud, K.Z., and Talfaha, H.A. 2005. Effect of varying levels of dietary undegradable protein on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs fed on high wheat straw diets. *Small Ruminant Research*, 58: 231-236.
18. Hussein, H.S., and Jordan, R.M. 1991. Fish meal as a protein supplement in ruminant diets: A review. *Journal of Animal Science*, 69: 2147-56.
19. Kim, S.Y., Bharanidharan, R., Im, S., Kim, K.H., Oh, J., Kim, H.J., Lee, J., Ranaweera, K.K.T.N., Jeong, J.W., Oh, J.S., Lee, S.H., and Baik, M. 2025. Effects of dietary rumen undegradable protein:rumen degradable protein ratio on nitrogen metabolism in Hanwoo steers. *Animal Bioscience*, 38(6): 1182-1193.
20. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the pholin-phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193: 262-275.
21. Maiga, H.A., Schingoethe, D.J., and Henson, J.E. 1996. Ruminal degradation, amino acid composition, and intestinal digestibility of the residual components of five protein supplements. *Journal of Dairy Science*, 79(9): 1647-1653.
22. Mallidadi, H., Nikolaus, T., and Enawati, L.S. 2019. Pengaruh level serat terhadap konsumsi dan pencernaan nutrisi sapi varian genetik dan sapi bali normal. *Jurnal Peternakan Lahan Kering*, 1: 410-416.
23. Manoukian, M., DelCurto, T., Kluth, J., Carlisle, T., Davis, N., Nack, M., Wyffels, S., Scheaffer, A., and Van Emon, M. 2021. Impacts of rumen degradable or undegradable protein supplementation with or without salt on nutrient digestion, and VFA concentrations. *Animals*, 11: 3011.
24. Mielke, C.D., and Schingoethe, D.J. 1981. Heat-treated soybeans for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 64: 1579-1586.
25. Miller, J.L. 1959. Modified DNS method for reducing sugars. *Analytical Chemistry*, 31: 426-429.
26. Nooriyan Soroor, E., Rouzbehan, Y., and Alipour, D. 2013. Effect of Echium amoenum extract on the growth rate and fermentation parameters of Mehrabani lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 184: 49-57.
27. NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington (DC, USA): National Academy of Sciences.
28. Parsons, C.H., Vasconcelos, J.T., Defoor, S., Nunnery, P.J., Slayer G.A., and Galyean, M.L. 2014. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristic and feeding behavior of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85: 3079-3089.
29. Putri, E.M., Zain, M., Warly, L., and Hermon, H. 2021. Effects of rumen-degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility,

- rumen fermentation, and microbial protein synthesis. *Veterinary World*, 14(3): 640–648.
30. Santos, F.A.P., Santos, J.E.P., Theurer, C.B., and Huber, J.T. 1998. Effects of rumen undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *Journal of Dairy Science*, 81: 3182-3213.
 31. SAS Institute Inc. 2005. User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
 32. Savari, M., Firouzabadi, M.S.S., Mohammadi, F., Abigaba, R., Rayshan, A.R., Gharagozloo, A., and Abdollahzadeh, F., 2023. Effects of rumen undegradable protein source on feed intake and milk yield of Holstein dairy cows. *South African Journal of Animal Science*, 53 (5): 764-774.
 33. Stern, M.D., Bach, A., and Calsamiglia, S. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal of Animal Science*, 75: 2256–2276.
 34. Titze, N., Chi, Y.P., Haese, E., Hartung, J., and Rodehutsord, M. 2024. Linkage of in situ ruminal degradation of crude protein with ruminal degradation of amino acids and phytate from different soybean meals in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(4): 2011-2025.
 35. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.
 36. Wu, J., Zhang, X., Wang, R., Wang, M., He, Z., Tan, Z., and Jiao, Z. 2020. Replacing corn grain with corn gluten feed: Effects on the rumen microbial protein synthesis, functional bacterial groups and epithelial amino acid chemosensing in growing goats. *Animal Feed Science and Technology*, 270: 114684.

The Effect of Rumen Undegradable Protein Source on Growth Performance, Fermentation Parameters, Rumen Microbial Enzyme Activity and Some Blood Metabolites of Fattening Male Lambs

Imam Ali Mirzaei¹, Hanif Ebrahimi¹, Ayoub Azizi^{1*}, Amir Fadayifar¹, Ali Kiani¹, Arash Azarfar¹

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the effects of dietary rumen undegradable protein (RUP) source on growth performance, feed intake, rumen parameters, activity of rumen microbial hydrolytic enzymes and some blood chemical metabolites of fattening lambs fed diets with a similar ratio of rumen degradable protein (RDP) to RUP (60 to 40, respectively). Twenty-eight Lori-Bakhtiari male fattening lambs with average age of 4 to 5 months and average live weight of 33 ± 2.5 kg were selected and fed individually for 60 days in a completely randomized design with 4 experimental treatments and 7 lambs in each treatment. The experimental treatments included 1) soybean meal diet, 2) soybean meal + corn gluten diet, 3) soybean meal + fish meal diet, and 4) soybean meal + corn gluten diet. Results indicated that the highest final weight gain (59.2 kg), daily weight gain (0.344 kg) and feed conversion ratio (6.02) were observed in lambs fed soybean meal + fish meal diet, which was significantly different from lambs fed soybean meal and soybean meal + corn gluten diet ($P < 0.05$). Dry matter intake was not affected by the experimental diets ($P < 0.05$). The highest (17.9 mg/dl) and lowest (16.3 mg/dl) rumen ammonia nitrogen concentration was obtained in soybean meal + fish meal and soybean meal + corn gluten treatments, respectively ($P < 0.05$). The concentration of volatile fatty acids and rumen pH were not affected by the experimental treatments ($P < 0.05$). The activity of rumen microbial enzymes, total alpha-amylase enzyme activity was highest in the soybean meal + fish meal treatment and lowest in the soybean meal treatment ($P < 0.05$). The extracellular activity and total rumen protease activity were highest in the soybean meal + fish meal treatment and lowest in the soybean meal + corn gluten treatment ($P < 0.05$).

ARTICLE INFO

Keywords: Enzyme activity, Fattening lamb, Fish meal, Growth performance, Undegradable protein

Received: 2025-5-14

Accepted: 2026-5-16

Available: 2026-5-16

* Corresponding author:
azizi.ay@lu.ac.ir;
azizi.msc.modares@gmail.com



© 2025 Novel Research in Animal Science (NRAS), Lorestan University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.