The effect of different levels of whey powder on growth performance, fermentation parameters, ruminal morphology, degradability and microbial protein biosynthesis in fattening lambs

Mohammad Hasanpour[1], Yadollah Chshnidel[2*], Asadolah Teymouri Yanesari[2], Zarbakht Ansari Pirsarei[2]

۱- Ph.D. Student in Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2- Faculty member of Department of Animal Sciences, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

*Corresponding Author's Email: ychashnidel2002@yahoo.com

Introduction The shortage of conventional foodstuffs and their increase in prices in the country has led to the major residues of various agricultural industries to be widely used in animal feed. Among these, one of the valuable unconventional foods is whey powder, which is a by-product of cheese production. The necessity is justified. Researchers have reported that the consumption of whey powder in fattening animals helps to improve ruminal fermentation due to the increase in rumen microbial population. Whey powder also has prebiotic properties; it contains a significant amount of lactose that is not absorbed to a large extent, but is fermented and converted to lactic acid and volatile fatty acids, which may stimulate the establishment of lactobacilli in the small intestine. Whey powder in animal feed, in addition to preventing environmental problems, reduces feed costs and improves yield. This study was conducted to determine the effect of different levels of whey powder on growth performance, fermentation parameters, ruminal morphology, degradability and microbial protein biosynthesis in fattening Zell lambs.

Material and methods In the first experiment, ruminal degradability of dry matter and crude protein were measured by nylon bag technique using three fistulated Zell and Afshari sheep that fed at maintenance level. Incubation time consisted of 0, 4, 8, 16, 24, 36, 48, 72 and 96. In the second experiment, the effect of different levels of whey powder on fermentation parameters, ruminal morphology and microbial protein biosynthesis, an experiment in completely randomized design (CRD) with four diets containing zero, 1.5, 3 and 4.5 % whey powder on 24 male lambs with initial mean weight 24± 2 kg and mean age 4.5±0.52 months for 90 days was performed. Energy and chemical composition of rations were similar. Data obtained were analyzed by statistical software SAS (version 1.9).

Results and discussion A significant difference was observed for final weight of fattening, dry matter consumption and daily weight gain among the experimental treatments, and the highest values were found in the 4.5% whey powder treatment. Also, a significant difference was observed for pH, ammonia nitrogen, total volatile fatty acids and acetic acid between experimental treatments. So, the treatment of 4.5% whey powder had the highest amounts of fermentation parameters. The 4.5% whey powder treatment had the highest population of total bacteria at 2 and 4 hours after feeding and protozoa population at 4 hours after feeding. The 4.5% whey powder treatment had the highest thickness, height, and density of villi among the experimental treatments. A significant difference was observed for the degradability parameters of dry matter and crude protein among experimental treatments. The Soluble, degradable and effective rumen degradability in passage rate constant parts had a significant difference. A significant difference in the amount of gas produced from the fermentable part was observed between experimental treatments. The highest amount of microbial protein production was observed in the treatment of 3% whey powder.

Conclusion The the consumption of higher levels of whey powder at a maximum of 4.5% in the diet of fattening lambs improved the growth performance and some ruminal indices and decomposability of dry matter and crude protein.

Key words: Dairy by-products, Protozoa Ruminants, Rumen villi, Volatile fatty acids

اثر سطوح مختلف پودر آب پنیر بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیری، ریخت‌شناسی شکمبه، تجزیه‌پذیری و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های پرواری

محمد حسن‌پور[۱]، یداله چاشنی دل [۲*]، اسداله تیموری یانسری[۲]، زربخت انصاری پیرسرایی[۲]

۱- دانشجوی دوره دکتری تغذیه دام، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۲- عضو هیات علمی گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: ychashnidel2002@yahii.com)

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر افزودن سطوح مختلف پودر آب پنیر بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیری، ریخت‌شناسی بافت شکمبه، تجزیه‌پذیری و تولید پروتئین میکروبی در بره‌های نر پرواری آمیخته‌های زل و افشاری انجام شد. از تعداد ۲۴ رأس بره با میانگین سن ۲۱±۱۳۵ روز و میانگین وزن اولیه ۲±۲۴ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی و به مدت ۹۰ روز برای انجام آزمایش حاضر استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (فاقد پودر آب پنیر) و تیمارهای حاوی ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد پودر آب پنیر در جیره (بر اساس درصدی از ماده خشک جیره) بودند. اختلاف آماری معنی‌داری برای وزن پایان پروار، ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد به‌طوری‌که تیمار حاوی ۴/۵ درصد پودر آب پنیر از بیشترین مقادیر برای این پارامترها برخوردار بود. همچنین اختلاف معنی‌داری برای pH، نیتروژن آمونیاکی، کل اسیدهای چرب فرار و اسید استیک مایع شکمبه در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد ۲۱۵۰۶۶۲۹۸۱، به‌طوری‌که تیمار حاوی ۴/۵ درصد پودر آب پنیر از بیشترین مقادیر برای این فراسنجه‌ها برخورداربود. همچنین تیمار حاوی ۴/۵ درصد پودر آب پنیر دارای بیشترین جمعیت کل باکتری‌ها به فاصلهٔ ۲ و ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی و نیز بیشترین جمعیت پروتوزوآی شکمبه‌ای به فاصلهٔ ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی برخوردار بود. تیمار حاوی ۴/۵ درصد پودر آب پنیر از بیشترین میزان ضخامت، ارتفاع، عرض و تراکم پرزها در بین تیمارهای آزمایشی برخوردار بود. اختلاف معنی‌داری برای فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. بخش غیرقابل تجزیه نیز در تیمار ۳ درصد پودر آب پنیر نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشت. اختلاف معنی‌داری در مقدار گاز تولیدی از بخش قابل تخمیر بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. بیشترین مقدار ساخت پروتئین میکروبی در تیمار حاوی ۳ درصد پودر آب پنیر مشاهده شد. در مجموع استفاده از سطوح بالاتر پودر آب پنیر (۴/۵ درصد) در جیرهٔ بره‌های پرواری سبب بهبود عملکرد رشد و برخی از شاخص‌های شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام شد.

واژه‌های کلیدی: ، اسیدهای چرب فرار، پرزهای شکمبه، پروتوزوآ، فرآورده‌های فرعی لبنی، دام نشخوارکننده

مقدمه

کمبود مواد خوراکی متعارف و افزایش قیمت آن‌ها در کشور موجب شده، تا عمده بقایای صنایع مختلف کشاورزی در سطح وسیع در تغذیه دام مورد استفاده قرار بگیرند. در این میان یکی از مواد خوراکی غیر متعارف و با ارزش، پودر آب پنیر بوده که فرآورده فرعی حاصل از تولید پنیر است. پروار حیوانات با پودر آب پنیر به‌عنوان یک روش ارزان قیمت مطرح می‌باشد که در آن هزینه خوراک به ازای هر کیلوگرم افزایش وزن از سایر روش‌ها کمتر می‌باشد (۴). لذا با توجه به تولید زیاد آب پنیر در کشور (حدود ۲ میلیون تن در سال) و قابلیت مصرف آن توسط دام‌های نشخوارکننده، تغذیه آن در جیره این حیوانات یک ضرورت قابل توجیه است (۲۹). پودر آب پنیر، باقیماندهٔ پنیر یا کازئین است که از پروتئین‌های حیوانی مورد استفاده در زنجیره غذایی انسانی می‌باشد. این ماده خوراکی دارای تعادل مناسبی از مواد مغذی است و می‌تواند در جیره دام استفاده شود (۱۵). پودر آب پنیر به‌دلیل وجود بقایای مواد مغذی شیر (مانند لاکتوز، پروتئین‌ها، لیپیدها و ویتامین‌ها)، به‌عنوان یکی از مهمترین فرآورده‌های جنبی صنایع لبنی و با ارزش، در تغذیه دام وارد شده است (۶۶). لاکتوز موجود در آب پنیر به آسانی تخمیر شده و منبع عالی کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالا (انرژی) برای میکروب‌های شکمبه می‌باشد. همچنین پودر آب پنیر دارای ۱۴ درصد پروتئین خام (براساس مادهٔ خشک) می‌باشد که این پروتئین‌ها محلول و دارای کیفیت عالی می‌باشند که منبع نیتروژن مناسبی برای میکروب‌های شکمبه محسوب می‌شوند (۱۵). افزون بر این پودر آب پنیر احتمالاً از طریق تغییر در سیستم‌های آنزیمی دستگاه گوارش، کاهش اختلالات گوارشی، تحریک میکروارگانیسم های دستگاه گوارش و بهبود جذب مواد مغذی از دستگاه گوارش، باعث بهبود عملکرد رشد در دام‌های نشخوارکننده می‌شود (۱۱).

نتایج برخی مطالعات نشان داد که مصرف پودر آب پنیر در جیره سبب بهبود عملکرد رشد در بره‌های پرواری (۴، ۳۴) و بهبود افزایش وزن روزانه در گوساله‌ها می‌شود (۳۲). محققین گزارش کردند که مصرف پودر آب پنیر در دام‌های پرواری به‌دلیل افزایش جمعیت باکتری‌ها و پروتوزوآهای مایع شکمبه، به بهبود تخمیر شکمبه کمک می‌کند (۳۳). پودر آب پنیر دارای خاصیت پری‌بیوتیکی نیز می‌باشد (۳۹)؛ به طوری‌که دارای مقدار قابل توجهی (حدود ۶۵ درصد) لاکتوز است که تا حدود زیادی جذب نمی‌شود، بلکه تخمیر می‌گردد و به اسید لاکتیک و اسیدهای چرب فرار، تبدیل می‌شود که ممکن است استقرار لاکتوباسیل‌ها را در روده باریک تحریک کند. بالا رفتن غلظت اسیدهای چرب فرار، باعث کاهش pH دستگاه گوارش شده که این امر سبب کاهش رشد باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود (۲۸). نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که مصرف پودر آب پنیر در جیره سبب بهبود برخی فراسنجه‌های شکمبه‌ای مانند تثبیت نوسانات pH مایع شکمبه (۶۷)، افزایش جمعیت میکروب‌های مایع شکمبه، بهبود تخمیر شکمبه‌ای (۲۸)، افزایش تعداد و فعالیت جمعیت پروتوزوآی شکمبه‌ای(۴۹) و نیز توسعه پرزهای شکمبه (۴۰) در دام‌های نشخوارکننده می‌شود. همچنین نتایج یک مطالعه نشان داد که ساخت پروتئین میکروبی شکمبه‌ای در نشخوارکنندگان به‌دلیل حضور لاکتوز در پودر آب پنیر بهبود می‌یابد (۳۰). همچنین عنوان شده است که پودر آب پنیر به‌عنوان یکی از منابع پروتئینی تجزیه‌پذیر شکمبه‌ای بوده، که در تغذیه نشخوارکنندگان در حال رشد مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷).

با توجه به این اینکه مطالعات اندکی در خصوص تأثیر سطوح مختلف پودر آب پنیر بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری بره‌های پرواری انجام شده است و با توجه به افزایش روز افزون تولید آب پنیر در کشور، انجام آزمایشات علمی متعدد برای بررسی اثرات آن در تغذیه دام ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثر افزودن سطوح مختلف پودر آب پنیر به جیره بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیری، ریخت‌شناسی بافت شکمبه، تجزیه‌پذیری و بیوسنتز پروتئین میکروبی در بره‌های نر پرواری آمیخته‌های زل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ماه‌های تیر لغایت شهریور ۱۴۰۰ در یک مزرعهٔ خصوصی پرورش گوسفند متعلق به آقای حسن پور واقع در استان مازندران، شهرستان ساری به مدت ۹۰ روز انجام شد.

آزمایش اول: در این آزمایش، اثر سطوح مختلف پودر آب پنیر بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خامِ جیره در گوسفندان فیستوله‌دار، مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین اثر پودر آب پنیر بر تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام جیره‌های آزمایشی، از ۳ رأس گوسفند زل فیستولاگذاری شده شکمبه‌ای با میانگین وزن ۲/۵±۴۰ کیلوگرم استفاده شد. دام‌ها داخل قفس‌های متابولیکی نگهداری و در ساعات ۸ صبح و ۲۰ شب با جیره دارای نسبت ۷۰ به ۳۰ علوفه به کنسانتره در سطح نگهداری تغذیه می‌شدند. سه تکرار از هر نمونه (حدود ۳ گرم) در کیسه‌های داکرون به ابعاد ۷×۱۴ سانتی‌متر و قطر منفذ ۴۵ میکرون در ساعات متوالی صفر ، ۴ ، ۸ ، ۱۲ ، ۱۸ ، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت شکمبه-گذاری شد. پیش از شکمبه‌گذاری، کیسه‌ها در آب ولرم خیسانده شده و پس از پایان زمان شکمبه‌گذاری، کیسه-ها با جریان آرام آب سرد با ماشین لباسشویی شستشو داده شدند تا رنگ آب خروجی کاملاً شفاف شود. سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. اتلاف زمان صفر از طریق غوطه‌ور کردن ۳ کیسه از هر نمونه در آب ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و محاسبه میزان مواد ناپدید شده محاسبه شد. اندازه‌گیری درصد پروتئین خام با استفاده از روش کجلدال صورت گرفت.

با کمک نرم افزار Neway، میزان ناپدید شدن مواد مغذی در زمان‌های مختلف انکوباسیون و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری با استفاده از معادله ارسکوف و مکدونالد (۴۷) برآورد شد و برازش داده‌ها با استفاده از معادله تجزیه‌پذیری مؤثر ارسکوف و مکدونالد ($P=a+bc/c+k$) انجام شد که در آن P مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده مغذی در زمان t، a بخش محلولِ با سرعت تجزیه‌پذیری بالا (٪)، b بخش نامحلول و دارای پتانسیل تجزیه‌پذیری، c ثابت نرخ تجزیه‌پذیری بخش b در واحد زمان (درصد/ساعت) و k نرخ جریان خروجی از شکمبه بود. فراسنجه‌های فوق با نرخ عبور فرضی ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ محاسبه شدند (۴۷).

برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های تولید گاز، با استفاده از روش منک و استینگاس (۳۸) ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه آسیاب شده (با اندازه ذرات ۱ میلی‌متر)، ۲۰ میلی لیتر بزاق مصنوعی و ۱۰ میلی لیتر مایع شکمبه در ویال‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی لیتری (۳ تکرار برای هر تیمار) ریخته شد همچنین ۳ ویال شیشه‌ای به‌عنوان بلانک قرار داده شد. مایع شکمبه از ۳ رأس گوسفند فیستوله قبل از خوراک‌دهی وعده صبح گرفته و با بزاق مصنوعی با نسبت ۱ به ۲ مخلوط شد. ویال‌های شیشه‌ای در حمام آب گرم (۳۸/۶ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. میزان گاز تولیدی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از کشت ثبت شد و فراسنجه‌ها با استفاده از معادله ۱ مورد بررسی قرار گرفتند، به‌طوری‌که

b تولید گاز از بخش نامحلول ولی قابل تخمیر (میلی‌لیتر/۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)، c ثابت نرخ تولید گاز برای بخش b، t زمان انکوباسیون و Y گاز تولیدی در زمان t می‌باشد. مقدار ME و OMD تیمارهای مختلف با استفاده از معادله ۲ و ۳ منک و استینگاس (۳۸) محاسبه شد که در این معادله GP گاز تولید شده زمان ۲۴ ساعت انکوباسیون، CP میزان پروتئین خام (گرم/کیلوگرم ماده خشک) و CA میزان خاکستر خام (گرم/کیلوگرم ماده خشک) است.

معادله (۱)

$$Y = b(1 - e^{-a})$$

معادله (۲)

$$ME(MJ/kgDM) = 2.2 + 0.136GP + 0.0057CP + 0.0002859EE^2$$

معادله (۳)

$$OMD(g/kgDM) = 14.88 + 0.8893GP + 0.0448CP + 0.0651CA$$

آزمایش دوم: در این آزمایش تأثیر افزودن سطوح مختلف پودر آب پنیر بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های تخمیری، ریخت‌شناسی بافت شکمبه، تجزیه‌پذیری و بیوسنتز پروتئین میکروبی در بره‌های نر پرواری آمیخته‌های زل و افشاری مورد بررسی قرا گرفت. بدین منظور تعداد ۲۴ رأس بره نر با وزن تقریباً یکسان استفاده شد. تیمارها شامل چهار جیره غذایی حاوی سطوح صفر (شاهد)، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد پودر آب پنیر بود که به ۲۴ رأس بره نر با میانگین وزن ۲±۲۴ کیلوگرم و میانگین سن ۲۱±۱۳۵ روز به مدت ۹۰ روز تغذیه شدند. جیره‌ها از نظر انرژی قابل متابولیسم و پروتئین قابل متابولیسم مشابه بودند. دام‌ها پس از انتقال به جایگاه انفرادی و طی مدت ۱۵ روز دوره عادت‌پذیری به جایگاه و جیره مصرفی، به مدت۹۰ روز تحت تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. جیره دام‌ها با نرم‌افزار سیستم تغذیه نشخوارکنندگان کوچک (SRNS[1]) تنظیم شد (۶۱). خوراک به صورت کاملاً مخلوط و دو بار در روز و به فاصله ۱۲ ساعت (۸ صبح و ۲۰ عصر) در اختیار دام‌ها قرار گرفت. هر روز صبح، باقیمانده خوراک روز قبل از آخور جمع‌آوری و توزین شد. به این ترتیب مقدار خوراک مصرفی روزانه و درصد خوراک باقیمانده حیوان تعیین شد. به‌منظور بررسی عملکرد پرواری دام‌ها، وزن‌کشی دام‌ها به‌صورت ماهانه تا پایان مدت آزمایش با اعمال ۱۲ ساعت گرسنگی قبل از توزین انجام و مقدار مصرف خوراک به صورت روزانه به‌منظور محاسبه ضریب تبدیل خوراک اندازه‌گیری شد.

1- Small Ruminant Nutrition System (SRNS)

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده (درصدی از ماده خشک)

Table 1- Ingredients and chemical composition of the experimental diets (% of DM)

اقلام Ingredients	تیمارهای آزمایشی Experimental diets			
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder
یونجه خشک Alfalfa hay	25	25	25	25
کاه گندم Wheat straw	5	5	5	5
دانه ذرت Corn grain	22.3	22.3	22.3	22.3
دانه جو Barley grain	26	26	26	26
سبوس گندم Wheat bran	10.4	8.9	7.4	5.9
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44% CP)	10	10	10	10
پودر آب پنیر Whey powder	0	1.5	3	4.5
مکمل معدنی+ویتامینی [۱] Mineral + Vitamin premix	0.5	0.5	0.5	0.5
پودر صدف Oyster powder	0.5	0.5	0.5	0.5
نمک Salt	0.3	0.3	0.3	0.3
ترکیب شیمیایی Chemical composition				
انرژی قابل سوخت و ساز (مگاکالری/کیلوگرم ماده خشک) ME (Mcal/kg DM)	2.78	2.89	2.92	2.96
پروتئین خام (درصدی از ماده خشک) Crude protein (% of DM)	14.25	14.28	14.31	14.40
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصدی از ماده خشک) NDF (% of DM)	34.45	33.28	34.19	33.30
کلسیم (درصدی از ماده خشک) Calcium (% of DM)	0.69	0.68	0.66	0.67
فسفر (درصدی از ماده خشک) Phosphorus (% of DM)	0.32	0.31	0.33	0.32

[۱] هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی شامل ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3 و ۱ گرم ویتامین E. هر کیلوگرم از مکمل معدنی شامل ۱۸۰ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۶۰ گرم سدیم، ۲ گرم منگنز، ۳ گرم آهن، ۰/۳ گرم مس، ۳ گرم روی، ۱ گرم کبالت، ۱ گرم سلنیوم، ۱ گرم ید، ۳ گرم آنتی‌اکسیدانت.

[1]Mineral vitamin mix composition: 500,000 IU/kg of vitamin A; 100,000 IU/kg of vitamin D_3; 1 g/kg of vitamin E; Mineral mineral mix composition: Mg; 180 g/kg of Ca; 90 g/kg of P; 20 g/kg of Mn; 60 g/kg of Na; 2 g/kg of Mn; 3 g/kg of Zn; 1 g/kg of Co; 1 g/kg of Se; 1 g/kg of I; 3 g/kg of Antioxidants.

پودر آب پنیر مورد استفاده محصول شرکت زرین البرز ایرانیان بود که به صورت پودر در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در بازار مصرف عرضه شده بود. این پودر دارای اسیدیته‌ای بین ۵/۸ تا ۶/۸، پروتئین خام ۱۲/۵ درصد، لاکتوز ۶۴ درصد، چربی ۱/۵ درصد و رطوبتی معادل ۴/۵ درصد بود. همچنین پودر آب پنیر مورد استفاده طبق آنالیز شرکت تولیدکننده فاقد باکتری‌های اشریشیا کولای ، سالمونلا، استافیلوکوکوس و کلی‌فرم بود. این پودر در سطوح مختلف پس از مخلوط شدن با جیره مصرفی، در اختیار دام های آزمایشی قرار گرفت.

مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش دو ساعت بعد از مصرف خوراک با استفاده از لوله مری، از شکمبه بره های آزمایشی مایع شکمبه گرفته شد. با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال قابل حمل (مدل ۸۲۷ متروم[۲]) اندازه‌گیری pH مایع شکمبه بلافاصله بعد از گرفتن نمونه مایع شکمبه بره‌های آزمایشی انجام شد. برای جلوگیری از تأثیر بزاق بر pH مایع شکمبه، نخستین نمونه گرفته شده دور ریخته شد. سپس نمونه مایع شکمبه با پارچه متقال چهار لایه صاف شده و نمونه ای از آن برای تعیین نیتروژن آمونیاکی و ترکیب اسیدهای چرب فرار به طور جداگانه برداشته (۱۰میلی‌لیتر) سپس به آن معادل همان حجم اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال اضافه و برای تجزیه آزمایشگاهی در فریزر در دمای۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بره‌های آزمایشی با استفاده از روش تیتراسیون (۱۰) انجام شد. در این روش ۵۰ میلی‌لیتر از مایع شکمبه د ر ظرف درب‌دار ریخته و ۰/۸ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به آن اضافه شد. نمونه‌ها د ر فریزر ۱۰ - د رجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری نگهداری شدند. پس از یخ‌گشایی نمونه‌ها با تقطیر آمونیاک شکمبه و جمع‌آوری آن با استفاده از تیترازول اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه تعیین شد. اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه شامل استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک به روش اوتنستین و بارتلی (۴۶) با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC – PU4410 – PHILIPS) با ستون شیشه‌ای (۱/۶۵ متر × ۴/۶ میلی‌متر) انجام شد. میزان تزریق نمونه‌ها به ستون ۱ میکرولیتر بود. دمای محل تزریق و محل تشخیص ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. دمای اولیه ستون برابر با ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بود که پس از به میزان ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و به مدت ۱ دقیقه در این دما باقی ماند. درنهایت دمای ستون به میزان ۹ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و این دما به مدت ده دقیقه به‌منظور خارج شدن همه نقطه‌های اوج (پیک‌ها) و اطمینان از تمیز شدن ستون حفظ شد. از نیتروژن به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. جهت بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی بافت دیواره شکمبه بره‌ها، در پایان آزمایش سه بره از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب، ذبح و دستگاه گوارش آن‌ها جدا شد. پس از بستن انتها و ابتدای آن، چربی ذخیره‌ای جدا شده، وزن پر و خالی شکمبه، نگاری، هزارلا و شیردان تعیین شدند. سپس با آب سرد به خوبی شسته، شکمبه و نگاری توسط چاقو باز شده و از ۹ نقطه (سه محل در هر قسمت از مرکز، کیسه های پشتی و شکمی) و از هر نقطه سه نمونه به اندازه یک سانتی‌متر مربع نمونه‌گیری و نمونه با محلول ۲۰ درصد فرمالین ثابت شده و به وسیله دستگاه میکروسکوپ بینی‌کولار با بزرگنمایی ۲۰ صفات طول، عرض پرزها (۱۰ پرز از هر نمونه)، ضخامت دیواره شکمبه و با بزرگنمایی ۱۰ تراکم

1-Metrohm

پرزها در هر سانتی‌متر مربع در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (۲۴).

پس از آخرین وزن‌کشی دوره پرواربندی و قبل از کشتار، نمونه گیری از مایع شکمبه برای اندازه‌گیری جمعیت کل باکتری‌ها (۳ ساعت بعد مصرف وعده خوراک صبح) انجام شد به طوری که بلافاصله نمونه ها در فلاسک آب گرم (۳۹ درجه سانتی گراد) به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه محیط کشت (شامل محلول نمکی ۱ حاوی فسفات هیدروژن دی پتاسیم و محلول نمکی ۲ حاوی فسفات دی هیدروژن پتاسیم، سولفات آمونیوم، کلرید سدیم و کلرید کلسیم) با pH ۷/۵۸ تهیه (۴۵) و سپس مقداری از مایع شکمبه با محلول رقیق‌سازی مخلوط و رقت‌های ۰/۱، ۰/۰۱ و۰/۰۰۱ تهیه و سپس از هر رقت سه تکرار با تلقیح ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رقیق در محیط کشت تهیه شد و با گازدهی با CO_2 به مدت۳۰ ثانیه درب لوله‌های کشت محکم بسته شد و در انکوباتور با دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از ۱۴ روز بررسی و قرائت pH و با تغییر pH و مشاهده رنگ کدر و خاکستری در ته هر لوله، رشد باکتری مثبت تلقی شد و سپس با استفاده از جداول MPV (محتمل‌ترین روش) شمارش انجام شد (۱۳). برای اندازه‌گیری جمعیت پروتوزوآهای مایع شکمبه بره‌های آزمایشی در روز ۹۰ آزمایش، تعداد ۳ رأس بره از هر تیمار انتخاب شد. ۲۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه با استفاده از لوله پلاستیکی از شکمبه حیوان در ۱ ساعت قبل از وعده خوراک، ۱ و ۳ ساعت بعد از وعده خوراک صبح از شکمبه حیوانات گرفته شد. با استفاده از پارچه متقال چهار لایه صاف و با حجم مساوی از فرمالین ۱۸ درصد مخلوط و پس از رنگ‌آمیزی با رنگ متیلن بلو، بریلیانت گرین و لوگول در تاریکی و در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. برای شمارش یک میلی‌لیتر از نمونه رنگ‌آمیزی شده و با ۹ میلی‌لیتر گلیسرول ۳۰ درصد رقیق و سپس شمارش مژکداران با استفاده از لام نئوبار و میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰ انجام شد. هر نمونه ۴ بار با لام هماسیتومتر (نئوبار) مورد شمارش قرار گرفت. نتایج شمارش به صورت غلظت (تعداد پروتوزوآ در هر میلی‌لیتر از مایع شکمبه) با استفاده از معادله (۴) گزارش شد (۱۳). در فرمول زیر N تعداد مژه‌داران در ۱ میلی‌لیتر از مایع شکمبه، a تعداد مژه‌داران در ۴ بخش در لام هماسیستومتر (نئوبار) و d نرخ رقت نمونه است.

$$N = 10/4 \times a \times d$$ معادله (۴)

به‌منظور تعیین مشتقات پورینی ادرار، کل ادرار تولیدی ۲۴ ساعته هر حیوان در پنج روز نمونه‌گیری در ظرف‌های مخصوص زیر قفس‌های متابولیسمی، جمع‌آوری شد. نمونه‌های ادرار جمع‌آوری‌شده هر حیوان در پایان هر دوره با هم مخلوط شد و ۲۰ میلی‌لیتر از آن، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تعیین مجموع گزانتین و هیپوگزانتین از روش آنزیمی (کیت‌های X7373 و H9377 شرکت سیگما) استفاده شد. بر اساس این روش مجموع گزانتین و هیپوگزانتین نمونه‌ها از طریق واکنش تحت تاثیر آنزیم گزانتین اکسیداز در انکباسیون به مدت ۶۰ دقیقه و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به اسید اوریک به جذب نوری در طول موج ۲۹۳ نانومتر دستگاه اتو آنالیزر (مدل RA1000) تعیین شد که با در نظر گرفتن حجم ادرار، تولید روزانه مجموع گزانتین و هیپوگزانتین شد (۹). برای محاسبه پروتئین میکروبی طبق مراحل ذیل اقدام شد:

۱-ابتدا بر اساس فرمول و با روش چن و گومز (۸) از مشتقات پورینی دفع شده (مجموع آلانتوئین و اسید اوریک)، پورین‌های جذب شده (میلی مول بر میلی لیتر) اندازه‌گیری شد که در این فرمول Y مشتقات پورینی دفع شده (میلی‌مول در میلی‌لیتر ادرار)، X پورین‌های جذب شده (میلی‌مول در میلی‌لیتر ادرار)، W وزن متابولیکی (کیلوگرم) و e عدد ثابت نپر (۲/۷۱۸) بود.

معادلـــــــ

ساخت پروتئین میکروبی بهبود می‌یابد (۱۶، ۴۴). گزارش شده است که مصرف آب پنیر در جیره گاوهای گوشتی سبب افزایش ظاهری نرخ ناپدیدشدن پروتئین خام در مایع شکمبه شد (۳۳). از دلایل احتمالی نتایج متفاوت در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در مطالعات علمی مختلف می‌توان به عواملی نظیر رفتارهای تغذیه‌ای، سلامت دام، ماهیت و روابط بین جمعیت‌های میکروبی مایع شکمبه، ماهیت و ترکیب شیمیایی جیره، مقدار ماده خشک مصرفی، تعداد دفعات خوراک اشاره کرد که می‌تواند تراکم گروه‌های مختلف میکروارگانیسم‌های شکمبه را تحت تأثیر قرار دهد (۲۱).

جدول ۱- اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام (درصد)

Table 1- The effect of experimental treatments on the parameters of dry matter and crude protein degradability (%)

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک						
Dry matter degradability parameters						
بخش محلول	30.7^{a}	27.5^{ab}	25.1^{b}	29.1^{a}	0.66	0.002
Soluble part						
بخش کندتجزیه	63.2	60.4	60.1	61.1	1.34	0.15
Slowly degradable						
بخش قابل تجزیه	93.8^{a}	87.9^{ab}	85.2^{b}	90.2^{ab}	0.41	0.003
Degradable part						
بخش غیرقابل تجزیه	6.11^{b}	12.04^{ab}	14.8^{a}	9.77^{ab}	0.06	0.002
Undegradable part						
نرخ ثابت تجزیه	5.19^{a}	4.24^{ab}	3.11^{b}	3.23^{b}	0.14	0.001
Degradation rate						
تجزیه‌پذیری مؤثر ماده مغذی در نرخ عبور (درصد در ساعت)						
Effective rumen degradability in passage rate constant (%/h)						
۰/۰۲	49.7^{a}	41.5^{ab}	36.3^{b}	45.1^{ab}	1.07	0.003
۰/۰۴	43.3^{a}	37.1^{ab}	34.1^{b}	39.4^{ab}	0.74	0.003
۰/۰۶	38.1^{a}	32.6^{ab}	32.6^{ab}	35.4^{a}	0.98	0.002
فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام						
Crude protein degradability parameters						
بخش محلول	9.04^{ab}	11.2^{a}	8.16^{b}	10.4^{b}	0.78	0.001
Soluble part						
بخش کندتجزیه	85.4	81.1	83.1	84.2	1.59	0.75
Slowly degradable						
بخش قابل تجزیه	94.5^{a}	92.3^{b}	91.3^{b}	94.6^{a}	0.52	0.001
Degradable part						
بخش غیرقابل تجزیه	5.50^{b}	7.65^{ab}	8.70^{a}	5.33^{b}	0.05	0.002
Undegradable part						
نرخ ثابت تجزیه	3.11^{ab}	2.95^{ab}	3.70^{a}	2.44^{b}	0.16	0.002
Degradation rate						
تجزیه پذیری موثر ماده مغذی در نرخ عبور (درصد در ساعت)						
Effective rumen degradability in passage rate constant (%/h)						

۰/۰۲	44.2[a]	42.5[a]	39.1[b]	41.2[ab]	1.12	0.003
۰/۰۴	40.2[a]	41.1[a]	36.7[b]	37.1[b]	0.69	0.002
۰/۰۶	35.5[a]	36.4[a]	32.2[b]	33.9[b]	0.82	0.002

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

فراسنجه‌های آزمون تولید گاز

نتایج مربوط به فراسنجه‌های تولید گاز در جدول ۲ نشان داده شده است. تفاوت معنی‌داری برای مقدار گاز تولید شده از بخش قابل تخمیر در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقدار گاز تولیدی از بخش قابل تخمیر به‌ترتیب در تیمار شاهد و تیمار حاوی ۳ درصد آب پنیر مشاهده شد. در سایر فراسنجه‌های تولید گاز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. گزارش شده است که مقدار گاز تولیدی و پتانسیل تولید گاز بین تیمارهای آزمایشی حاوی آب پنیر معنی‌دار نبود (۴۲). علائی باهر و همکاران (۱) گزارش دادند که تیمارهای حاوی آب پنیر نسبت به شاهد دارای حجم گاز تولیدی بالاتری در ساعات مختلف انکوباسیون بود.

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی فراسنجه‌های تولید گاز (میلی‌لیتر در ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک)

Table 2- Effect of experimental treatments on some gas production parameters (ml/200 mg DM)

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
دارای پتانسیل تولید گاز (b) Potential gas production (b)	53.3[b]	57.6[a]	59.2[a]	55.1[ab]	1.37	0.02
ثابت نرخ تولید گاز Constant rate of gas production (c, %/h)	0.08	0.09	0.08	0.08	0.002	0.17
میزان گاز تولیدی در زمان ۹۶ ساعت انکوباسیون The gas production at 96 h of incubation	60.1	61.3	58.2	59.6	1.49	0.36
قابلیت هضم مواد آلی Organic matter digestibility (%)	64.7	65.3	64.3	65.6	0.98	0.10
انرژی قابل سوخت و ساز ME (Mj/kg DM)	9.6	9.7	9.5	9.4	0.13	0.08

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

دفع مشتقات پورینی و ساخت پروتئین میکروبی

نتایج مربوط به دفع مشتقات پورینی و ساخت پروتئین میکروبی در جدول ۳ نشان می‌دهد که برای آلانتوئین دفعی و پروتئین میکروبی تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقدار آلانتوئین دفعی به‌ترتیب در تیمار ۴/۵ درصد آب پنیر و تیمار ۱/۵ درصد آب پنیر و بیشترین و کمترین مقدار پروتئین میکروبی به‌ترتیب در تیمار ۳ درصد آب پنیر و تیمار ۱/۵ درصد آب پنیر مشاهده شد. در سایر مشتقات پورینی ادرار تفاوت معنی‌داری در بین

تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد. یکی از دلایل احتمالی بهبود ساخت پروتئین میکروبی در تیمار دریافت کننده پودر آب پنیر در تحقیق حاضر این بود که مصرف آب پنیر استفاده از نیتروژن را برای ساخت پروتئین میکروبی افزایش می‌دهد. همچنین پودر آب پنیر چون دارای لاکتوز است و لاکتوز متشکل از گلوکز و گالاکتوز در شکمبه تخمیر می‌شود، این امر سبب افزایش ساخت پروتئین میکروبی در دام‌های نشخوارکننده می‌شود (۶۵). مطالعات نشان داد که نوع پودر آب پنیر مورد استفاده در جیره (شیرین یا تخمیر شده) و ترکیبات شیمیایی آن سبب بروز تفاوت در نتایج مربوط به نرخ ساخت پروتئین میکروبی در تحقیقات مختلف می‌شود (۳۲).

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر دفع مشتقات پورینی ادرار و ساخت پروتئین میکروبی

Table 3- The effect of experimental treatments on excretion of urinary purine derivatives and microbial protein production

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
آلانتوئین دفعی (میلی‌مول در روز) Allantoin excretion (mmol/day)	8.11[a]	7.23[b]	9.11[a]	9.66[a]	0.21	0.001
اسید اوریک (میلی‌مول در روز) Uric acid (mmol/day)	0.41	0.38	0.40	0.39	0.04	0.65
گزانتین و هیپوگزانتین (گرم در روز) Xanthine and hypoxanthine (g/day)	1.33	1.56	1.23	1.48	0.15	0.30
مشتقات پورینی (میلی‌مول در روز) Purine derivatives (mmol/day)	11.2	9.07	10.66	11.4	1.08	0.40
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein (g/day)	44.1[ab]	40.2[b]	47.7[a]	46.1[a]	1.29	0.002

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

آب پنیر به‌عنوان یکی از منابع پروتئینی تجزیه پذیر شکمبه‌ای بوده، که در تغذیه نشخوارکنندگان در حال رشد مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). نشان داده شده است که با مصرف آب پنیر توسط نشخوارکنندگان به دلیل افزایش جمعیت پروتوزوآ مایع شکمبه (۳۳)؛ و به‌دنبال آن بهبود تجزیه الیاف خام، ساخت میکروبی پروتئین افزایش می‌یابد (۳۶). گزارش شده است که ساخت پروتئین میکروبی شکمبه‌ای به‌دلیل حضور لاکتوز در پودر آب پنیر بهبود می‌یابد (۳۰). اندازه‌گیری پروتئین میکروبی در شکمبه می‌تواند وضعیت متابولیسم نیتروژن در شکمبه را نشان دهد. احتمالاً فراهم بودن انرژی قابل تخمیر برای میکروارگانیسم‌های شکمبه به‌دلیل لاکتوز موجود در آب پنیر، منجر به افزایش نرخ تولید پروتئین میکروبی شده است (۵۱). کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی با تغذیه پودر آب پنیر به بره‌های آزمایشی در تحقیق حاضر، می‌تواند به‌دلیل استفاده مناسب از نیتروژن آزاد شده در شکمبه و همزمانی آزادشدن نیتروژن آمونیاکی و انرژی جیره جهت ساخت پروتئین میکروبی باشد و به همین دلیل دفع نیتروژن از شکمبه نیز کمتر بوده است (۵۳). همچنین دو شرط اساسی برای استفاده بهینه از نیتروژن آمونیاکی در ساخت پروتئین میکروبی شامل غلظت مطلوب نیتروژن آمونیاکی تولید شده در شکمبه و در دسترس بودن منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌ها عنوان شده است (۵۱) که در تحقیق حاضر، افزایش ساخت پروتئین میکروبی در تیمارهای دریافت کننده ۳ درصد پودر آب پنیر احتمالاً مربوط به

استفاده بهینه از نیتروژن آمونیاکی تولید شده در شکمبه است (۵۳).

پروتئین میکروبی در تأمین نیاز نیتروژن نشخوارکنندگان نقش مهمی دارد و اکثر اسیدهای‌آمینه مورد نیاز برای رشد، نگهداری و تولید حیوان میزبان را فراهم می‌کند (۶۳). مشتقات پورینی ادرار برای تخمین پروتئین میکروبی در شکمبه حیوانات نشخوارکننده استفاده می‌شود، زیرا یک همبستگی میان جریان دئودنومی اسیدهای نوکلئیک و مشتقات پورینی گزارش شده است (۹). در تحقیق حاضر اثرات مثبت پودر آب پنیر در تولید پروتئین میکروبی موجب کاهش دفع آلانتوئین شد. احتمالاً کاهش تولید پروتئین میکروبی در شکمبه می‌تواند درنهایت سبب دفع کمتر آلانتوئین شود (۳۵).

عملکرد رشد (ماده خشک مصرفی، وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی)

نتایج مربوط به صفات عملکردی بره‌های پرواری در جدول ۴ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در صفات وزن پایان پروار، ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه در بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین وزن پایان دوره پروار به‌ترتیب در تیمار حاوی ۴/۵ درصد آب پنیر و تیمار شاهد، بیشترین و کمترین ماده خشک مصرفی به‌ترتیب در تیمار ۳ درصد آب پنیر و تیمار شاهد و همچنین بیشترین و کمترین افزایش وزن روزانه به‌ترتیب در تیمار ۴/۵ درصد آب پنیر و تیمار شاهد مشاهده شد. همسو با این نتایج، برخی مطالعات نشان دادند که مصرف آب پنیر سبب افزایش ماده خشک مصرفی (۱۷، ۲۰) و بهبود روند افزایش وزن (۱۴، ۳۲) در دام‌های نشخوارکننده شد. افزودن پودر آب پنیر احتمالاً از طریق تغییر در سیستم‌های آنزیمی، کاهش اختلالات گوارشی و تحریک میکروارگانیسم های دستگاه گوارش و بهتر نمودن جذب مواد مغذی از دستگاه گوارش باعث بهبود و افزایش وزن دام‌های تغذیه شده با آب‌پنیر می‌شود (۱۲) که می‌تواند از دلایل احتمالی بهبود عملکرد رشد در بره های مصرف کننده پودر آب پنیر در تحقیق حاضر باشد.

نتایج چندین مطالعه نشان داد که مصرف آب پنیر در جیره اثر معنی‌داری بر ضریب تبدیل غذایی بره‌های پرواری ندارد (۴، ۵۹) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. پودر آب پنیر به‌دلیل وجود بقایای مواد مغذی شیر مانند لاکتوز، پروتئین ها، لیپیدها، ویتامین‌ها و برخی مواد معدنی به‌عنوان یک منبع بالقوه مواد مغذی برای رشد حیوان و نیز نقش پروبیوتیکی آب پنیر (۳۹، ۴۰)، مصرف آن در جیره دام های پروای می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل بهبود عملکرد رشد معرفی شود. یکی دیگر از دلایل احتمالی بهبود وزن نهایی و ماده خشک مصرفی بره های پرواری در اثر مصرف پودر آب پنیر در تحقیق حاضر می‌تواند به این دلیل باشد که پودر آب پنیر دارای محتوای بالای پروتئین و انرژی (لاکتوز) (۵۰) و نیز دارای خاصیت بهبود دهنده طعم خوراک (۵۲) است.

جدول ٤- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد رشد بره‌های پرواری

Table 4- The effect of experimental treatments on the growth performance of fattening lambs

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
وزن اولیه پروار (کیلوگرم) Initial weight of fattening (kg)	25.60	26.13	25.38	24.66	2.01	0.648

وزن نهایی پروار (کیلوگرم) Final weight of fattening (kg)	43.13[b]	47.88a[b]	46.33[ab]	49.50[a]	1.03	0.027
ماده خشک مصرفی (گرم) Dry matter intake (g)	1454[b]	1623a[b]	1797[a]	1713[a]	40.22	0.001
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)	227.1[b]	245.4[ab]	262.8[a]	275.3[a]	4.61	0.002
ضریب تبدیل غذایی FCR	6.33	6.87	6.75	6.42	0.26	0.195

میانگین‌های هر ردیف با حروف متفاوت در سطح آماری ۰/۰۵ دارای اختلاف آماری معنی‌داری هستند.

The mean of each row with different letters have significant difference (P<0.05).

گزارش شده است که هضم مؤثر و بیشتر پروتئین پودر آب پنیر در روده باریک (قابلیت هضم حدود ۶۵ درصد در نشخوار کنندگان) با توجه به قابلیت هضم بالای محتوی پروتئینی آب پنیر به دلیل مقادیر بالای اسیدهای آمینه لیزین و ترئونین (۳۷) نسبت به سایر محتویات پروتئینی جیره (۲۵) احتمالاً می‌توانند سبب جذب بالاتر مواد مغذی و در پی آن بهبود عملکرد رشد در حیوان میزبان شود (۱۹). نتیجه یک تحقیق روی بره‌های پرواری بیان کرد که وزن پایانی بدن با مصرف پودر آب پنیر نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت (۴۳).

فراسنجه‌های شکمبه‌ای (pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه)

نتایج مربوط به فراسنجه‌های شکمبه‌ای بره‌های پرواری در جدول ۵ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در pH مایع شکمبه، نیتروژن آمونیاکی، کل اسیدهای چرب فرار و اسید استیک در بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقدار pH مایع شکمبه به‌ترتیب در تیمارهای ۱/۵ و ۳ درصد پودر آب پنیر، بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه به‌ترتیب در تیمار ۴/۵ درصد پودر آب پنیر و تیمار شاهد، بیشترین غلظت کل اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه به‌ترتیب در تیمار ۴/۵ درصد آب پنیر و تیمار شاهد و همچنین بیشترین و کمترین غلظت اسید استیک به‌ترتیب در تیمار حاوی ۴/۵ درصد آب پنیر و تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج حاضر بیانگر بهبود برخی شاخص‌های شکمبه ای به‌خصوص کاهش نوسانات pH مایع شکمبه و افزایش نسبت اسیدهای چرب فرار بویژه اسیداستیک در اثر مصرف ۴/۵ درصد پودر آب پنیر توسط بره‌های پرواری می‌باشد. تخمیر لاکتوز آب پنیر (نقش پری‌بیوتیکی) در دستگاه گوارش حیوان میزبان و تبدیل آن به اسید لاکتیک و اسیدهای چرب فرار استقرار لاکتوباسیل‌ها را در روده تحریک می کند و در ادامه بالا رفتن غلظت اسیدهای چرب، باعث کاهش pH دستگاه گوارش و سبب کاهش رشد باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود (۲۵، ۴۸). نتیجه یک مطالعه نشان داد که pH مایع شکمبه گاوهای شیری در تیمارهای حاوی آب پنیر نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود (۶۷).

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر آزمایشی بر pH، نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه بره‌های پرواری در پایان آزمایش

Table 5- Effect of experimental treatments on experiments on pH, ammonia nitrogen and ruminal VFA of fattening lambs at the end of the experiment

صفات	تیمارهای آزمایشی				خطای استاندارد	احتمال

Items	Experimental treatments				میانگین SEM	معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
pH مایع شکمبه Rumen fluid pH	6.29[ab]	6.61[a]	6.18[b]	6.49[a]	0.10	0.02
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Ammonia nitrogen (mg/dL)	10.82[b]	12.44[a]	11.2[ab]	13.5[a]	0.34	0.02
کل اسیدهای چرب فرار (میلی مول/لیتر) Total VFA (mmol/L)	88.6[b]	92.1[ab]	91.0[ab]	97.3[a]	2.09	0.03
اسید استیک Acetic acid	44.5[b]	49.8[ab]	50.7[ab]	55. 6[a]	1.61	0.03
اسید پروپیونیک Propionic acid	26.6	24.6	22.34	24.8	1.23	0.19
اسید بوتیریک Butyric acid	14.6	14.9	15.3	14.2	1.38	0.24
اسید والریک Valeric acid	1.54	1.61	1.43	1.24	0.26	0.41
اسید ایزووالریک Isovalric acid	1.34	1.21	1.45	1.51	0.29	0.62
نسبت استات به پروپیونات Acetate /propionate	1.88	2.21	2.41	2.28	0.17	0.49

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

در یک مطالعه بیان شد که با افزایش سطح پروتئین تک سلولی حاصل از آب پنیر مقدار pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بره‌های زل کاهش یافت (۴۲). تیوند (۶۲) گزارش داد که لاکتوز موجود در آب پنیر به‌سرعت توسط باکتری‌ها و پروتوزوآ در شکمبه تجزیه و به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود که سبب کاهش pH مایع شکمبه شد. همچنین گزارش شده است که مصرف آب پنیر در گاوهای فیستوله شده باعث کاهش pH شکمبه در ۱/۵ و ۳ ساعت بعد از مصرف خوراک صبح شد (۶۲). نتیجه یک مطالعه روی تلیسه‌ها نشان داد که مصرف پودر آب پنیر به دلیل کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین خام در شکمبه، سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نسبت به تیمار شاهد شد (۵۶).

تغذیه گوساله‌های نر پرواری با پودر آب پنیر به‌دلیل استفاده باکتری‌های شکمبه از لاکتوز به‌عنوان سوبسترا جهت تولید اسید بوتیریک، سبب افزایش غلظت بوتیرات و اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه شد (۲۶). یکی از دلایل احتمالی کاهش pH مایع شکمبه در بره‌های دریافت‌کننده ۳ درصد آب پنیر در تحقیق حاضر نسبت به تیمار شاهد، به‌دلیل نقش پری‌بیوتیکی پودر آب پنیر در کاهش pH مایع شکمبه به وسیله افزایش جمعیت پروتوزوآ است (۶). کاهش pH مایع شکمبه می‌تواند ناشی از تخمیر سریع‌تر مواد مغذی و افزایش نسبت مولی اسیدهای چرب فرار در مایع شکمبه باشد (۵۸). کاهش میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام در شکمبه، در اثر مصرف پودر آب پنیر توسط بره های پرواری در تحقیق حاضر را می‌توان یکی از دلایل اصلی کاهش معنی‌دار سطح نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه عنوان کرد (۵۹). لاکتوز موجود در آب پنیر یکی از منابع مهم انرژی برای میکروب‌های شکمبه محصوب شده که امکان استفاده از نیتروژن غیرپروتئینی در شکمبه را ممکن می‌سازد (۱۴). کاهش میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه همراه با کاهش سطح نیتروژن اوره‌ای

خون، احتمالاً می‌تواند سبب ابقاء بیشتر نیتروژن در بدن حیوانات شود (۵۵). نشان داده شد که کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی به‌دلیل استفاده بهینه از نیتروژن سبب افزایش ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه می‌شود (۶۴).

جمعیت پروتوزوآ و کل باکتری‌های مایع شکمبه

نتایج مربوط به جمعیت پروتوزوآها و جمعیت کل باکتری‌های مایع شکمبه بره‌های پرواری در جدول ۶ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری برای جمعیت کل باکتری‌ها در زمان‌های ۲ و ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی و همچنین در جمعیت پروتوزوآهای مایع شکمبه در زمان ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی در بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد ($P<0/05$). بیشترین جمعیت کل باکتری‌های مایع شکمبه در ۲ و ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی به‌ترتیب در تیمار ۳ و ۴/۵ درصد پودر آب پنیر مشاهده شد. بیشترین جمعیت پروتوزوآهای مایع شکمبه در ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی در تیمار ۴/۵ درصد پودر آب پنیر مشاهده شد. این نتایج حاکی از بهبود جمعیت میکروارگانیسم‌های مایع شکمبه با مصرف پودر آب پنیر در بره های پرواری بود. تخمیر لاکتوز موجود در پودر آب پنیر منجر به تولید کربوهیدرات های با قابلیت تخمیر بالا برای میکروارگانیسم‌های شکمبه‌ای می‌شود (۴۱). همچنین پودر آب پنیر به‌دلیل دارا بودن پروتئین‌ها محلول با کیفیت عالی، منبع نیتروژن مناسبی برای میکروب‌های مایع شکمبه بره های پرواری بودند و به دنبال آن افزایش جمعیت باکتری‌های مایع شکمبه در تحقیق حاضر قابل پیش‌بینی بود (۷). لی و همکاران (۳۳) عنوان کردند که مصرف پودر آب پنیر در گاوهای نر سبب افزایش معنی‌دارِ جمعیت میکروب‌های شکمبه و بهبود تخمیر شکمبه‌ای می‌شود.

جعفری خورشیدی و حسین پور (۲۷) گزارش دادند که جمعیت پروتوزوآ مایع شکمبه در گوسفند با مصرف آب پنیر افزایش داشت. یکی از دلایل احتمالی افزایش جمعیت باکتری‌ها و پروتوزوآهای مایع شکمبه بره های پرواری در تحقیق حاضر، استفاده از لاکتوز پودر آب پنیر به عنوان منبع انرژی توسط باکتری‌های مایع شکمبه می‌باشد (۴۱). علاوه بر این، آب پنیر می‌تواند نوع، فعالیت یا محیط میکروب‌ها را تغییر دهد (۲۲). همچنین پودر آب پنیر به‌عنوان نقش پری‌بیوتیکی آن می‌تواند باعث تثبیت pH مایع شکمبه شده و از این طریق می‌تواند باعث افزایش تعداد و فعالیت پروتوزوآی مایع شکمبه شود (۱۴، ۴۹).

جدول ٦– اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت کل باکتری‌ها و پروتوزوآهای مایع شکمبه بره‌های پرواری در پایان آزمایش

Table 6- The effect of experimental treatments on the total population of rumen bacteria and protozoa in fattening lambs at the end of the experiment

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
جمعیت کل باکتری‌ها **Total bacterial population** (تعداد در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه × $۱۰^{۹}$) (Number per ml of ruminal fluid * 10^9)						
ساعت صفر (قبل از خوراک‌دهی) Zero hour (before feeding)	2.27	2.30	2.28	2.32	0.04	0.27

۲ ساعت بعد از خوراک‌دهی 2 hours after feeding	2.08[b]	2.18[ab]	2.27[a]	2.22[a]	0.03	0.027
۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی 4 hours after feeding	1.94[b]	2.09[ab]	2.05[ab]	2.18[a]	0.04	0.04
جمعیت پروتوزوآها **Protozoan populations** (تعداد در هر میلی‌لیتر مایع شکمبه × ۱۰^۶) (Number per ml of ruminal fluid × 10^6)						
ساعت صفر (قبل از خوراک‌دهی) Zero hour (before feeding)	4.36	4.51	4.64	4.49	0.06	0.15
۲ ساعت بعد از خوراک‌دهی 2 h after feeding	4.13	4.29	4.46	4.59	0.07	0.46
۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی 4 hours after feeding	3.23[b]	3.47[ab]	3.54[ab]	3.87[a]	0.07	0.03

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

خصوصیات ریخت‌شناسی بافت دیواره شکمبه

نتایج خصوصیات پرزها و ریخت شناسی شکمبه بره‌های پرواری در جدول ۷ نشان داد که تفاوت معنی‌داری در ضخامت، ارتفاع، عرض و تراکم پرزهای شکمبه بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد (P<۰/۰۵). مصرف ۳ درصد پودر آب پنیر به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ضخامت و تراکم پرزهای شکمبه شد. همچنین ارتفاع و عرض پرزهای شکمبه با مصرف ۴/۵ درصد پودر آب پنیر به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بالاتر بود.

جدول ۷- اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات توسعه پرزهای شکمبه بره‌های پرواری در پایان آزمایش

Table 7- The effect of experimental treatments on the developmental characteristics of rumen villi of fattening lambs at the end of the experiment

صفات Items	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments				خطای استاندارد میانگین SEM	احتمال معنی‌داری P-Value
	Control	1.5% whey powder	3% whey powder	4.5% whey powder		
وزن شکمبه-نگاری (کیلوگرم) Weight of rumen- reticulum (kg)	1.24	1.36	1.28	1.40	0.11	0.75
حجم شکمبه- نگاری (لیتر) Volume of rumen- reticulum (liters)	6.21	6.78	6.92	7.10	0.47	0.42
ضخامت دیواره شکمبه (میلی‌لیتر) Thickness of rumen wall (mm)	1.35[b]	1.46[ab]	1.56[a]	1.41[ab]	0.03	0.02
ارتفاع پرزهای شکمبه (میلی‌لیتر) Height of rumen villi (mm)	2.58[b]	2.74[ab]	2.66[ab]	2.79[a]	0.03	0.02
عرض پرزهای شکمبه (میلی‌لیتر) Width of rumen villi (mm)	1.29[b]	1.35[b]	1.45[a]	1.52[a]	0.03	0.03
تراکم پرزها (تعداد در سانتی‌متر مربع) Density of villi (number/square centimeter)	71.5[b]	84.3[a]	91.6[a]	80.2[ab]	3.02	0.03

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (p<۰/۰۵)

Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

نتایج دو مطالعه نشان داد که مصرف پودر آب پنیر در تغذیه دام های نشخوارکننده با افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه، سبب توسعه بافت‌های شکمبه شد (۶، ۲۸). میراندا و همکاران (۴۰) گزارش دادند که توسعه پرزهای شکمبه در گوساله‌های دریافت‌کننده آب پنیر نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود. گزارش شده است که ارتفاع پرزهای شکمبه در گوساله‌های هلشتاین دریافت کننده پودر آب پنیر نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری بالاتر بود (۱۶). با مصرف جیره حاوی پودر آب پنیر، به‌دلیل استفاده میکروب‌های شکمبه از لاکتوز به‌عنوان منبع انرژی و در نتیجه افزایش نرخ تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه، توسعه پرزهای شکمبه اتفاق می‌افتد (۱۶). نتیجه دو مطالعه نشان داد که مصرف پودر آب پنیر در جیره سبب افزایش غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه در گوسفند (۲) و گوساله‌های پرواری (۵) شد. با توجه به اینکه رشد و تکامل طبیعی پرزهای شکمبه به جذب اسیدهای چرب فرار وابسته است (۳۱)؛ لذا با افزایش غلظت آن در اثر مصرف پودر آب پنیر در تحقیق حاضر، روند توسعه پرزهای شکمبه قابل پیش‌بینی بود.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع، نتایج نشان داد که وزن پایان دوره پروار و ماده خشک مصرفی به‌ترتیب با مصرف سطوح ۴/۵ و ۳ درصد پودر آب پنیر بهبود یافته است. بهبود در برخی فراسنجه‌های شکمبه‌ای شامل کاهش نوسانات pH و نیتروژن آمونیاکی، افزایش کل اسیدهای چرب فرار و اسید استیک مایع شکمبه، افزایش جمعیت پروتوزوآ و کل باکتری‌های مایع شکمبه و نیز پرزهای شکمبه با مصرف سطح ۴/۵ درصد پودر آب پنیر مشاهده شد. همچنین بهبود در فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام و نیز افزایش ساخت پروتئین میکروبی در تیمار ۴/۵ و ۳ درصد پودر آب پنیر حاصل شد. با توجه به نتایج حاصل، مصرف سطوح بالاتر پودر آب پنیر حداکثر ۴/۵ درصد در جیره مصرفی بره‌های پرواری به بهبود پارامترهای شکمبه‌ای و تجزیه‌پذیری کمک خواهد نمود.

منابع

1. Alaei Baher, S., H. Mohammadzadeh, A. Taghizadeh, and A. Hosseinkhani. 2019. The effect of bacterial and prebiotic additives on chemical composition, gas production and aerobic stability of corn silage. Iranian Journal of Animal Science Research, 2: 193-179. (In Persian).
2. Anderson, M. J. 1975. Metabolism of liquid whey fed to sheep. Journal of Dairy Science, 12: 1856-1859.
3. Arowolo, M. A., and J. He. 2018. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. Animal Nutrition, 3: 241-249.
4. Barile, D., N. Tao, C. B. Lebrilla, J. D. Coisson, M. Arlorio, and J. B. German. 2009. Permeate from cheese whey ultrafiltration is a source of milk oligosaccharides. International Dairy Journal, 9: 524-530.
5. Bragg, D. S. A., M. R. Murphy, and C. L. Davis. 1986. Effect of source of carbohydrate and frequency of feeding on rumen parameters in dairy steers. Journal of Dairy Science, 2: 392-402.
6. Brossard, L., F. Chaucheyras-Durand, B. Michalet-Doreau, and C. Martin. 2006. Dose effect of live yeasts on rumen microbial communities and fermentations during butyric latent acidosis in sheep: new type of interaction. Animal Science, 6: 829-836.

7. Bayat, A. 2002. The use of whey instead of water and its effect on the performance of Holstein fattening calves. Master Thesis, Department of Animal Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, (In Persian).

8. Chen, X. B., and M. J. Gomes.1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. Rowett Research Institure.

9. Chen, X. B., F. D. Hovell, E. R. Orskof, and D. S. Brown. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants: Effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivatives excretion by sheep. British Journal of Nutrition, 26: 767-746.

10. Conway, W. J. 1950. Micro diffusion analysis and volumetric error. (2th ed) Crosby Lock Wood and Son. London, U.K.

11. Cotanch, K.W., J. W. Darrah, T. K. Miller Webster, and W. H. Hoover. 2006. The effect of feeding lactose in the form of whey permeates on the productivity of lactating dairy cattle. W. H. Miner Agric. Res. Inst. Chazy, NY. www.whminer.com/research/whm-06-1.pdf. Accessed Jan. 7, 2013.

12. Chung, C. H., and D .F. Day. 2004. Efficacy of Leuconostoc mesenteroides (ATCC 13146) isomaltooligosaccharides as poultry prebiotic. Poultry Science, 8: 1302-1306.

13. Dehority, B. A. 2003. Rumen microbiology. Academic Press, London.

14. DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, and D. J. Schingoethe. 2004. Feeding lactose increases ruminal butyrate and plasma β-hydroxybutyrate in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 8: 2486-2494.

15. DePeters, E. J., L. J. Fisher, and J. L. Stone. 1986. Effect of adding dried whey to starter diet of early and late weaned calves. Journal of Dairy Science, 1: 181-186.

16. de Miranda, M. V. F., T. D. S. Teófilo, A. P. P. de Assis, H. M. D. S. Leite, A. K. de Moura, V. L. D. L. Melo, and P. D. O. Lima. 2021. Morphological and Volumetric Characteristics of Holstein-Gir Crossbred Calves' Stomachs Fed Diets Comprising Cheese Whey and Milk Powder. Journal of Sustainable Development, 14(2).

17. DePeters, E.J., L. J. Fisher, and J. L. Stone. 1986. Effect of adding dried whey to starter diet of early and late weaned calves. Journal of Dairy Science, 1: 181-186.

18. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 1: 1-42.

19. El-Tanboly, E., and M. El-Hofi Khoeshid. 2017. Recovery of cheese whey, a by-product from the dairy industry for use as an animal feed. Journal of Nutritional Health & Food Engineering, 5: 148-154.

20. Eseceli, H., S. Esen, M. Keten, A. Altıner, and T. Bilal. 2021. Effect of Whey Protein-Enriched Water on Performance and in Vivo Carcass Measurements in Fattening Merino Lambs. Alinteri Journal of Agricalture Science, 1: 61-65.

21. Forbes, J., and J. France. 1993. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. CAB International.

22. Galloway Sr, D. L., A. L. Goetsch, W. Sun, , L. A. Forster Jr, G. E. Murphy, E. W. Grant, and Z. B. Johnson. 1992. Digestion, feed intake, and live weight gain by cattle consuming bermudagrass hay supplemented with whey. Journal of Animal Science, 8: 2533-2541.

23. Ghorbani, G. R., and A. Hadj-Hussaini. 2002. In situ degradability of Iranian barley grain cultivars. Small Ruminant Reaserch, 44: 207-212.

24. Greenwood, R. H., J. L. Morrill, E. C. Titgemeyer, and G. A. Kennedy. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. Journal of Dairy Science,10: 2534-2541.

25. Gülşen, N., B. Coşkun, H. D. Umucalilar, F. Inal, and M. Boydak. 2002. Effect of lactose and dried whey supplementation on growth performance and histology of the immune system in broilers. Archives of Animal Nutrition, 2: 131-139.

26. Grummer, R. R., C. R. Staples, and C. L. Davis. 1983. Effect of defaunation on ruminal volatile fatty acids and pH of steers fed a diet high in dried whole whey. Journal of Dairy Science, 8: 1738-1741.

27. Jafari Khorshidi, K., and A. Hosseinpour. 2008. The effect of using different levels of fermented and concentrated whey in the diet on the rate of microbial protein synthesis and changes in protozoan populations in sheep rumen. Journal of Clinical Research in Large Livestock, 8. (In Persian).

28. Iji, P. A., A. Saki, and D. R. Tivey. 2001. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. British Poultry Science, 4: 505-513.

29. Jeacoce, R. E. 1977. Continuous measurements of the pH of beef muscle in intact beef carcases. International Journal of Food Science and Technology, 4: 375-386.

30. Juengst Jr, F. W. 1979. Use of total whey constituents–Animal feed. Journal of Dairy Science, 1: 106-111.

31. Krause, K. M., and G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. Animal Feed Science and Technology, 3: 215-236.

32. Lammers, B. P., A. J. Heinrichs, and A. Aydin. 1998. The effect of whey protein concentrates or dried skim milk in milk replacer on calf performance and blood metabolites. Journal of Dairy Science, 7: 1940-1945.

33. Lee, S. B., K. W. Lee, J. S. Lee, K. H. Kim, and H. G. Lee. 2019. Impacts of whey protein on starch digestion in rumen and small intestine of steers. Journal of Animal Science and Technology, 2: 98-108.

34. Lupo, C. R., F. C. D. A. R. Grecco, J. I. Eleodoro, L. F. C. C. Filho, C. C. Serafim, J. S. dos Santos, and C. Hernandes. 2019. Viability of the use of bovine milk whey at lamb finishing: performance, carcass, and meat parameters. Journal of Applied Animal Research, 1: 449-453.

35. Makkar, H. P. S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Small Ruminant Research, 3: 241-256.

36. Maiga, H. A., D. J. Schingoethe, and J. E. Henson. 1996. Ruminal degradation, amino acid composition, and intestinal digestibility of the residual components of five protein supplements. Journal of Dairy Science, 9: 1647-1653.

37. Mehri, M., A. Zareh, and A. Sami. 2004. The effects of supplementation of whey powder on broiler performance. Iranian Journal of Agricultural Science, 4: 1007-1013.

38. Menke, K. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research Development, 28: 7-55.

39. Mirshahi, S. 2012. Whey is a source of probiotics, Veterinary Journal. 47: 77-80 (In Persian).

40. Miranda, M. V. F. G. D., M. R. P. T. D. Morais, R. N. D. Lima, H. M. D. S. Leite, A. P. P. D. Assis, T. D. S. Teófilo, and P. D. O. Lima. 2019. Performance and development of gastric compartments of calves fed with cheese whey and transition milk. Ciência Rural, 49: 1-9.

41. Miron, J., D. Ben-Ghedalia, M. T. Yokoyama, and R. Lamed. 1990. Some aspects of cellobiose effect on bacterial cell surface structures involved in lucerne cell walls utilization by fresh isolates of rumen bacteria. Animal Feed Science and Technology, 1: 107-120.

42. Mousavi Anijdan, S. T., Y. Chashnidel, A. Teymouri Yansari, and A. Jafari Sayadi. 2016. The Effect of Different Levels of Single Cell Whey Protein on Feed Consumption, Dry and Nutrient Digestibility and Rumen Parameter of Gas Production in Zell Breeding Phases, 2nd National Congress of New Technologies of Iran Aiming at Sustainable Development, Tehran. (In Persian).

43. Nik-khah, A. 1984. The growth and carcass quality of Afshari Turkey and Mehraban lambs on different diets. Australian Society of Animal Production, 15: 498–499.

44. Nocek, J. E., and W. P. Kautz. 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health, and performance of pre-and postpartum dairy cattle. Journal of Dairy Science, 1: 260-266.

45. Orpin, C. G. 1977. The rumen flagellate Piromonas communis: its life-history and invasion of plant material in the rumen. The Journal of General Microbiology, 99: 107-117

46. Ottenstein, D. M., and D. A. Bartley. 1971. Separation of free acids in dilute aqueous solution column technology. Journal of Chromatographic Science, 9: 673–681.

47. Ørskov, E. R., and I. M. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science, 92: 499-503.

48. Patel, S. 2015. Functional food relevance of whey protein: A review of recent findings and scopes ahead. Journal of Functional Foods, 19: 308-319.

49. Pierce, K. M., T. Sweeney, P. O. Brophy, J. J. Callan, E. Fitzpatrick, P. McCarthy, and J. V. O'Doherty. 2006. The effect of lactose and inulin on intestinal morphology, selected microbial populations and volatile fatty acid concentrations in the gastro-intestinal tract of the weanling pig. Animal Science, 3: 311-318.

50. Poliquit, A. R., and S. L. Sanchez. 2013. Performance of growing lambs as influenced by liquid acid whey supplementation. Annals of Tropical Research, 1: 61-73.

51. Russell, J. B., J. D. O'connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. Journal of Animal Science, 11: 3551-3561.

52. Sedaghat, A., T. Ghorchi, and A. Toghdari. 2019. The effect of using different levels of whey powder on performance, digestibility and blood parameters in fattening periods, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Animal Sciences, Master Thesis, Animal Science Engineering, Animal Nutrition, (In Persian).

53. Salary N, A., M. H. Fathi Nasri, H. Farhangfar, and H. Naeemipour. 2013. Effect of Two Different Levels of Fiber on Feed Intake, Average Daily Gain, Feed Efficiency and Ruminal Metabolites of Holstein Calves. Iranian Journal of Animal Science Research, 4: 323-334.

54. SAS. 2001. Statistical Analysis System User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.

55. Scharenberg, A., Y. Arrigo, A. Gutzwiller, U. Wyss, H. D. Hess, M. Kreuzer, and F. Dohme. 2007. Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniferous sainfoin (Onobrychis viciifolia) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. Archives of Animal Nutrition, 5: 390-405.

56. Shapiro, D., and R. Volcani. 1977. Liquid acid whey to growing heifers. 2nd ed. Min. Agric., Cattle Div., Ext. Serv. (Hebrew).

57. Serafim, C. C., F. C. de Almeida Rego, J. T. Fabris, J. F. Molina, C .R. Lupo, M. J. Gasparini, and J.S. dos Santos. 2017. Consumo de Nutrientes e Perfil Metabólico de Cordeiros Confinados com Diferentes Teores de Soro de Leite em Pó Na Dieta. Uniciências, 1: 7-11.

58. Steele, M. A., J. Croom, M. Kahler, O. AlZahal, S. E. Hook, K. Plaizier, and B. W. McBride. 2011. Bovine rumen epithelium undergoes rapid structural adaptations during grain-induced subacute ruminal acidosis. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 6: 1515-1523.

59. Stienezen, M., G. C. Waghorn, and G. B. Douglas. 1996. Digestibility and effects of condensed tannins on digestion of Sulla (*Hedysarum coronarium*) when fed to sheep.

60. Tanha, T. 2020. Study of whey powder proteins and determination of rumen fegradation by nylon bag method. Journal of Experimental Animal Biology, 29: 141-133. (In Persian).

61. Tedeschi, L. O., A. Cannas, and D. G. Fox. 2010. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. Small Ruminant Research. 89: 174–184.

62. Thivend, P. 1978. Use of whey in feeding ruminants with particular reference to pollution problems. World Animal Review. FAO. Italy. 23-32.

63. Vaithiyanathan, S., R. Bhatta, A. S. Mishra, R. Prasad, D. L. Verma, and N. P. Singh. 2007. Effect of feeding graded levels of Prosopis cineraria leaves on rumen ciliate protozoa, nitrogen balance and microbial protein supply in lambs and kids. Animal Feed Science and Technology, 3: 177-191.

64. Van Soest, P. V., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 10: 3583-3597.

65. Windschitl, P. M., and D. J. Schingoethe. 1984. Microbial protein synthesis in rumens of cows fed dried whole whey. Journal of Dairy Science, 12: 3061-3068.

66. Yadav, J. S. S., S. Yan, S. Pilli, L. Kumar, R.D. Tyagi, and R.Y. Surampalli. 2015. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. Biotechnology Advances, 6: 756-774.

67. Zamani, J., A. Azizi, and H. Jahani Azizabadi. 2019. The effect of alfalfa replacement with straw processed with sodium hydroxide and whey on yield, characteristics of rumen fermentation, milk production and chemical metabolites of Holstein lactating cows, Master Thesis in Animal Nutrition, University of Kurdistan, and Faculty of Agriculture. (In Persian).

نسخه پیش انتشار

نسخه پیش انتشار