دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

اثر سطوح مختلف سیب‌زمینی بر قابلیت هضم مواد مغذی، آنزیم‌های فیبرولتیک و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در میش‌های دالاق

کتایون مهرانی[۱]، تقی قورچی[۲]، عبدالحکیم توغدری[۳] و راحله رجبی علی‌آبادی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسوول: ghoorchit@yahoo.com)
۳- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۹
صفحه: ۴۹ تا ۵۶

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی سطوح مختلف سیب‌زمینی در جیره بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای، قابلیت هضم موادمغذی و آنزیم‌های سلولایتیک مایع شکمبه شامل میکروکریستالین سلولاز و کربوکسی متیل سلولاز در بخش‌های مختلف مایع شکمبه (بخش جامد، خارج سلولی و درون سلولی) در میش‌های دالاق انجام گرفت. در این آزمایش از ۱۲ رأس میش نژاد دالاق در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱) تیمار شاهد (بدون سیب‌زمینی)، ۲) تیمار حاوی ۷/۵ درصد سیب‌زمینی و ۳) تیمارحاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی بر اساس ماده خشک جیره بودند. جیره‌ها از نظر پروتئین و انرژی یکسان بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که اختلاف در میزان pH مایع شکمبه در بین تیمارها با یکدیگر (۶/۰۲ تا ۶/۴۰) از نظر آماری معنی‌دار است (p=۰/۰۰۰۳). در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در تیمار شاهد (۱۴/۹۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و کمترین مقدار در تیمار حاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی (۱۱/۲۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) مشاهده شد و اختلاف بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار است (p=۰/۰۰۰۱). تعداد پروتوزوآ در تیمار شاهد کمترین مقدار و در تیمار حاوی ۷/۵ درصد سیب‌زمینی بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. این اختلاف بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۷/۵ و ۱۵ درصد سیب‌زمینی معنی‌دار شد (p=۰/۰۲۳). اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین تیمارها وجود داشت (p=۰/۰۰۰۱). از نظر فعالیت آنزیم‌های کربوکسی‌متیل سلولاز و میکرو کریستالین سلولاز در بخش سلولی، خارج سلولی، بخش جامد و کل (مجموع هر سه بخش)، بیشترین مقدار در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار حاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی مشاهده شد و از نظر آماری این اختلاف در بین سه تیمار معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۰۱). با توجه به نتایج ذکر شده می توان بدون هیچ مشکلی تا سطح ۱۵ درصد سیب‌زمینی خام در جیره میش‌ها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های سلولتیک، سیب‌زمینی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، قابلیت‌هضم، میش

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosun*) گیاه یک ساله از خانواده *Solanaceae* می‌باشد. سیب‌زمینی منبع خوبی از انرژی برای نشخوارکنندگان می‌باشد (۳). سیب‌زمینی یکی از پنج محصول مهم غذایی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. در فصول خاصی از سال، زمانی که عرضه سیب‌زمینی بیش از تقاضای آن باشد، با مشکل فروش این محصول روبه‌رو هستند (۵). سالانه ۵۰۱۹۲۷۱ تن محصول سیب‌زمینی در کشور تولید می‌شود که بر اساس گزارشات حدود ۳۰ درصد آن به‌صورت ضایعات از مسیر خرید و فروش خارج می‌شود. بنابراین می‌توان سیب‌زمینی‌هایی که کیفیت مناسب برای مصرف انسانی ندارند را در صنعت خوراک دام استفاده کرد (۳۱). سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین محصولات غده‌ای است که سالانه میلیون‌ها تن در جهان تولید می‌شود و پس از گندم، برنج و ذرت در مرتبه چهارم جهانی قرار دارد (۵). سیب‌زمینی یک محصول غده‌ای سرشار از نشاسته و دارای حدود ۸۰ درصد رطوبت است، پروتئین حدود ۱۰/۵درصد، انرژی بالا (۳/۶ مگاکالری انرژی متابولیسمی در کیلوگرم ماده خشک) و قابلیت هضم بیش از ۸۵ درصد این محصول خوراک با ارزشی برای دام‌ها محسوب شود. انرژی سیب‌زمینی با انرژی جو و سیلاژ ذرت برابری می‌کند، سطح الیاف آن کم است، همچنین سیب‌زمینی‌از نظر موادمعدنی به جز پتاسیم فقیراست. فسفر موجود در آن بیشتر به‌صورت فیتاتی بوده و از قابلیت هضم کمی برخوردار است و مقدار آن حدود ۰/۲۱ درصد است و دارای کلسیم ۰/۱۵ درصد می‌باشد. مقدار کربوهیدرات غیرالیافی در سیب‌زمینی بیشتر از دانه جو است (۳).

جو به‌عنوان یک غلّه بومی مهم‌ترین منبع نشاسته مورد استفاده در جیره‌ها است. بر اساس تحقیقاتی که انجام گرفته، مشخص شده است که نشاسته جو به‌سرعت در شکمبه تخمیر می‌شود (۱۲) که ممکن است منجر به افزایش مشکلات گوارشی مانند اسیدوز شکمبه‌ای شود. در چند سال گذشته مازاد تولید سیب‌زمینی جمع‌آوری و به‌عنوان خوراک با انرژی بالا استفاده شده است (۱۹). چاشنی‌دل و همکاران (۶) گزارش کردند که کاهش سطح دانه جو به‌عنوان منبع تأمین انرژی و افزایش سطح ضایعات پخته شده سیب‌زمینی تا ۱۵ درصد،

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

فراسنجه‌های خونی را تحت تاثیر قرار نداد. همچنین در تحقیقی دیگر گزارش شد که افزودن دو سطح ۷ و ۱۴ درصد سیب‌زمینی به جیره بره‌های پرواری نسبت به تیمار شاهد سبب اختلاف معنی‌دار در مقدار فراسنجه‌های خونی نشد (۲۱). تحقیقات خیلی کمی در خصوص استفاده از سیب‌زمینی در تغذیه میش‌ها انجام گرفته است، بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر سطوح مختلف سیب‌زمینی بر قابلیت‌هضم موادمغذی، آنزیم‌های فیبرولتیک و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در میش‌های دالاق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. دراین آزمایش از ۱۲ رأس میش غیرآبستن با میانگین وزن زنده ۱/۱±۳۶ در سه تیمار و چهار تکرار استفاده شد. میش‌ها به‌طور تصادفی در تیمارها قرار گرفتند. هر تیمار به‌مدت پنج هفته که شامل یک هفته (عادت‌پذیری) و چهار هفته (طول مدت آزمایش) مورد تغذیه قرار گرفتند، سه جیره آزمایشی که از نظر انرژی قابل متابولیسم و پروتئین مشابه بودند، شامل جیره شاهد (بدون سیب‌زمینی)، جیره حاوی ۷/۵ درصد سیب‌زمینی و جیره حاوی ۱۵درصد سیب‌زمینی بود که بر اساس احتیاجات غذایی میش (۲۰) بررسی و توسط نرم‌افزار UFFDA تنظیم شدند. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. میش‌ها دو بار در روز تغذیه شده و میزان سیب‌زمینی مورد نیاز هر رأس دام در همان وعده به قطعات یکسان یک سانتی‌متر مربع خرد شده و با جیره پایه به‌صورت تازه و روزانه مخلوط می‌شد.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده (بر حسب درصد ماده خشک) در تغذیه میش‌های دالاق

Table 1. Ingredients and chemical composition of the experimental diets used for Dalagh ewes (diet dry matter (%))

اقلام خوراکی (درصد)	شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)
کاه گندم	۴۰/۰	۴۰/۰	۴۰/۰
سیب‌زمینی	۰	۷/۵	۱۵/۰
دانه جو	۳۰	۲۲/۵	۱۵/۰
کنجاله سویا	۴/۶	۵/۲	۵/۷
سبوس گندم	۲۲/۵	۲۱/۹	۲۱/۴
نمک	۰/۴	۰/۴	۰/۴
دی کلسیم فسفات	۱/۰	۱/۰	۱/۰
مکمل مواد معدنی- ویتامین*	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ترکیب شیمیایی خوراک (درصد ماده‌خشک)			
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری بر کیلوگرم)	۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰
پروتئین‌خام	۱۰/۷۰	۱۰/۷۰	۱۰/۷۰
الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی	۴۵/۸۹	۴۴/۲۷	۴۲/۶۵
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۳۶/۸۳	۳۸/۸۳	۴۰/۸۴
خاکستر	۴/۵۹	۴/۴۱	۴/۲۲
عصاره‌اتری	۱/۹۹	۱/۷۹	۱/۵۹
فسفر	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۳
کلسیم	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶

مکمل ویتامین و معدنی شامل ویتامین A ۱۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین D3 ۲۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین E ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی، منیزیم ۳۲۰۰۰ میلی‌گرم، منگنز ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، روی ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، مس ۳۰۰ میلی‌گرم، سلنیوم ۱۰۰ میلی‌گرم، ید ۱۰۰ میلی‌گرم، آهن،۳۰۰۰ میلی‌گرم، کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم، فسفر ۳۰۰۰۰ میلی‌گرم، مونسین ۱۵۰۰ میلی‌گرم، آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

به منظور بررسی اثر استفاده از سیب‌زمینی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای مانند pH و نیتروژن آمونیاکی و همچنین تعداد پروتوزوآ، نمونه‌گیری از مایع شکمبه در روز آخر دوره و چهار ساعت پس از خوراک‌دهی صبح توسط لوله مری انجام شد. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، pH مایع شکمبه توسط pH متر اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از روش فنل- هیپوکلریت تعیین شد (۴). ابتدا از هر گوسفند مقدار ۲۰ میلی‌لیتر مایع شکمبه گرفته شد و با استفاده از چهار لایه پارچه متقال صاف گردید. سپس این شیرابه با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال به نسبت ۵ به ۱ رقیق گردید و تا روز آزمایش فریز شد. برای شمارش پروتوزوآ، در روز آخر دوره و در زمان چهار ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح، نمونه مایع شکمبه با استفاده از لوله مری از گوسفندان گرفته شد. مایع شکمبه صاف شده و تعداد پروتوزوآ در زیر میکروسکوپ شمارش شد (۸). در این روش، یک میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف شده به نه میلی‌لیتر فرمالدئید چهار درصد افزوده و به خوبی هم زده شد تا یک محلول شکمبه با غلظت یک دهم حاصل گردد. برای شمارش تعداد پروتوزوآ از لام مخصوص شمارش پروتوزوآ (لام فوش- روزنتال) استفاده شد.

به منظور بررسی اثر استفاده از سیب‌زمینی بر قابلیت هضم مواد مغذی، ابتدا نمونه‌های خوراک و مدفوع جمع‌آوری شده هر دام در پنج روز دوره جمع‌آوری نمونه با یکدیگر مخلوط و یک نمونه ۲۰۰ گرمی از هر کدام برای هر دام برداشته و در آون خشک شدند. نمونه‌های جامد به‌وسیله آسیاب دارای غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. سپس مطابق استاندارد انجمن شیمی‌دانان تجزیه آمریکا (۲) مقادیر ماده‌خشک، ماده‌آلی، چربی خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی،پروتئین خام، مورد تجزیه قرار گرفتند. میش‌ها به‌طور هفتگی و به‌صورت ناشتا و قبل از تغذیه صبح توزین می‌شدند. همچنین خوراک داده شده و پس‌آخور هر دام به‌صورت روزانه جهت محاسبه ماده‌خشک مصرفی ثبت می‌شد. نمونه‌های مدفوع و خوراک در روزهای ۳۱ تا ۳۵ به‌مدت پنج روز جمع‌آوری شد

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

تا آزمایشات مربوط به قابلیت‌هضم انجام شود. نمونه‌های خوراک مصرفی و مدفوع در آون خشک شده و آسیاب شدند و پس از آن نمونه‌های مدفوع هر دام در طی یک دوره با یک‌دیگر مخلوط شده و تا زمان تجزیه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. قابلیت هضم مواد مغذی و ماده‌خشک با استفاده از روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد. غلظت موادمغذی و مارکر در نمونه‌های خوراک و مدفوع تعیین شد (۳۲). در پایان قابلیت هضم ماده خشک و مواد مغذی با استفاده از رابطه ۱، پیشنهادی ون‌کولن و یانگ (۳۲) محاسبه شد.

(رابطه ۱)

$$Dig\ (\%) = 100 - 100 \times (M1/M2 \times N2/N1)$$

در این معادله: Dig: قابلیت هضم ظاهری، M_1: غلظت مارکر در خوراک (درصد)، M_2: غلظت مارکر در مدفوع (درصد)، N_1: ماده‌مغذی در خوراک (درصد)، N_2: ماده‌مغذی در مدفوع (درصد).

به منظور تخمین فعالیت آنزیمی، نمونه‌های مایع شکمبه در روز آخر دوره آزمایش و در زمان چهار ساعت پس از خوراک‌دهی جمع‌آوری شد (۱). نمونه از پارچه صافی جهت جداسازی بخش جامد و مایع گذرانده شد و به‌طور کامل بخش جامد و مایع از هم تفکیک گردید و فوراً به آزمایشگاه منتقل گردید. آنزیم‌های موجود در بخش‌های مختلف مایع شکمبه مطابق روش هریستوف و همکاران (۱۳) استخراج گردید. برای جداسازی بخش‌های پروتوزوایی و باکتریایی، ابتدا شیرابه با دور g×۴۵۰ به‌مدت پنج دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. پلت به‌دست آمده به‌عنوان بخش پروتوزوایی در نظر گرفته شد. مایع شفاف رویی (سوپر ناتانت) مجدداً بادور g×۲۷۰۰ به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شد. پلت به‌دست آمده در این مرحله به‌عنوان بخش باکتریایی مشخص شد. در نهایت، مایع شفاف رویی به‌عنوان منبع آنزیم‌های خارج سلولی مورد استفاده قرار گرفت (۲۸).

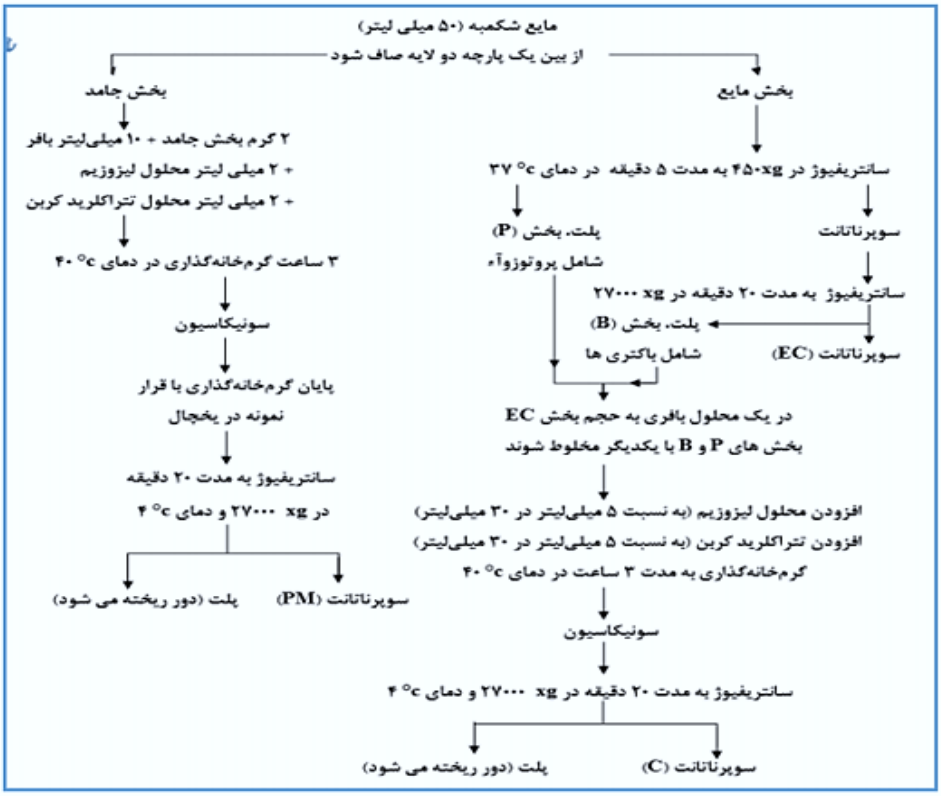
تخمین فعالیت آنزیمی

فعالیت آنزیم‌های میکروبی در هر دام در هر یک از بخش‌های مایع شکمبه طبق روش (۱) تخمین زده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۷) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با مدل آماری (رابطه ۲) تجزیه واریانس شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این مدل *Yij*: فراسنجه مورد اندازه‌گیری، μ: میانگین کل، *Ti* : اثر تیمار و *eij*: اثر خطای آزمایش است.

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۱- PM، میکروب‌های چسبیده به مواد خوراکی در شکمبه،EC، بخش خارج سلولی (شیرابه شکمبه)،C، بخش درون سلولی (میکروب‌های معلق در مایع شکمبه) آگاروال (۲۰۰۰).

Figure 1. Fractionation of rumen contents and extraction of hydrolytic enzymes, Agarwal (2000)
PM = Particulate Material, EC= Extracellular, C= Cellular

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

نتایج و بحث

فراسنجه‌های شکمبه‌ای

اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های شکمبه و تعداد پروتوزوآ مایع شکمبه در جدول ۲ ارائه شده است. اختلاف مقادیر pH مایع شکمبه در بین تیمارها با یکدیگر (۶/۰۲ تا ۶/۴۰) از نظر آماری معنی‌دار است (p=۰/۰۰۰۳). مقدار pH مایع شکمبه به زمان تغذیه (۱۱) و میزان اسیدهای چرب فرار تولید شده در شکمبه (۳۰) بستگی دارد. تغذیه مقادیر فراوانی از دانه‌ها و یا جیره‌های بر پایه نشاسته و همچنین فرآوری بیش از اندازه و تغذیه متناوب خوراک و همچنین جیره‌هایی که حاوی کربوهیدرات‌های نامحلول زیادی هستند غالباً باعث کاهش pH محیط شکمبه می‌شوند (۱۰). میانگین مقدار pH بین جیره‌های آزمایشی در دامنه نرمال ۷-۶ که توسط قورچی و قربانی (۱۰) گزارش شده است قرار داشت.

در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین (۱۴/۹۳میلی‌گرم در دسی لیتر) میزان نیتروژن آمونیاکی در تیمار شاهد و کمترین(۱۱/۲۳میلی‌گرم در دسی‌لیتر) مقدار در تیمار حاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی مشاهده شد و اختلاف بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار است (p<۰/۰۰۰۱). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که وجود مقادیر زیادی از کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم در جیره غذایی، غلظت نیتروژن آمونیاکی را کاهش می‌دهد، زیرا انرژی فراهم‌شده از تخمیر مواد متراکم، سنتز میکروبی را افزایش می‌دهد (۲۳). کاهش نیتروژن آمونیاکی چهار ساعت پس از خوراک‌دهی با نتایج تاویلا و همکاران (۳۱) در زمان استفاده از ضایعات سیب‌زمینی به‌میزان ۱۲/۵ و ۲۵ درصد کنسانتره هم‌خوانی دارد و می‌تواند نشانه‌ای از کاهش فعالیت شکمبه یا به‌علت قابلیت هضم کم پروتئین خام در سیب‌زمینی باشد. همچنین نشان داده شد که نرخ تخمیر نشاسته سیب‌زمینی در مقایسه با نشاسته ذرت بسیار سریعتر باعث کاهش آمونیاک شکمبه می‌شود (۲۲).

اطلاعات مربوط به تعداد پروتوزوآ نیز در جدول ۲ آورده شده است. تعداد پروتوزوآ در تیمار شاهد کمترین مقدار و در تیمار حاوی ۷/۵ درصد سیب‌زمینی بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. این اختلاف در بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۷/۵ و ۱۵ درصد سیب‌زمینی معنی‌دار است (p=۰/۰۲۳). فاکتورهایی مانند ترکیب جیره مصرفی، خصوصیات فیزیکی جیره مصرفی و فاصله زمانی بین وعده‌های خوراک‌دهی می‌تواند بر جمعیت پروتوزوآیی مؤثر باشد (۱۴). پروتوزوآها گرانول‌های نشاسته را با سرعت بیشتری بلع نموده و در مصرف این سوبسترا با باکتری‌های آمیلولایتیک رقابت دارند (۱۰). همچنین در تحقیقی نشان داده شد که پروتوزوآ باعث ممانعت از تجزیه دیواره سلولی می‌شوند (۱۶).

جدول ۲- تأثیر سیب‌زمینی در جیره بر خصوصیات شکمبه‌ای میش‌های دالاق

Table 2. Effect of potato in diets on ruminal characteristics of Dalagh ewes

	شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)	SEM	P-value
pH	۶/۴۰^{a}	۶/۲۵^{b}	۶/۰۲^{c}	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰۳
نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر)	۱۴/۹۳^{a}	۱۱/۲۸^{b}	۱۰/۲۳^{c}	۰/۲۹۳	۰/۰۰۰۱
تعداد پروتوزوآ	۳۲/۵۰^{b}	۵۲/۰۰^{a}	۴۹/۰۰^{a}	۴/۱۴۵	۰/۰۲۳

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد (p<۰/۰۵). SEM= انحراف استاندارد میانگین، P-value= احتمال معنی‌داری

فعالیت آنزیم‌های سلولیتیک شیرابه شکمبه‌ای

اثر جیره‌های آزمایشی بر فعالیت آنزیم‌های میکروبی بخش‌های مختلف شکمبه در جدول ۳ ارائه شده است. در آنزیم‌های مورد بررسی شامل میکروکریستالین سلولاز و کربوکسی متیل سلولاز بیشترین فعالیت آنزیمی در بخش جامد و کمترین فعالیت آنزیمی در خارج سلولی مایع شکمبه به دست آمده است. فعالیت آنزیمی کربوکسی متیل سلولاز در هر سه بخش جامد، خارج سلولی و داخل سلولی و همچنین بخش کل (مجموع هر سه بخش جامد، خارج سلولی و داخل سلولی) با افزودن میزان سیب‌زمینی به جیره کاهش یافت (p=۰/۰۰۰۱). با افزایش میزان سیب‌زمینی به جیره، فعالیت آنزیم میکروکریستالین‌سلولاز در تمام بخش‌های اندازه‌گیری شده (جامد، خارج سلولی، داخل سلولی و کل) کاهش یافت (p=۰/۰۰۰۱).

جدول ۳- تاثیر سیب‌زمینی در جیره بر فعالیت آنزیم کربوکسی متیل سلولاز (نانومول بر دقیقه) در مایع شکمبه میش‌های دالاق

Table 3. Effect of potato in diets on carboxymethyl cellulose cellulose enzyme activity (nmol min) in rumen fluid of Dalagh ewes

	شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)	SEM	p-value
سلولی	۱۶۹/۶۹^{a}	۱۵۶/۰۸^{b}	۱۱۸/۰۹^{c}	۱/۶۷	۰/۰۰۰۱
خارج سلولی	۹۶/۴۳^{a}	۷۴/۸۰^{b}	۴۹/۸۸^{c}	۱/۶۱۸	۰/۰۰۰۱
بخش جامد	۲۹۱/۰۷^{a}	۲۳۴/۸۳^{b}	۲۱۶/۴۰^{c}	۳/۲۶۳	۰/۰۰۰۱
کل	۵۵۷/۱۷^{a}	۴۶۵/۷۲^{b}	۳۸۴/۳۶^{c}	۴/۸۶۳	۰/۰۰۰۱

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد (p<۰/۰۵). SEM= انحراف استاندارد میانگین، p-value= احتمال معنی‌داری

یافته‌های این آزمایش نشان داد، بیشترین مقادیر فعالیت آنزیمی در بخش‌های مختلف شیرابه شکمبه در هر دو آنزیم مورد بررسی مربوط به بخش جامد و کمترین آن در بخش خارج سلولی به‌دست آمد که با یافته‌های آگاروال و همکاران (۱) مطابق است. وجود حداکثر فعالیت آنزیمی در بخش جامد مایع شکمبه نشان‌دهنده کلونیزه شدن ذرات خوراک توسط میکروب‌ها است. میزان فعالیت کمتر آنزیمی در بخش سلولی مایع شکمبه به این دلیل است که میکروب‌های سلولایتیک

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

به ذرات خوراک متصل شده‌اند و جمعیت میکروب‌های آزاد در بخش مایع شیرابه شکمبه کمتر است (۲۶). کمترین میزان آنزیم‌های تجزیه‌کننده الیاف در بخش خارج سلولی شیرابه شکمبه قابل انتظار است (۱،۳۲). زیرا این آنزیم‌ها به پوشش سلولی متصل هستند و تنها مقدار کمی از آن‌ها به‌دلیل تخریب میکروب‌های تجزیه‌کننده الیاف به بخش مایع شیرابه شکمبه آزاد می‌شوند (۱). میزان فعالیت کربوکسی متیل سلولاز در بخش جامد، خارج سلولی، سلولی و کل شیرابه شکمبه نسبت به بخش‌های مربوطه در آنزیم میکروکریستالین سلولاز بیشتر بود. آنزیم‌کربوکسی متیل سلولاز بر روی بخش میانی زنجیر سلولز اثر کرده و از طریق هیدرولیز آن را پاره می‌کند و تولید دو زنجیر کوتاه‌تر می‌کند. اما میکروکریستالین سلولاز به قسمت انتهایی آزاد زنجیره حمله کرده و طی مراحل متوالی سلوبیوز را تولید می‌نماید (۷). بنابراین افزایش فعالیت کربوکسی‌متیل سلولاز نسبت به میکروکریستالین سلولاز احتمالاً به‌خاطر وجود سوبسترای بیشتر برای آن باشد (۲۶). تغییرات فعالیت آنزیمی به‌علت نوع منبع انرژی‌زای مصرفی احتمالاً به‌دلیل تغییرات رخ داده در جمعیت میکروبی شکمبه است، به‌عبارت دیگر نوع جیره تغذیه‌شده به حیوانات باعث تغییر جمعیت میکروبی و متعاقب آن تغییر در الگوی آنزیمی شده است (۱۵). کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده الیاف با افزایش سطح سیب‌زمینی در جیره احتمالا به‌دلیل محتوی نشاسته این جیره بوده که سبب کاهش pH شکمبه شده است. زیرا باکتری‌های فیبرولایتیک شکمبه به تغییرات pH بسیار حساس هستند (۲۹) و زمانی‌که pH شکمبه به کمتر از ۶/۲ برسد رشد آن‌ها مهار می‌شود. مکانیسم اثر منفی pH بر رشد باکتری‌های شکمبه به‌خصوص باکتری‌های فیبرولایتیک به‌خوبی شناخته نشده اما بر اساس نظریه کیمواوسموتیک (۱۷)، مهار رشد میکروبی در pH پایین ممکن است به‌دلیل انرژی ناکافی برای انتقال پروتون به خارج از سلول توسط غشای سلولی برای ایجاد یک گرادیان پروتونی باشد (۹).

جدول ۴- تأثیر سیب‌زمینی در جیره بر فعالیت آنزیم میکروکریستالین سلولاز (نانومول بر دقیقه) در شکمبه میش‌های دالاق
Table 4. Effect of potato in diets on microcrystalline cellulose enzyme activity (nmol min) in rumen fluid of Dalagh ewes

	شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)	SEM	p-value
سلولی	۱۳۳/۹۵^{a}	۱۱۶/۱۸^{b}	۶۹/۲۳^{c}	۰/۶۶۸	۰/۰۰۰۱
خارج سلولی	۵۰/۶۰^{a}	۲۴/۲۳^{b}	۱۱/۵۶^{c}	۱/۳۷۲	۰/۰۰۰۱
بخش جامد	۲۱۵/۲۰^{a}	۱۸۷/۸۷^{b}	۱۵۶/۱۰^{c}	۱/۹۸۸	۰/۰۰۰۱
کل	۳۹۹/۲۵^{a}	۳۲۸/۲۷^{b}	۲۳۶/۸۹^{c}	۲/۶۷۳	۰/۰۰۰۱

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد (p<۰/۰۵). SEM= انحراف استاندارد میانگین، p-value= احتمال معنی‌داری

قابلیت‌هضم موادمغذی

نتایج مربوط به تاثیر تیمارهای آزمایشی حاوی سیب‌زمینی بر قابلیت‌هضم ماده‌خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی، پروتئین و عصاره‌اتری در جدول ۴ نشان داده شده است. افزودن سیب‌زمینی به جیره در سطح ۱۵ درصد سبب افزایش معنی‌دار در قابلیت هضم ماده‌خشک و ماده‌آلی گردید (p=۰/۰۰۰۱) اما بین دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش میزان سیب‌زمینی در جیره قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۴۹/۱۳ تا ۴۵/۶۵) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (p=۰/۰۰۰۱). کاهش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تیمار حاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی می‌تواند به‌علت کاهش pH ناشی از تخمیر سریع نشاسته باشد. زیرا با کاهش pH شکمبه، انرژی نگهداری باکتری‌های تخمیرکننده کربوهیدرات‌های الیافی افزایش‌یافته و نرخ هضم الیاف کم می‌شود (۲۴). در عین حال حتی اگر بتوان pH را ثابت نگهداشت با افزودن نشاسته کاهش هضم الیاف رخ خواهد داد (۲۹).

جدول ۵- تأثیر سیب‌زمینی در جیره بر قابلیت‌هضم موادمغذی میش‌های دالاق (برحسب درصد)
Table 5. Effect of potato in diets on nutrient digestibility in Dalagh ewes (%)

	شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)	SEM	p-value
ماده خشک	۵۰/۱۹^{b}	۵۱/۱۸^{b}	۶۰/۴۲^{a}	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۵۸/۶۲^{b}	۵۹/۰۴^{b}	۶۵/۹۵^{a}	۰/۶۶۳	۰/۰۰۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۹/۱۳^{a}	۴۶/۹۳^{b}	۴۵/۶۵^{c}	۰/۲۳۱	۰/۰۰۰۱
پروتئین	۷۵/۸۳^{a}	۶۶/۸۳^{b}	۶۵/۱۱^{b}	۰/۷۳۴	۰/۰۰۰۱
عصاره اتری(چربی)	۵۲/۷۲	۵۰/۵۵	۵۸/۰۱	۴/۰۶۱	۰/۴۴۷۳

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد (p<۰/۰۵). SEM= انحراف استاندارد میانگین، p-value= احتمال معنی‌داری

بیشترین میزان قابلیت هضم پروتئین در تیمار شاهد مشاهده شد و در قابلیت هضم عصاره‌اتری بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تحقیق حاضر قابلیت هضم پایین پروتئین خام در تیمارهای حاوی سیب‌زمینی در مقایسه با تیمار شاهد را ممکن است بتوان به‌میزان تجزیه پایین نشاسته در شکمبه و میزان بالای نشاسته هضم نشده و وارد شده به انتهای روده ارتباط داد (۱۸). سطوح بالای نشاسته هضم نشده ممکن است سنتز پروتئین میکروبی را در انتهای روده افزایش دهد. به‌دلیل آن‌که مکانیسمی برای هضم آنزیمی پروتئین میکروبی در انتهای روده وجود ندارد، از طریق

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

مدفوع دفع‌شده و بنابراین قابلیت هضم ظاهری پروتئین‌خام را در کل دستگاه گوارش کاهش می‌دهد. این نتایج با تحقیق رادونز و همکاران (۲۵) مطابق است.

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از سیب‌زمینی تا سطح ۱۵ درصد در جیره تأثیر منفی بر pH، تعداد پروتوزوآ، آنزیم‌های سلولتیک و قابلیت‌هضم موادمغذی نداشت.

منابع

1. Agarwal, N., I. Agarwal, D.N. K amra and L.C. Chaudhary. 2000. Diurnal variations in the activities of hydrolytic enzymes in different fractions of rumen contents of Murrah buffalo. Journal of Applied Animal Research, 18: 73-80.
2. AOAC. 2005. Official method of analysis, 15 ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.
3. Boyles, S. 2012. Feeding Potato Processing Wastes and Culls to Cattle. The Ohio State University, http://beef.osu.edu/library/potato.html.
4. Broderick, G.A. and J.H. Kang. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.
5. Charmley, E., D. Nelson and F. Zvomaya. 2006. Nutrient cycling in the vegetable processing industry: utilization of potato by-product. Canadian Journal of Soil Science, 4: 621-629.
6. Chashnidel, Y., H. Kolarostaghi, A.R. Jafarisayad and M. Bahari. 2018.The effect of replacing waste potatoes cooked with barley on ruminal degradation and some blood parameters in lambs fattened Zell,Animal Science Journal, 118: 23-32 (In Persian).
7. Daneshmesgaran, M., A. Tahmasebi and S.A. Vakili. 2008. Digestion and Metabolism in Ruminant . 1rd edn., Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran, 261 pp (In Persian).
8. Dehority, B.A. and J.R. Males. 1984. Rumen fluid osmolality: Evaluation of influence upon the occurrence and numbers of Holotrich protozoa in sheep. Journal of Animal Science, 38: 865-870.
9. Garland, P.B. 1977. Energy transduction in microbial systems. Symposium of the Society for General Microbiology, 27: 1-21.
10. Ghoorchi, T. and B. Ghorbani. 2011. Rumen Microbiology.1rd edn., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran,169 pp (In Persian).
11. Hindrichsen, I. K., P.O. Osuji, A.A. Odenyo, J. Madsena and T. Hvelplund. 2002. Effects of supplementation of basal diet of maize stover with different amounts of *Leucaena diversifolia* on intake, digestibility, nitrogen balance and rumen parameters in sheep. Animal Feed Science and Technology, 98: 131-142.
12. Horadagoda, A., W. Fulkerson, I. Barchia, R. Dobos and K. Nandra. 2008. The effect of grain species, processing and time of feeding on the efficiency of feed utilization and microbial protein synthesis in sheep. Journal of livestock Science, 114: 117-126.
13. Hristov, A.N., T.A. McAllister and K.J. Cheng. 1999. Effect of diet, digesta processing, freezing and extraction procedure on some polysaccharide degrading activities of ruminal contents. Canadian Journal of Animal Science, 79: 73-81.
14. Ivan, M., L. Neill, R. Forster, R. Alimon, L.M. Rode and T. Entz. 2000. Effects of Isotricha, Dasytricha, Entodinium and total fauna on ruminal fermentation and duodenal flow in wethers fed different diets. Journal of Dairy Science, 83: 776-787.
15. Kamra, D.N., N. Agarwal and T.A. McAllister. 2010. Screening for compounds enhancing fiber degradation. In: Vercoe, P.E., H.P.S. Makkar, A.C. Schlink, (Eds.). *In vitro* Screening of Plant Resources for Extra-nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies. IAEA, Dordrecht, the Netherlands, 85-107.
16. Lee, S.S., J.K. Ha and K.J. Cheng. 2000. Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to *in vitro* degradation of orchard grass cell walls and their interactions. Applied and Environmental Microbiology, 66(9): 3807-3813.
17. Mitchell, P. 1961.Couping of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type of mechanism. Nature (London), 191: 144-147.
18. Mousavi, S.G.R., F. Fattahnia, H.R. Mirzaei Alamouti, A.A. Mehrabi Oladi and H. Darmani Kouhi. 2011. Effect of dietary starch source on milk production and composition, nutrient digestibility and plasma metabolites in lactating Holstein cows .2011. Iranian Journal of Animal Science, 42: 133-142 (In Persian).
19. Murphy, S. 1997. Feeding potato by-products. Prince Edward Island, Agriculture and Foresty, Fact Sheet, AGDEX. 420-68.
20. NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervides and New World Camelids. National Academy, 384 pp.
21. Omer, H.A., S.S. Abdel-Magid, F.M. Salman, S.M. Ahmed, M.I. Mohamed, I.M. Awadalla and M.S. Zaki. 2011. Using potato processing waste in sheep rations. Life Science Journal, 8(4): 733-742.
22. Onwubuemeli, C., J.T. Huber, K.J. King and C.O.L.E. Johnson. 1985. Nutritive value of potato processing wastes in total mixed rations for dairy cattle. Journal of Dairy Science, 68(5): 1207-121.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

23. Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1988. Ruminal Fermentation in the Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. D.C. Church, ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 153 pp.
24. Pitt, R.E., J.S. Van Kessel, D.G. Fox, A.N. Pell, M.C. Barry and P.J. Van Soest. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system, Journal of Animal Science, 74: 226-244.
25. Radunz, A.E., G.P. Lardy, M.L. Bauer, M.J. Marchello, F.R. Loe and P.T. Berg. 2003. Influence of steam–peeled potato processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance and meat quality. Journal of Animal Science, 81: 2675-2685.
26. Raghuvansi, S.K.S., R. Prasad, M.K. Tripathi, A.S. Mishra, Chaturvedi, O.H. Misra, A.K. Saraswat, B.L. and R.C. Jakhmola. 2007. Effect of complete feed blocks or grazing and supplementation of lambs on performance, nutrient utilization, rumen fermentation and rumen microbial enzymes. Animal, 1: 221-226.
27. SAS. 2003. SAS Users Guide: Statistics. SAS. Inst. Cary. NC.
28. Shahravan, S. and T. Ghoorchi. 2020. Study of cellulose enzymes activity in rumen fluid of fattening slaughtered goat kids. Research on Animal Production, 17(27): 9-17 (In Persian).
29. Sung, H.G., Y. Kobayashi, J. Chang, A. Ha, I.H. Hwang and J.K. Ha. 2007. Low ruminal pH reduces dietary fiber digestion via reduced microbial attachment. Asian-Australian Journal of Animal Science, 20: 200-207.
30. Synder, L.J.U., J.M. Luginbuhl, J.P. Mueller, A.P. Conrad and K.E. Turner. 2006. Intake, digestibility and nitrogen utilization of *Robinia pseudoacacia* foliage fed to growing goat wethers. Available online at: Science direct.com.
31. Tawila, H.A., A. Omer and S.M. Gad. 2008. Partial replacing of concentrate feed mixture by potato processing waste in sheep ration. Journal of Agriculture and Environmental Science, 4: 156-164.
32. Van Keulen, J. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid–insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. Journal of Animal Science, 44: 282-287.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]

Effect of Different Levels of Potato on Nutrient Digestibility, Fibrolytic Enzyme and Ruminal Characteristics in Dalagh Ewes

Katayoun Mehrani[1], Taghi Ghoorchi[2], Abdolhakim Toghdory[3] and Raheleh Rajabi Ali Abadi[4]

1- Former M.Sc. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(Corresponding author: ghoorchirt@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4- Ph.D. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 24 November, 2019 Accepted: 9 October, 2020

Abstract

This study was performed to investigate the effect of different levels of potato in the diet on ruminal parameters, nutrient digestibility and rumen liquor cellulolytic enzymes including microcrystalline–cellulase and carboxymethyl–cellulase in different parts of rumen liquor (particulate material (PM), extra cellular (EC) or cellular. Twelve Dalagh ewes were used in this experiment in a completely randomized design with 3 treatments and 4 replicates. Experimental treatments included 1) control treatment (no potatoes) 2) 7.5% potato treatment 3) 15% potato treatment based on dietary dry matter. The diets were similar in protein and energy. The results of this study showed that the difference in pH of rumen liquor between treatments (6.02-6.4) was statistically significant (p=0.0003). Among the experimental treatments, the highest amount of rumen ammonia nitrogen was observe in the control treatment (14.93) and the lowest in the treatment containing 15% potato (10.23) and the difference was statistically significant (p= 0.0001).The number of protozoa in the control treatments was the lowest and the potato treatment 7.5% the highest .This difference was significant between control treatment and treatments containing 7.5 and 15% potatoes (p=0.023). The DDM, CP, OM, NDF digestibility of diet in three rations did differ significantly (p =0.0001). Among the activities of carboxymethyl-cellulase and microcrystalline-cellulase enzymes in the cellular, EC, PM and total fraction (all 3 sections), the highest and lowest values were observed in control and 15% potato treatments, respectively. There was a significant difference between the three treatment (p<0.0001). According to the results mentioned, potato can be used up to 15% of the diet of ewes without any adverse effect.

Keywords: Cellulase enzyme, Digestibility, Ewe, Potato, Rumen parameters

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.3.5]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.49]