



"مقاله پژوهشی"

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

کتایون مهرانی^۱، تقی قورچی^۲، عبدالحکیم توغدردی^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 مسؤل: ghoorchi@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 به منظور بررسی سطوح مختلف سیبزمینی در جیره بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای، قابلیت هضم مواد مغذی و آنزیم‌های سلولولیتیک 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) تیمار حاوی 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 (۶/۴۰ تا ۶/۰۲) از نظر آماری معنی‌دار است ($p=0/0003$). 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 ($p=0/0001$). تعداد پروتوزوا 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 ($p=0/023$). اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، ماده‌آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی بین تیمارها وجود داشت ($p=0/0001$). 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 ($p=0/0001$). با توجه به نتایج ذکر شده می‌توان بدون هیچ مشکلی تا سطح ۱۵ درصد سیبزمینی خام در جیره میش‌ها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های سلولولیتیک، سیبزمینی، فراسنجه‌های شکمبه‌ای، قابلیت هضم، میش

مقدمه

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 سیبزمینی از نظر موادمعدنی به جز پتاسیم فقیر است. فسفر موجود در آن بیشتر به صورت 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 غله 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،

سیبزمینی (*Solanum tuberosum*) 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 غذای 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 غذای سرشار از نشاسته و دارای حدود ۸۰ درصد رطوبت است، پروتئین حدود ۱۰/۵ درصد، انرژی بالا (۳/۶ مگا کالری انرژی متابولیسمی 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 ۱۵ درصد 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.

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 قابلیت هضم مواد مغذی، آنزیم‌های فیبرولیتیک 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. در این آزمایش از ۱۲ رأس میش غیرآبستن با میانگین وزن زنده $36 \pm 1/1$ در

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 (%))

شاهد	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	سیب‌زمینی (۱۵٪)
کاه گندم	۴۰/۰	۴۰/۰
سیب‌زمینی	۰	۱۵/۰
دانه جو	۳۰	۱۵/۰
کنجاله سویا	۴/۶	۵/۷
سیوس گندم	۲۲/۵	۲۱/۴
نمک	۰/۴	۰/۴
دی کلسیم فسفات	۱/۰	۱/۰
مکمل مواد معدنی - ویتامین*	۱/۵	۱/۵
ترکیب شیمیایی خوراک (درصد ماده خشک)		
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری بر کیلوگرم)	۲/۱۰	۲/۱۰
پروتئین خام	۱۰/۷۰	۱۰/۷۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۵/۸۹	۴۴/۲۷
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۳۶/۸۳	۳۸/۸۳
خاکستر	۴/۵۹	۴/۴۱
عصاره اتری	۱/۹۹	۱/۷۹
فسفر	۰/۴۹	۰/۴۶
کلسیم	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، موننسن ۱۵۰۰ میلی‌گرم، آنتی‌اکسیدان ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

خوبی هم زده شد تا یک محلول شکمبه با غلظت یک دهیم حاصل گردد. برای شمارش تعداد پروتوزوا از لام مخصوص شمارش پروتوزوا (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 اون خشک شدند. نمونه‌های جامد به‌وسیله آسیاب دارای غربال یک میلی‌متری آسیاب شدند. سپس مطابق استاندارد انجمن شیمی‌دانان تجزیه آمریکا (۲) مقادیر ماده خشک، ماده‌الی، 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 ماده خشک مصرفی ثبت می‌شد. نمونه‌های مدفوع و خوراک در روزهای ۳۱ تا ۳۵ به‌مدت پنج روز جمع‌آوری شد

به منظور بررسی اثر استفاده از سیب‌زمینی بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای مانند pH و نیتروژن آمونیاکی و همچنین تعداد پروتوزوا، 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 پروتوزوا، 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 پروتوزوا 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

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 $g \times 450$ به مدت پنج دقیقه در دمای $37^\circ C$ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. پلت به دست آمده به عنوان بخش پروتوزوایی در نظر گرفته شد. مایع شفاف رویی (سوپر ناتانت) مجدداً با دور $g \times 2700$ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پلت به دست آمده در این مرحله به عنوان بخش باکتریایی مشخص شد. در نهایت، مایع شفاف رویی به عنوان 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.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij} \quad (\text{رابطه } 2)$$

در این مدل Y_{ij} : فراسنجه مورد اندازه‌گیری، μ : میانگین کل، T_i : اثر تیمار و e_{ij} : اثر خطای آزمایش است. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

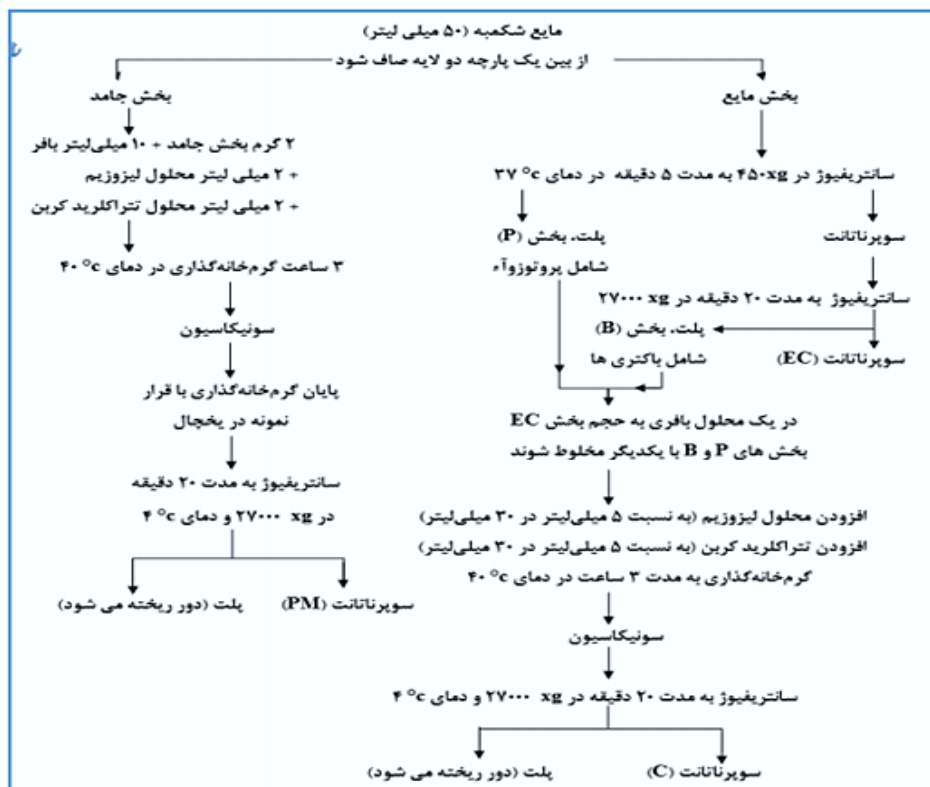
تا آزمایشات مربوط به قابلیت هضم انجام شود. نمونه‌های خوراک مصرفی و مدفوع در آن خشک شده و آسیاب شدند و پس از آن نمونه‌های مدفوع هر دام در طی یک دوره با یکدیگر مخلوط شده و تا زمان تجزیه در دمای $20^\circ C$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. قابلیت هضم مواد مغذی و ماده خشک با استفاده از روش مارکر داخلی خاکستر نامحلول در اسید محاسبه شد. غلظت مواد مغذی 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 ون کولن 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 : ماده مغذی در خوراک (درصد)، N_2 : ماده مغذی 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



شکل ۱- PM، میکروبی‌های چسبیده به مواد خوراکی در شکمبه، EC، بخش خارج سلولی (شیرابه شکمبه)، C، بخش درون سلولی (میکروبی‌های 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

نتایج و بحث

فراسنجه‌های شکمبه‌ای

اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های شکمبه و تعداد پروتوزوا مایع شکمبه در جدول ۲ ارائه شده است. اختلاف مقادیر pH مایع شکمبه در بین تیمارها با یکدیگر (۰/۰۲ تا ۰/۴۰) از نظر آماری معنی‌دار است ($p=0/0003$). 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 (۱۴/۹۳ میلی‌گرم در دسی لیتر) میزان نیتروژن آمونیاکی در تیمار شاهد و کمترین (۱۱/۲۳ میلی‌گرم در دسی لیتر) مقدار در تیمار حاوی ۱۵ درصد سیب‌زمینی مشاهده شد و اختلاف بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار است ($p<0/0001$). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که وجود مقادیر زیادی از کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم در جیره غذایی، غلظت نیتروژن آمونیاکی را

کاهش می‌دهد، زیرا انرژی فراهم شده 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 به میزان 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 پروتوزوا نیز در جدول ۲ آورده شده است. تعداد پروتوزوا 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 ($p=0/023$). فاکتورهایی مانند ترکیب جیره مصرفی، خصوصیات فیزیکی جیره مصرفی و فاصله زمانی بین وعده‌های خوراک‌دهی می‌تواند بر جمعیت پروتوزوایی مؤثر باشد (۱۴). پروتوزوآها گرانول‌های نشاسته را با سرعت بیشتری بلع نموده و در مصرف این سوبسترا با باکتری‌های آمیلولیتیک رقابت دارند (۱۰). همچنین در تحقیقی نشان داده شد که پروتوزوا باعث ممانعت از تجزیه دیواره سلولی می‌شوند (۱۶).

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

P-value	SEM	سیب‌زمینی (۱۵٪)	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	شاهد	
0/0003	0/038	6/03 ^c	6/25 ^b	6/40 ^a	pH
0/0001	0/293	10/23 ^c	11/28 ^b	14/93 ^a	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم در دسی لیتر)
0/023	4/145	49/00 ^a	52/00 ^a	32/50 ^b	تعداد پروتوزوا

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد ($p<0/05$). 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 ($p=0/0001$). با افزایش میزان سیب‌زمینی به جیره، فعالیت آنزیم میکروکریستالین سلولاز در تمام بخش‌های اندازه‌گیری شده (جامد، خارج سلولی، داخل سلولی و کل) کاهش یافت ($p=0/0001$).

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

p-value	SEM	سیب‌زمینی (۱۵٪)	سیب‌زمینی (۷/۵٪)	شاهد	
0/0001	1/67	118/09 ^c	156/08 ^b	169/69 ^a	سلولی
0/0001	1/618	49/88 ^c	74/80 ^b	96/43 ^a	خارج سلولی
0/0001	2/263	216/40 ^c	234/83 ^b	291/07 ^a	بخش جامد
0/0001	4/863	384/36 ^c	465/73 ^b	557/17 ^a	کل

حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین تیمارهای آزمایشی در هر ردیف می‌باشد ($p<0/05$). SEM=انحراف استاندارد میانگین، P-value=احتمال معنی‌داری

(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 سلولولیتیک

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

(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 تجزیه‌کننده الیاف با افزایش سطح سیب‌زمینی در جیره احتمالاً 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 زمانی که 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).

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 کربوکسی‌متیل سلولاز در بخش جامد، خارج سلولی، سلولی و کل شیرابه شکمبه نسبت به بخش‌های مربوطه در آنزیم میکروکریستالین سلولاز بیشتر بود. آنزیم کربوکسی‌متیل 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

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

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

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

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 افزایش یافته 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).

قابلیت هضم مواد مغذی

نتایج مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایشی حاوی سیب‌زمینی بر قابلیت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، پروتئین و عصاره‌تری در جدول ۴ نشان داده شده است. افزودن سیب‌زمینی به جیره در سطح ۱۵ درصد سبب افزایش معنی‌دار در قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی 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)

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

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

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

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 سنتر پروتئین میکروبی را در انتهای روده افزایش دهد. به‌دلیل آن که مکانیسمی برای هضم آنزیمی پروتئین میکروبی در انتهای روده وجود ندارد، از طریق

بیشترین میزان قابلیت هضم پروتئین در تیمار شاهد مشاهده شد و در قابلیت هضم عصاره‌تری 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

مدفوع دفع شده و بنابراین قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام 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 پروتوزوا، آنزیم‌های سلولیتیک و قابلیت هضم مواد مغذی 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. Coupling 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 Forestry, 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.

23. Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1988. Ruminant 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. Barrv 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. Shahrvan, 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.

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

Katayoun Mehrani¹, Taghi Ghoorchi², Abdolhakim Toghdory³ and Raheleh Rajabi Ali Abadi⁴

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 observed 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