



تولیات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۷۶۰-۷۴۹

تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و پختن دانه جو بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات کولون مادیان عربی

پریسا قربانی‌نژاد^۱، علی کیانی^{۲*}، آرش آذرفر^۳، ایوب عزیزی شترخفت^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد - ایران

۲. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی، خرم‌آباد - ایران

۳. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۰۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۲

چکیده

تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و پختن دانه جو بر قابلیت هضم فیبر و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات کولون اسب بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش راس مادیان عربی به صورت کراس - اور در ۴ دوره دو هفته‌ای انجام شد. بخش کنسانتره جیره یا نیم ساعت قبل (غلات - علوفه) و یا نیم ساعت بعد از بخش علوفه (علوفه - غلات) در اختیار اسب‌ها قرار گرفت. دانه جو یا به صورت پخته (فراوری شده) و یا به صورت خرد شده (فراوری نشده) استفاده شد. در انتهای هر دوره، نمونه مدفوع به‌طور مستقیم از رکتوم جمع‌آوری شد و فعالیت آنزیم‌های کربوکسی میتیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز، آلف آمیلاز و فعالیت تجزیه کاغذ صافی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان مصرف ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در ترتیب غلات - علوفه بیشتر از ترتیب علوفه - غلات بود ($P < 0/05$). ترتیب خوراک‌دهی تأثیری بر قابلیت هضم فیبر، فعالیت آنزیم‌های کربوکسی میتیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز و فعالیت تجزیه کاغذ صافی نداشت. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در اثر مصرف بخش غلات قبل از بخش علوفه افزایش و در اثر پختن دانه جو کاهش یافت ($P < 0/05$). زمانی که جو فراوری شده استفاده شد، فعالیت آنزیم کربوکسی میتیل سلولاز در ترتیب علوفه - غلات کاهش، ولی در ترتیب غلات - علوفه افزایش یافت ($P < 0/05$). براساس نتایج حاصل، مصرف دانه غلات نیم ساعت بعد از علوفه و پختن دانه جو تأثیرات مثبتی بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات رکتومی مادیان‌های عربی دارد.

کلیدواژه‌ها: اسب عربی، آمیلاز، ترتیب خوراک‌دهی، فراوری غلات، کربوکسی میتیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز

مقدمه

استفاده از جیره‌های حاوی نشاسته زیاد به منظور تأمین نیاز انرژی اسب‌ها به‌خصوص اسب‌های مسابقه‌ای امری اجتناب‌ناپذیر است [۱۵]. ورود و تجمع سطوح بالای نشاسته به انتهای دستگاه گوارش اسب باعث تغییر در غلظت اسیدهای چرب فرار، افزایش تولید لاکتات و ایجاد عارضه اسیدوز (pH کمتر از ۶) در کولون اسب می‌شود [۲۱]. علاوه بر این، کاهش pH کولون باعث تخریب سلول‌های اپیتلیال و ورود آگزوتوکسین‌ها، اندوتوکسین‌ها و آمین‌ها به داخل خون می‌شود. در این حالت خطر ابتلا به اندوتوکسمی، لنگش و اختلالات گوارشی به ویژه کولیک در اسب افزایش می‌یابد [۹]. میزان ورود نشاسته به روده بزرگ تا حد زیادی وابسته به میزان هضم و جذب نشاسته در روده کوچک اسب است. بیش از ۹۰ درصد نشاسته مصرفی یا در روده کوچک و یا در روده بزرگ در اثر فعالیت باکتری‌های آمیلولیتیک هضم می‌شود [۲۲]. اسیدهای چرب فرار محصول نهایی هضم باکتریایی پلی ساکاریدهای نشاسته‌ای و غیرنشاسته‌ای در روده بزرگ هستند. هضم بخش عمده نشاسته جیره خوراکی در روده کوچک ممکن است که عوارض گوارشی کمتری برای اسب داشته باشد، زیرا حضور مقدار زیاد نشاسته در روده بزرگ هضم فیبر را کاهش و احتمال اسیدوز سکومی در اسب را افزایش می‌دهد [۲۵].

یکی از سوالات که در تغذیه اسب هنوز جواب مشخصی برای آن وجود ندارد، ترتیب مصرف بخش علوفه و بخش کنسانتره جیره است [۸]. به‌طورکلی، اسب حیوانی علفخوار، چراکننده و غیرنشخوارکننده است که دارای شرایط مناسب تخمیر در سکوم و کولون است. لذا جیره‌های فیبری و علوفه‌ای برای سلامت و فعالیت مناسب دستگاه گوارش آن ضروری هستند. اسب برخلاف نشخوارکنندگان متکی بر هضم میکروبی انتهای دستگاه

گوارش است و هر قدر مقدار عبور مواد فیبری قسمت‌های ابتدایی دستگاه گوارش بیشتر باشد، از دیدگاه توان هضم میکروبی به نفع دام است. میزان تخلیه معده اصلی، عامل تعیین‌کننده در میزان مصرف خوراک اسب است. هر چه چگالی خوراک بیشتر باشد، نرخ عبور مواد از معده اصلی کمتر است و ماندگاری در ابتدای دستگاه گوارش بیشتر است و لذا میزان مصرف کاهش می‌یابد. در عوض وقتی مواد با چگالی کم از قبیل علوفه استفاده می‌شوند، میزان ماندگاری در معده اصلی کمتر است و سرعت تخلیه معده بیشتر می‌شود. لذا مواد برای هضم میکروبی به انتهای دستگاه گوارش هدایت می‌شوند. در معده اسب معمولاً بخش کنسانتره جیره به دلیل چگالی بالاتر نسبت به بخش علوفه نرخ عبور کندتری دارد [۸]. از لحاظ تئوری حضور بخش علوفه جیره در معده اسب سبب افزایش سرعت تخلیه معده و عبور مواد به انتهای دستگاه گوارش می‌شود، اما اطلاعات در مورد تأثیر ترتیب مصرف بخش کنسانتره قبل و یا بعد از بخش علوفه (ترتیب خوراکدهی) بر قابلیت هضم فیبر و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک (سلولولیتیک و آمیلولیتیک) در کولون اسب بسیار محدود است [۲۶].

زیادی نشاسته ورودی به روده بزرگ اسب منجر به کاهش pH محتویات کولونی و ایجاد عوارض گوارشی در اسب می‌شود. هضم پلی ساکاریدهای نشاسته‌ای و غیرنشاسته‌ای در روده بزرگ توسط ترکیبی از فعالیت میکروارگانیسم‌ها به کمک مجموعه‌ای از آنزیم‌های هیدرولیتیک صورت می‌گیرد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی می‌تواند معیاری برای حضور مواد مختلف از جمله نشاسته در روده بزرگ اسب باشد [۲۳]. از لحاظ تئوری، فرایندهایی که میزان هضم نشاسته در روده کوچک را افزایش دهند، قابلیت پیش‌گیری از عوارض گوارشی ناشی از کاهش pH کولون اسب را دارند. هر چند فراوری دانه غلات سبب افزایش قابلیت هضم نشاسته در دستگاه

تولیدات دامی

تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و پختن دانه جو بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات کولون مادیان عربی

مقابل غلات - علوفه) و دو نوع دانه جو (فراوری نشده و فراوری شده) به صورت کراس - اوور با شش تکرار انجام شد. در این پژوهش، تعداد شش رأس مادیان بالغ نژاد عربی (سن پنج تا ۱۰ سال و میانگین وزن بدن 35 ± 410 کیلوگرم) استفاده شدند. مادیان ها به‌طور انفرادی در اصطبل‌هایی با ابعاد 4×3 متر در باشگاه سوارکاری یکه‌تاز خرم‌آباد نگهداری شدند. آب و بلوک لیسیدنی نمک به‌طور آزاد در اختیار اسب‌ها قرار داده شد. جیره اسب‌ها شامل ۷۰ درصد علوفه (یونجه خشک) و ۳۰ درصد کنساتره (شامل ۲۳ درصد جو و هفت درصد کنجاله سویا) به صورت هوا خشک بود. اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

گوارش اسب شده است [۱۳]، اما تأثیر عمل‌آوری (پختن) غلات بر قابلیت هضم فیبر و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات کولون اسب مشخص نیست. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و پختن دانه جو بر قابلیت هضم فیبر و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک (شامل کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز، فعالیت تجزیه کاغذ صافی، آلفاآمیلاز) در محتویات کولون مادیان‌های بالغ عربی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با دو نوع ترتیب خوراک‌دهی (علوفه - غلات در

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره آزمایشی

مقدار (درصد)	مواد خوراکی جیره (درصد به صورت هوا خشک)
۷۰	علوفه یونجه خشک
۲۳	دانه جو
۷	کنجاله سویا
	ترکیبات شیمیایی جیره (براساس درصد ماده خشک)
۹۰/۶	ماده خشک (%)
۱۱/۷	انرژی قابل متابولیسم (مگاژول در هر کیلوگرم ماده خشک) ^۱
۱۲/۷	پروتئین خام (%)
۳۴/۱	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (%)
۲۷/۰	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (%)
۰/۸۳	کلسیم (%)
۰/۲۵	فسفر (%)

۱ محاسبه شده

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک شامل کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز، فعالیت تجزیه کاغذ صافی و آلفا‌آمیلاز، در روز چهاردهم از هر دوره محتویات رکتوم نیم ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح از اسب‌ها جمع‌آوری شد. آنزیم‌های میکروبی موجود در بخش جامد استخراج گردید [۹]. بدین منظور، میزان دو گرم از بخش جامد در ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸) قرار داده شد و دو میلی‌لیتر محلول ۰/۴ درصد لیزوزیم (شرکت سیگما - آلد ریچ) و دو میلی‌لیتر تتراکلرید کربن به آن افزوده شد. فرآیند با لیزوزیم به وسیله بن‌ماری التراسونیک حاوی آب یخ با نرخ پالس ۳۰ ثانیه و قدرت ۰/۵ صورت گرفت. سوسپانسیون در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت انکوبه شد و جهت متوقف نمودن واکنش در یخ قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ سوسپانسیون با دور ۲۷۰۰۰g در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه، سوپرناتانت حاصل به عنوان منبع آنزیمی برای بخش جامد محتویات رکتوم مورد استفاده قرار گرفت.

فعالیت آنزیم‌های میکروبی در هر حیوان در بخش جامد محتویات رکتوم تخمین زده شد [۱]. برای تخمین فعالیت کربوکسی متیل سلولاز، مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، نیم میلی‌لیتر منبع آنزیمی و نیم میلی‌لیتر کربوکسی متیل سلولاز یک درصد (به عنوان سوستر) بود که در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت انکوبه شد. مخلوط واکنش برای آنزیم میکروکریستالین سلولاز که شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر منبع آنزیمی و یک میلی‌لیتر میکروکریستالین سلولاز یک درصد (به عنوان سوستر) بود در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت مورد انکوباسیون قرار گرفت. به منظور محاسبه فعالیت تجزیه کاغذ صافی،

اسب‌ها به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم وزن بدن یک کیلوگرم یونجه هوا خشک دریافت کردند. بخش کنسانره شامل دانه جو و کنجاله سویا بود که به ترتیب به میزان ۱۹۵۰ و ۶۵۰ گرم در روز به ازای هر اسب بود. بخش کنسانتره جیره یا نیم ساعت قبل (غلات - علوفه) و یا نیم ساعت بعد (علوفه - غلات) از بخش علوفه در اختیار اسب‌ها قرار گرفت. دانه جو یا به صورت پخته شده در آب جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت سه ساعت (فرآوری شده) و یا به صورت خرد شده (فرآوری نشده) در جیره اسب‌ها استفاده شد. آزمایش شامل ۴ دوره دو هفته‌ای شامل یک هفته عادت‌پذیری و یک هفته اندازه‌گیری مصرف خوراک و مدفوع تولیدی به صورت روزانه بود.

در ابتدای هر دوره دو هفته‌ای اسب‌ها توزین شدند. از روز هفتم تا چهاردهم دوره (جمعاً ۷ روز) میزان خوراک مصرفی، میزان باقیمانده خوراک و میزان کل مدفوع روزانه به دقت توزین و ثبت شد. هر روز نمونه‌ای از مدفوع تولیدی در یک ظرف پلاستیکی جمع‌آوری و در دمای زیر صفر نگهداری شد. در انتهای هر دوره مدفوع همگن شده و یک نمونه ۱۰۰ گرمی تهیه و برای آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. هر روز از مواد خوراکی مصرفی یک نمونه ۱۰۰ گرمی گرفته می‌شود و در انتهای دوره بعد از مخلوط شدن نمونه‌های هفت روز یک نمونه ۱۰۰ گرمی برای آنالیز ماده خشک به آزمایشگاه ارسال شد. ترکیب شیمیایی مواد خوراکی جیره، باقی مانده خوراک و نمونه مدفوع براساس روشهای استاندارد اندازه‌گیری شد [۳]. محتوای ماده خشک با خشک کردن در آون مجهز به فن، خاکستر خام با سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی تعیین شد [۳]. الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بدون استفاده از آلفا‌آمیلاز توسط روش ون‌سوست و همکاران تعیین شد [۲۶].

تولیدات دامی

نتایج و بحث

تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه جو بر مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار مصرف ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در ترتیب خوراک‌دهی غلات - علوفه در مقایسه با علوفه - غلات بیشتر بود ($P < 0.05$). مصرف اجزای مختلف جیره تحت تأثیر ترتیب خوراک‌دهی قرار نگرفت. ترتیب خوراک‌دهی و عمل‌آوری تأثیری بر قابلیت هضم ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نداشت. اثر متقابل ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری جو بر مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی معنی‌دار نبود.

تأثیرات ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه جو بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در کولون مادیان‌های عربی در جدول ۳ آمده است. ترتیب خوراک‌دهی تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های کربوکسی متیل سلولاز، میکروکریستالین سلولاز و فعالیت تجزیه کاغذ صافی نداشت. فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در ترتیب خوراک‌دهی غلات - علوفه نسبت به ترتیب علوفه - غلات به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). فعالیت آنزیم‌های میکروکریستالین سلولاز و آلفاآمیلاز در تیمار حاوی جو فرآوری شده به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار جو فرآوری نشده بود ($P < 0.05$). فعالیت کربوکسی متیل سلولاز و تجزیه کاغذ صافی تحت تأثیر روش فرآوری قرار نگرفت. اثر متقابل ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه جو بر میزان فعالیت آنزیم کربوکسی متیل سلولاز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در ترتیب علوفه - غلات میزان غلظت آنزیم کربوکسی متیل سلولاز در دانه جو فرآوری شده کاهش یافت، ولی در ترتیب علوفه - غلات میزان فعالیت آن تحت تأثیر فرآوری دانه جو افزایش یافت ($P < 0.05$) (شکل ۱).

مخلوط واکنش شامل یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، یک میلی‌لیتر منبع آنزیمی و نیم گرم کاغذ صافی واتمن شماره یک (به عنوان سوبسترا)، در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت نگهداری شد. جهت اندازه‌گیری فعالیت آلفاآمیلاز، مخلوط واکنش محتوی یک میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH برابر با ۶/۸)، نیم میلی‌لیتر منبع آنزیمی و نیم میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد (به عنوان سوبسترا) در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه گردید. در همه آزمون‌های مذکور، واکنش با افزودن سه میلی‌لیتر محلول دی‌نیتروسالیسیلیک اسید متوقف شد. گلوکز آزاد شده در اثر فعالیت هر یک از آنزیم‌های مورد آزمون براساس روش میلر تخمین زده شد [۱۷]. فعالیت آنزیم‌ها براساس یک واحد آنزیم که توانایی تولید یک میکرومول گلوکز در دقیقه در هر میلی‌لیتر سوبسترا را تحت شرایط مخلوط واکنش داشته باشد، محاسبه شد.

داده‌ها با استفاده از رویه Mixed در نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) برای مدل ۱ تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

رابطه (۱)

$$y_{ijkl} = \mu + T_i + \gamma_k + (T_i \times \gamma_k) + \alpha(\gamma)_{jk} + p_l + e_{ijkl}$$

در این رابطه، Y_{ijkl} مشاهده مربوط به z امین حیوان در i امین تیمار در k امین ترتیب اعمال تیمار و l امین دوره، μ میانگین جامعه برای صفت موردنظر، T_i اثر ثابت i امین ترتیب خوراک‌دهی، γ_k اثر k امین فرآوری، $T_i \times \gamma_k$ اثر متقابل بین ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری، $\alpha(\gamma)_{jk}$ اثر تصادفی z امین حیوان در k امین ترتیب اعمال تیمار، p_l اثر ثابت l امین دوره و e_{ijkl} اثر خطای آزمایشی است.

تولیدات دامی

جدول ۲. تأثیرات ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه جو بر مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی در مادانه‌های بالغ عربی

ماده خشک	تربیب خوراک‌دهی ^۱		فرآوری ^۲		خطای استاندارد میانگین‌ها	سطح معنی‌داری	تربیب خوراک‌دهی	فرآوری
	علوفه - غلات	غلات - علوفه	فرآوری نشده	فرآوری شده				
کل ماده خشک	۶۴/۷۲ ^b	۶۳/۸۶	۶۸/۷۶	۶۶/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
علوفه	۶۴/۷۲ ^b	۶۳/۸۶ ^a	۶۷/۷۶	۶۷/۷۶	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
کسناثره	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
جو	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
نسبت علوفه به کسناثره	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
الیاف نامحلول در شوینده	۴/۹۸ ^b	۴/۹۸ ^a	۴/۹۸	۴/۹۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴/۹۸ ^b	۴/۹۸ ^a	۴/۹۸	۴/۹۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۴/۹۸ ^b	۴/۹۸ ^a	۴/۹۸	۴/۹۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
صربیب قابلیت هضم ماده خشک	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۸۷/۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۷۵

۱ - بخش کسناثره جیره نیم ساعت بعد (علوفه - غلات) و یا نیم ساعت پیش از مصرف بخش علوفه (غلات - علوفه).

۲ - دانه جو پخته شده (فرآوری شده) و یا به صورت خرد شده (فرآوری نشده). a-b: در هر اثر اصلی میانگین‌ها با حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی‌دار دارند (P < 0.05).

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵

تأثیر ترتیب خوراک‌دهی و پختن دانه جو بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در محتویات کولون مادیان عربی

جدول ۳. تأثیرات ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه جو بر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک (میکرومول گلوکز تولید شده در دقیقه در میلی‌لیتر) در بخش جامد محتویات رگنوم مادیان‌های بالغ عربی

ترتیب خوراک‌دهی	سطح معنی‌داری		خطای استاندارد	ترتیب خوراک‌دهی				
	فرآوری	ترتیب		میانگین‌ها	فرآوری نشده	فرآوری نشده	غلطه - غلظت	غلطه - غلظت
۰/۰۳	۰/۵۳	۰/۸۳	۰/۰۳	۱/۸۱	۱/۸۴	۱/۸۳	۱/۸۲	کربوکسی متیل سلولاز
۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۴۳	۰/۰۷	۰/۸۷ ^b	۱/۱۸ ^a	۰/۹۸	۱/۰۶	میکرو کریستالین سلولاز
۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۱۰	۰/۰۵	۱/۳۱	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۳۶	فعالیت تجزیه کاغذ صافی
۰/۹۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۸۳	۱۵/۳ ^b	۱۷/۹ ^a	۱۷/۸ ^a	۱۵/۴ ^b	آلفا آمیلاز

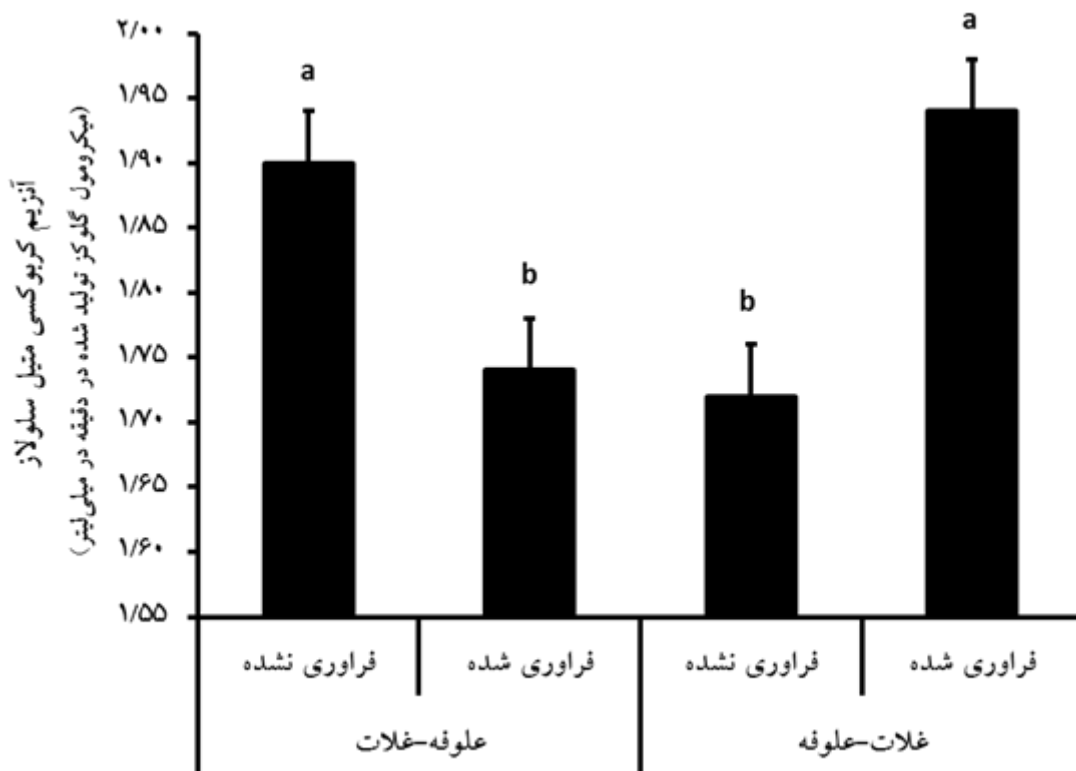
۱ - بخش کسالت‌زده چیره نیم ساعت بعد (غلطه - غلات) و یا نیم ساعت قبل از مصرف بخش غلظه (غلطه - غلظه).

۲ - دانه جو پخته شده (فرآوری شده) و یا به صورت خرد شده (فرآوری نشده).

در هر اثر اصلی میانگین‌ها با حروف غیر مشابه با هم اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

تولیدات دامی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵



شکل ۱. میانگین فعالیت آنزیم کربوکسی متیل سلولاز (میکرومول گلوکز تولید شده در دقیقه در میلی‌لیتر) در رکتوم مادیان عربی تغذیه شده با دو ترتیب خوراک‌دهی، بخش کنسانتره جیره نیم ساعت بعد (علوفه - غلات) و یا نیم ساعت قبل از مصرف بخش علوفه (غلات - علوفه) و دانه جو پخته شده (فراوری شده) و یا به صورت خرد شده (فراوری نشده).
a-b: تفاوت میانگین‌ها با حروف غیرمشابه معنی‌دار است ($P < 0/05$).

در ترتیب غلات - علوفه بیشتر بوده است. بنابراین، مصرف غلات قبل از علوفه احتمالاً باعث افزایش میزان عبور نشاسته از روده کوچک شده است و در عوض میزان بیشتری نشاسته برای هضم به بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش و به ویژه کولون رسیده است. به‌طورکلی، جایگاه هضم و جذب نشاسته در دستگاه گوارش اسب ارتباط مستقیم با محصول نهایی جذب شده دارد. معمولاً بخشی از نشاسته ابتدا در روده کوچک هضم و جذب می‌شود و بخش دیگر در سکوم و کولون در معرض تجزیه باکتریایی قرار می‌گیرد [۵].

افزایش مصرف خوراک در ترتیب خوراک‌دهی غلات - علوفه در مقایسه با علوفه - غلات می‌تواند به دلیل تغییر در جایگاه هضم نشاسته در دستگاه گوارش اسب باشد. به نظر می‌رسد که مصرف غلات پیش از مصرف علوفه سبب افزایش عبور مواد مغذی به انتهای دستگاه گوارش اسب می‌شود. فعالیت بالاتر آنزیم آمیلاز در ترتیب خوراک‌دهی غلات - علوفه که در آزمایش حاضر مشاهده شد مؤید این است که در ترتیب خوراک‌دهی غلات - علوفه میزان بیشتری نشاسته که عمدتاً ناشی از بخش غلات جیره است، وارد روده بزرگ شده است. لذا میزان عبور نشاسته

تولیدات دامی

محصول نهایی هضم نشاسته در روده کوچک و روده بزرگ به ترتیب گلوکز و اسید پروپیونیک است. گلوکز به طور مستقیم جذب و وارد گردش خون می‌شود، اما اسید پروپیونیک بعد از جذب از طریق مسیر گلوکونئوزنز در کبد به گلوکز تبدیل می‌شود. در حالت هضم و جذب روده‌ای سطح گلوکز خون و به تبع آن سطح انسولین به سرعت افزایش می‌یابد، درحالی‌که گلوکز خون در هضم و جذب سکومی به دلیل نیاز به گلوکونئوزنز با سرعت و شتاب کمتری افزایش می‌یابد. به دلیل اینکه در ترتیب علوفه - غلات سرعت عبور نشاسته برای رسیدن به سکوم کمتر است، احتمالاً میزان هضم و جذب نشاسته غلات در روده بیشتر بوده است. این امر سبب افزایش سریع گلوکز خون و به تبع آن افزایش غلظت انسولین خون می‌شود. انسولین قوی‌ترین هورمون سیری است، لذا افزایش سطح انسولین در پاسخ به گلوکز جذب شده باعث تحریک مکانیسم سیری می‌شود. لذا دام‌هایی که با ترتیب علوفه - غلات تغذیه شده‌اند، با از دست دادن نسبی اشتها میزان کمتری ماده خشک مصرف می‌کنند که مطابق با نتایج تحقیق حاضر است.

جمعیت میکروبی دستگاه گوارش به نوع خوراک مصرفی دام و تغییرات الگوی آنزیمی ناشی از مصرف خوراک بسیار حساس است. با این‌که اطلاعات اندکی راجع به فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در انتهای دستگاه گوارش اسب وجود دارد، اما در نشخوارکنندگان، تغییرات میکروبی شکمبه و الگوی آنزیمی با تغییر نسبت علوفه به کنسانتره در جیره گزارش شده است [۲ و ۱۴]. با افزایش میزان علوفه در جیره، میزان فعالیت کربوکسی متیل سلولاز و زایلاناز افزایش یافت، درحالی‌که با افزایش نسبت غلات به علوفه، فعالیت آنزیم‌های سلولاز و زایلاناز کاهش و در عوض فعالیت آنزیم آمیلاز افزایش یافت [۹ و ۱۶]. فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نه تنها در ترتیب خوراک‌دهی

غلات - علوفه افزایش یافت، بلکه در اثر پختن دانه جو نیز به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. تغذیه با جو، به دلیل فراهمی میزان بالای نشاسته سبب افزایش جمعیت کل باکتری‌ها به‌ویژه باکتری‌های آمیلولایتیک می‌گردد [۱۲ و ۱۸]. کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز با تغذیه جیره حاوی جو پخته شده احتمالاً به دلیل فراهمی کمتر نشاسته به بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش (سکوم و کولون) بوده است که هضم میکروبی عمدتاً در آن اتفاق می‌افتد. فرآوری غلات از طریق ژلاتینه نمودن نشاسته باعث افزایش هضم و جذب نشاسته در روده کوچک می‌گردد [۲۸]. فرآوری دانه غلات در اثر فرآیندهای فشار و گرما همراه با رطوبت ساختار گرانول‌های نشاسته به صورت ژلاتینه در می‌آید [۸ و ۲۳]. به‌طورکلی، با افزایش هضم نشاسته در روده کوچک میزان ورود نشاسته به سکوم کاهش می‌یابد [۸ و ۱۵]. هضم بالای نشاسته پیش سکومی باعث ورود نشاسته کمتری به روده بزرگ می‌شود که همراه با تغییرات قابل ملاحظه‌ای در تخمیر میکروبی است [۲۷]. طبق نتایج تحقیق حاضر، پختن دانه جو احتمالاً از طریق افزایش هضم و جذب نشاسته در روده کوچک [۲۷ و ۲۸] باعث کاهش عبور نشاسته به روده بزرگ شده است که با نتایج سایرین مطابقت دارد [۱۱]. نتایج پژوهش حاضر از لحاظ مدیریت تغذیه اسب بسیار حائز اهمیت بسیار است، زیرا عوارض گوارشی روده بزرگ اسب معمولاً در اثر ورود و تجمع سطوح بالای نشاسته در انتهای دستگاه گوارش اسب رخ می‌دهد [۲۰]. افزایش ورود نشاسته به روده بزرگ باعث تخریب سلول‌های اپیتلیال سکوم و آگزوتوکسین‌ها، اندوتوکسین‌ها و آمین‌ها به داخل خون شده و خطر ابتلا به اندوتوکسمی، لنگش و اختلالات گوارشی به‌ویژه کولیک در اسب را افزایش دهد [۷]. لذا اولویت‌بندی نمودن جایگاه هضم نشاسته از طریق ترتیب خوراک‌دهی و فرآوری دانه غلات می‌تواند بر میزان

تولیدات دامی

در شوینده ختنی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی زمانی که از جو فرآوری نشده استفاده گردید، کاهش یافت [۶]. احتمالاً نشاسته هضم نشده با عبور از روده کوچک به انتهای دستگاه گوارش رسیده و در آن جا موجب اختلال در اکوسیستم میکروارگانسیم های فیبرولایتیک شده است که می تواند موجب بروز اختلالاتی از جمله اسیدوز و کولیک در روده بزرگ اسب شود. لذا ترتیب خوراکدهی علوفه - غلات و پختن دانه جو ممکن است با افزایش فعالیت باکتری های سلولولایتیک و کاهش باکتری های آمیلولیتیک در کاهش عوارض گوارشی روده بزرگ اسب از قبیل اسیدوزیس و کولیک مؤثر باشد.

براساس یافته های پژوهش حاضر، ترتیب خوراکدهی و پختن دانه جو تأثیری بر قابلیت هضم فیبر نداشت. مصرف غلات نیم ساعت پس از مصرف علوفه و پختن دانه جو احتمالاً با کاهش میزان ورود نشاسته به روده بزرگ باعث افزایش فعالیت آنزیم های مرتبط با تجزیه فیبر و در مقابل باعث کاهش فعالیت آنزیمی های مرتبط با نشاسته در محتویات روده بزرگ مادیان های عربی می شود.

منابع

1. Agarwal N, Agarwal I, Kamra DN and Chaudhary LC (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. Agarwal N, Saxena J, Saha S, Chaudhary LC and Kamra DN (2004) Changes in fermentation characteristics, microbial populations and enzyme profile in the rumen of buffaloes affected by roughage level in the diet. Bubalusbubal. 111: 81-90.
3. AOAC (2004) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Arlington VA, USA.

ورود نشاسته به روده بزرگ تأثیرگذار باشد و در پیش گیری از عوارض گوارشی روده بزرگ اسب مؤثر باشد.

کاهش فعالیت آنزیمی میکروکریستالین سلولاز در سکوم اسب های تغذیه شده با جو پخته شده می تواند نشان دهنده تغییر جمعیت باکتریایی مرتبط با هضم سلولز باشد. آنزیم های کربوکسی متیل سلولاز روی بخش میانی زنجیر سلولز اثر نموده و از طریق هیدرولیز آن را پاره می نماید و تولید دو زنجیر کوتاه تر می کند، اما میکروکریستالین سلولاز به قسمت انتهایی آزاد زنجیره حمله نموده و طی مراحل متوالی سلوبیوز را تولید می نماید. کاهش فعالیت آنزیم میکروکریستالین سلولاز ممکن است به دلیل کاهش جمعیت باکتری های سلولولایتیک و افزایش باکتری های آمیلولیتیک دخیل در تخمیر قندهای محلول و نشاسته باشد. همچنین، دسترسی بیشتر میکروب های آمیلولایتیک به نشاسته ممکن است سبب افزایش اسیدیته سکوم شود که این امر سبب کاهش فعالیت باکتری های سلولولایتیک می گردد که به pH اسیدی حساس هستند [۱۲]. باکتری های سازش یافته به جیره کنسانتره ای در کولون و سکوم نیز در مقایسه با باکتری های سازش یافته به جیره علوفه ای، فیبر جیره را با کارایی پایین تری مورد استفاده قرار می دهند. از طرف دیگر، کاهش زمان ماندگاری همراه با افزایش مصرف خوراک ممکن است قابلیت هضم فیبر را کاهش دهد، زیرا زمان ماندگاری مواد هضمی در دستگاه گوارش یک فاکتور مؤثر بر قابلیت هضم فیبر است [۲۵]. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، در آزمایشی مشخص گردید که افزایش ورود نشاسته به کولون اسب سبب کاهش میزان هضم فیبر در روده بزرگ اسب شد [۲۰]. به علاوه، در آزمایشی که توسط محققان دیگر صورت گرفت قابلیت هضم الیاف نامحلول

تولیدات دامی

4. De Fombelle A, Veiga L, Drogoul C and Julliand V (2004) Effect of diet composition and feeding pattern on the prececal digestibility of starches from diverse botanical origins measured with the mobile nylon bag technique in horses. *Journal of Animal Science*. 82: 3625-3634.
5. Edouard N, Fleurance G, Martin-Rosset, W, Duncan P, Dulphy, JP, Grang S, Baumont R, Dubroeuq H, Perez-Barberia FJ and Gordon IJ (2008) Voluntary intake and digestibility in horses: effect of forage quality with emphasis on individual variability. *Animal*. 2(10): 1526-1533.
6. Frape D (2004) *Equine Nutrition and Feeding*, 3rd Edition, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
7. Hoffman RM, Boston RC, Stefanovski D, Kronfeld DS and Harris PA (2003) Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in Thoroughbred geldings. *Journal of Animal Science*. 81: 2333-2342.
8. Holm J, Lundquist I, Bjrcck I, Eliasson AC and Asp NG (1988) Degree of starch gelatinization, digestion rate of starch in vitro, and metabolic response in rats. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 47: 1010-1016.
9. Hristov AN, McAllister TA and Cheng KJ (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.
10. Hudson JM, Cohen ND, Gibbs PG and Thompson JA (2001) Feeding practices associated with colic in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 219: 1419-1425.
11. Jassim RAMA (2006) Supplementary feeding of horses with processed sorghum grains and oats. *Animal Feed Science and Technology*. 125: 33-44.
12. Julliand V, De Fombelle A, Drogoul C and Jacotot E (2001) Feeding and microbial disorders in horses: Part 3 – Effects of three hay:grain ratios on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science*. 21: 543-546.
13. Julliand V, De Fombelle A and Varloud M (2006) Starch digestion in horses: The impact of feed processing. *Livestock Science*. 100: 44-52.
14. Kamra DN, Saha S, Bhatt N, Chaudhary LC and Agarwal N (2003) Effect of diet one enzyme profile, biochemical changes and in sacco degradability of feeds in the rumen of buffalo. *Journal of Animal Science*. 16: 374-379.
15. Kienzle E, Pohlenz J and Radicke S (1997) Morphology of starch digestion in the horse. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 44: 207-221.
16. Martin C and Michalet-Doreau B (1995) Variations in mass and enzyme activity of rumen microorganisms: Effect of barley and buffer supplements. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 67: 407-413.
17. Moore BE and Dehority BA (1993) Effects of diet and hindgut defaunation on diet digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse. *Journal of Animal Science*. 71: 3350-3358.
18. Rowe JB, Lees MJ and Pethick DW (1994) Prevention of acidosis and laminitis associated with grain feeding in horses. *The Journal of Nutrition*. 124: 2742S-2744S.
19. Rowe JB, Choct M and Pethick W (1999) Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research*. Pp. 50-721.
20. Santos AS, Rodrigues MAM, Bessa RJB, Ferreira LM and Roset W (2010) Understanding the equine cecum-colon

- ecosystem: current knowledge and future perspectives. *Animal*. 5: 48-56.
21. Selmi B, Marion D, Perrier Cornet JM, Douzals JP and Gervais P (2000) Amyloglucosidase hydrolysis of high-pressure and thermally gelatinized corn and wheat starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 2629-2633.
 22. Silva AT, Wallace RJ and Orskov ER (1987) Use of particle-bond microbial activity to predict the rate and extent of fiber degradation in the rumen. *British Journal Nutrition*. 57: 407-415.
 23. Van Soest PJ (1994) *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, NY.
 24. Van Soest PJ and Mason VC (1991) The influence of the maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 32: 45-53.
 25. Vervuert I, Voigt K, Hollands T, Cuddeford D and Coenen M (2008) Effects of processing barley on its digestion by horses. *The Veterinary Journal*. 162: 684-688.
 26. Zeyner A, Geißler C and Dittrich A (2004) Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, and buffering capacity) of horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 88: 7-19.