تأثیر روش‌های فراوری بر تجزیه‌پذیری دانه‌های جو و سورگوم جارویی در شکمبه

اکبر نیکخواه[۱]، مسعود علیخانی[۲]، حمید امانلو[۳] و عبدالحسین سمیع[۲]

چکیده

به منظور تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام دانه‌های سورگوم جارویی ورقه شده با بخار، و سورگوم جارویی آسیاب شده و جو آسیاب شده در شکمبه، آزمایشی با استفاده از سه رأس میش فیستولاگذاری شده از ناحیه شکمبه به روش کیسه‌های نایلونی انجام گردید. نمونه‌ها با استفاده از غربال دو میلی‌متری آسیاب شد. کیسه‌های حاوی ۳/۵ گرم نمونه در زمان‌های ۰، ۲، ٤، ۸، ۱٦، ۲٤ و ٤۸ ساعت در شکمبه قرار داده شد. کیسه‌ها پس از خروج از شکمبه با جریان آب شیر شسته شد.

تجزیه‌پذیری مؤثر در سرعت‌های عبور ۵ و ۸ درصد در ساعت، برای سورگوم جارویی ورقه شده با بخار، به طور معنی‌داری بیشتر از سورگوم آسیاب شده بود (۵۹ و ۵۳ درصد در مقابل ٤۳ و ۳۵ درصد). سورگوم جارویی ورقه شده با بخار، ماده خشک محلول بیشتری نسبت به جو و سورگوم آسیاب شده داشت (۲۳ در برابر ۱٤ درصد). افزون بر این، بخش نامحلول ماده خشک در سورگوم جارویی ورقه شده با بخار کمتر از جو و سورگوم آسیاب شده بود. فراوری سورگوم جارویی با بخار به طور مؤثری پروتئین محلول دانه را کاهش داد، ولی سرعت تجزیه پروتئین نامحلول تغییر نیافت. نتایج این پژوهش نشان داد که دانه سورگوم جارویی فرایند شده با بخار، نسبت به دانه‌های آسیاب شده، مقادیر بیشتری از مواد مغذی را در اختیار میکروارگانیزم‌های شکمبه قرار می‌دهد. به سخن بهتر، استفاده از کارآمدترین شیوه‌های فراوری دانه سورگوم جارویی در تغذیه نشخوارکنندگان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: *ورقه کردن با بخار، سورگوم جارویی، جو، تجزیه‌پذیری مؤثر، شکمبه*

---

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. استادیار علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. مربی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

مقدمه

سورگوم (ذرت خوشه‌ای) پس از گندم، برنج، ذرت و جو، پنجمین غله زراعی مهم جهان است (٤). به طور کلی سورگوم گیاهی مخصوص مناطق گرم و خشک است، که به دلیل سازگاری گستردهٔ دمایی و رطوبتی امکان کشت آن در اقلیم‌های مختلف از نظر دما، رطوبت و ارتفاع وجود دارد (۳ و ٤). کشت این گیاه در برخی مناطق کشور نشانهٔ سازگاری آن با شرایط اقلیمی بیشتر مناطق کشور است. به طوری که در مناطق شمالی، شمال شرقی و شمال غربی به وفور از ارقام جارویی سورگوم استفاده می‌شود، که دارای تانن زیادتری (تا بیش از یک درصد ماده خشک دانه) می‌باشند (۵).

دانهٔ حاصل از کشت ارقام جارویی، به عنوان محصول ثانویه در تغذیه دام کاربرد دارد. بررسی ساختار فیزیکی و شیمیایی دانه سورگوم نشان می‌دهد که پرولامین‌ها بخش عمده‌ای از پروتئین دانه (۵۰-٦۰ درصد) را تشکیل می‌دهند (۸). اتصال قوی میان این پروتئین‌ها با نشاسته موجود در اندوسپرم، موجب کاهش تجزیه‌پذیری دانه سورگوم در شکمبه می‌شود (۱۰). استریتر و همکاران (۲۱) دریافتند که ارقام قرمزرنگ سورگوم، اندوسپرم احشایی و شاخی بیشتری دارند، در نتیجه میزان عبور نیتروژن به روده بیشتر است. هررا-سالدانا و همکاران (۹) تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام را برای یولاف، گندم، جو، ذرت و سورگوم به ترتیب ۹۸، ۹۵، ۹۱، ۷۰ و ۵۷ درصد گزارش کردند.

فراوری دانه سورگوم به همراه بخار، نقش زیادی در کاهش محدودیت‌های تغذیه‌ای آن دارد (۲۳). بیشترین اثر فراوری مرطوب مربوط به کاهش مقاومت نشاسته به واکنش‌های گوارشی است، به نحوی که با گسستن پیوندهای عرضی پروتئین‌ها، گرانول‌های نشاسته‌ای محصور در ماتریس پیچیده پروتئینی ژلاتینی شده، با سهولت بیشتری در اختیار میکروارگانیزم‌ها و آنزیم‌های هاضم مترشحه از منابع میکروبی و حیوانی قرار می‌گیرند (۲۲ و ۲۳). فراوری سورگوم با بخار هم‌چنین موجب افزایش تجزیه‌پذیری نشاسته و ماده خشک در شکمبه و کل دستگاه گوارش می‌شود (١٦). با اعمال فرایندهایی که با بخار (دما و رطوبت) دانه را ورقه می‌کنند، نشاسته محصور در گرانول‌ها به میزان بیشتری در دسترس آنزیم‌های باکتریایی قرار می‌گیرد (۲۲).

هدف از این آزمایش، تعیین تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین دانه‌های فرایند شده جو و سورگوم در شکمبه بود، تا تأثیر فراوری مرطوب بر قابلیت دسترسی مواد مغذی دانه سورگوم جارویی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

دانه‌های سورگوم *(Sorghum bicolor)* از نوع جارویی بودند، که پس از برداشت گل‌آذین‌های بزرگ و پهن به منظور تهیه جارو، به عنوان محصول ثانویه از ساقه‌ها جدا شده، پس از عمل بوجاری و جداسازی بقایای ساقه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند. لازم به یادآوری است که محل اصلی کشت این ارقام در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. پس از آن نمونه‌ها با آسیاب چکشی با قطر منافذ دو میلی‌متر آسیاب شدند (۱۳). دانه‌های جو نیز به همین روش آسیاب شدند.

فراوری دانه سورگوم جارویی با بخار

به منظور فراوری دانه‌ها و ورقه کردن آنها با بخار، از سیستم غلتک‌های مرطوب استفاده شد. بدین گونه که نخست دانه‌ها به مدت ۵۰ دقیقه در داخل اتاقک‌هایی از جنس استیل در معرض بخار داغ (۱۰۲ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. پس از این که میزان رطوبت دانه‌ها به ۱۸-۲۰ درصد رسید، از میان غلتک‌های ورقه کننده گذرانده شدند تا به صورت پولک‌های پهنی در آیند. طول و قطر غلتک‌های فولادی به ترتیب ۹۰ و ٤۰ سانتی‌متر بود. در مرحله پایانی، ورقه‌های تولید شده خشک شدند تا از آنها در آزمایش‌های تجزیه‌پذیری استفاده گردد.

ترکیب مواد مغذی نمونه‌های جو آسیاب شده، سورگوم آسیاب شده و سورگوم ورقه شده با بخار، در آزمایشگاه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

اندازه‌گیری شد (جدول ۱). برای تعیین درصد ماده خشک، نمونه‌های آسیاب شده به مدت ۱۶ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پروتئین خام نمونه‌ها نیز به روش کلدال تعیین شد. دیواره سولی (Neutral detergent fiber) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (Acid detergent fiber) با روش اصلاح شده ون سوست اندازه‌گیری شد (۲۳). درصد تانن دانه سورگوم نیز با روش فولین دنیس تعیین گردید (۷).

آزمایش‌های تجزیه‌پذیری شکمبه

سه رأس میش فیستولاگذاری شده نژاد نایینی به وزن ۴۰-۵۰ کیلوگرم برای انجام آزمایش انتخاب شد. جیره در سطح نگهداری سه بار در روز در ساعت‌های ۸، ۱۴ و ۲۰ در اختیار میش‌ها قرار داده می‌شد (۱۵). نسبت علوفه به کنسانتره در جیره ۸۰ به ۲۰ بود. بخش علوفه شامل یونجه خشک و بخش کنسانتره نیز شامل دانه‌های کامل جو و سورگوم بود (۵۰ به ۵۰).

کیسه‌های نایلونی از جنس داکرون (الیاف پلی‌استر) بود که روزنه‌هایی به قطر تقریبی ۵۰ میکرون داشتند. ابعاد کیسه‌ها ۱۲×۸ سانتی‌متر بود و در داخل هر کیسه ۳/۵ گرم از هر نمونه قرار داده شد. نمونه‌ها عبارت بودند از: الف) دانه جو آسیاب شده، ب) دانه سورگوم جارویی آسیاب شده، ج) دانه سورگوم ورقه شده با بخار که به صورت ورقه‌های آسیاب شده در داخل کیسه‌ها قرار داده شد و د) دانه سورگوم ورقه شده با بخار که به صورت ورقه‌های کامل در داخل کیسه‌ها قرار داده شد. هر بار و برای هر زمان انکوباسیون کیسه‌های نایلونی به طور هم‌زمان داخل و خارج می‌شدند. زمان‌های انکوباسیون شکمبه‌ای شامل صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت بود (۲۴).

پس از پایان یافتن هر بخش، کیسه‌ها در آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شد تا فرایند تخمیر متوقف گردد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه با روش دستی، تحت جریان مداوم آب قرار می‌گرفت تا آب خارج شده از کیسه‌ها کاملاً شفاف گردد، به صورتی که مواد مغذی تجزیه شده به طور کامل خارج گردد. پس از آن کیسه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا آزمایش‌های لازم در مورد آنها انجام گردد.

تجزیه و برازش معادله، تعیین پارامترهای مربوط به مواد محلول، مواد نامحلول ولی تخمیرپذیر، انحراف معیار خطا، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام، با استفاده از برنامه رایانه‌ای نیوی (Neway) انجام گرفت. داده‌های حاصل در یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به ازای هر تیمار، و با استفاده از نرم‌افزار SAS (۲۰) تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن (۲۰) انجام گرفت.

میزان مواد ناپدید شده در هر زمان با معادله زیر به دست آمد (۱۷):

$$D = a + b(1 - e^{-ct}) \quad [1]$$

که D سرعت ناپدید شدن (Disappearance rate)، a درصد مواد محلولی است که سریعاً از کیسه‌ها خارج می‌شود، b درصد موادی است که قابلیت تجزیه‌پذیری بالقوه دارند، و c سرعت هضم بخش b است.

تجزیه‌پذیری مؤثر (Effective degradability, ED) ماده خشک و پروتئین خام با استفاده از معادله زیر تعیین شد (۱۷):

$$ED = a + [(b \times c)/(c + k)] \quad [2]$$

که k سرعت تخمینی عبور مواد از شکمبه است (درصد در ساعت).

نتایج و بحث

مواد مغذی دانه‌ها

میزان رطوبت نمونه‌ها، به ویژه در سورگوم‌های فرایند شده در حد یکسانی بود. با توجه به این که دانه‌های سورگوم ورقه شده با بخار، طی مراحل فراوری تا ۱۸-۲۰ درصد وزن خود آب جذب کرده بودند، با مکش هوا در سیستم فراوری، میزان رطوبت آنها به حالت عادی برگشت. این کاهش رطوبت در مدت‌های طولانی، موجب برقراری مجدد پیوندهای بین مولکولی نشاسته می‌گردد (Retrogradation)، و قابلیت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

جدول ۱. ترکیب مواد مغذی دانه‌ها (بر اساس صد درصد ماده خشک)

مواد مغذی	جو آسیاب شده	سورگوم آسیاب شده	سورگوم ورقه شده با بخار
ماده خشک	۸۸/۰	۸٦/۰	۸۵/۰
پروتئین خام	۱۱/۷	۱۰/۷	۱۰/۹
الیاف خام	۵/۰	۷/۵	۷/۳
عصاره اتری	۲/۵	۳/۰	۳/۰
دیوارهٔ سلولی	۱۹/۰	۲٤/۰	۲۳/۵
دیوارهٔ سلولی بدون همی‌سلولز	۷/۵	۱۳/۰	۱۲/۷
تانن	–	۱/۲	۱/۱۵

دست‌رسی میکروارگانیزم‌های شکمبه به نشاسته ژلاتینی شده کاهش می‌یابد. به همین دلیل باید دانه‌ها را در مدت کوتاهی پس از فراوری با بخار استفاده نمود (۱۸).

همان گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، دانه‌های سورگوم جارویی نسبت به دانه جو، مقدار دیواره سلولی بیشتری دارند. بنابراین، ممکن است با کاهش ماده آلی قابل هضم در شکمبه، از نوسانات pH جلوگیری گردد. افزون بر آن، پروتئین دانه سورگوم (پرولامین‌ها) ساختار پایدارتری نسبت به پروتئین دانه جو دارد، و وجود تانن در دانه‌های سورگوم جارویی، عامل دیگری در کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته، پروتئین و دیواره سلولی سورگوم در شکمبه می‌باشد (٦).

شورای ملی تحقیقات آمریکا (NRC) افزایش میزان انرژی دانه سورگوم را پس از فراوری با بخار، ١٦–١٨ درصد تخمین می‌زند، که رقم قابل ملاحظه‌ای است (۲۲). در واقع، علت اصلی افزایش انرژی خالص سورگوم و ذرت ورقه شده، تغییر در محل هضم نشاسته و پروتئین آن است (٢٦ و ۲۷).

تعیین قابلیت هضم با استفاده از کیسه‌های نایلونی

ماده خشک و پروتئین محلول

ماده خشک محلول دانه‌های جو آسیاب شده، سورگوم آسیاب شده، سورگوم ورقه شده با بخار (آسیاب شده) و ورقه‌های کامل سورگوم به ترتیب برابر با ١٤/٢٢، ١٤/٢٣، ٢٣/٩٦ و ١٧/٦٦ درصد بود. از نظر آماری تفاوت بسیار معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت ($P< ۰/۰۰۰۱$).

فراوری دانه سورگوم جارویی به همراه بخار، تأثیر چشم‌گیری در افزایش بخش محلول دانه نشان داد (شکل ۱)، به طوری که بخش محلول ماده خشک در سوگوم ورقه شده (آسیاب شده) نسبت به دانه‌های آسیاب شده جو و سورگوم تا ۷۰ درصد افزایش یافت (جدول ۲). واندرلی و همکاران (۲۵) بیشترین اثر فرایند همراه با بخار را در افزایش بخش محلول دانه سورگوم گزارش کردند (دو برابر)، که با نتایج این آزمایش کاملاً هم‌خوانی دارد.

ورقه‌های کامل سورگوم نسبت به ورقه‌های آسیاب شده، ماده خشک محلول کمتری داشتند، که علت آن ممکن است مربوط به بیشتر بودن اندازه ذرات، کاهش سطح تماس باکتری‌ها و کندی خروج محصولات نهایی تخمیر از کیسه‌های نایلونی باشد. بنابراین، در این مورد روش کیسه‌های نایلونی توانایی تخمین دقیق قابلیت هضم در شرایط مزرعه‌ای را ندارد.

هررا–سالدانا و همکاران (۹) مقدار ماده خشک محلول مایلو و جو را به ترتیب ۱/۵ و ٤٧ درصد کل ماده خشک نمونه گزارش کردند. میزان ماده خشک محلول به ساختار فیزیکی و شیمیایی دانه، میزان الیاف دیواره سلولی، ترکیبات پلی‌فنلی و میزان مواد معدنی بستگی دارد (۲۳)، به طوری که با افزایش ترکیباتی همچون لیگنین، تانن‌های متراکم و دیواره سلولی، بخش محلول ماده خشک کاهش می‌یابد. نوع اندوسپرم، پروتئین‌های موجود در اندوسپرم و پریکارپ دانه نیز از عوامل

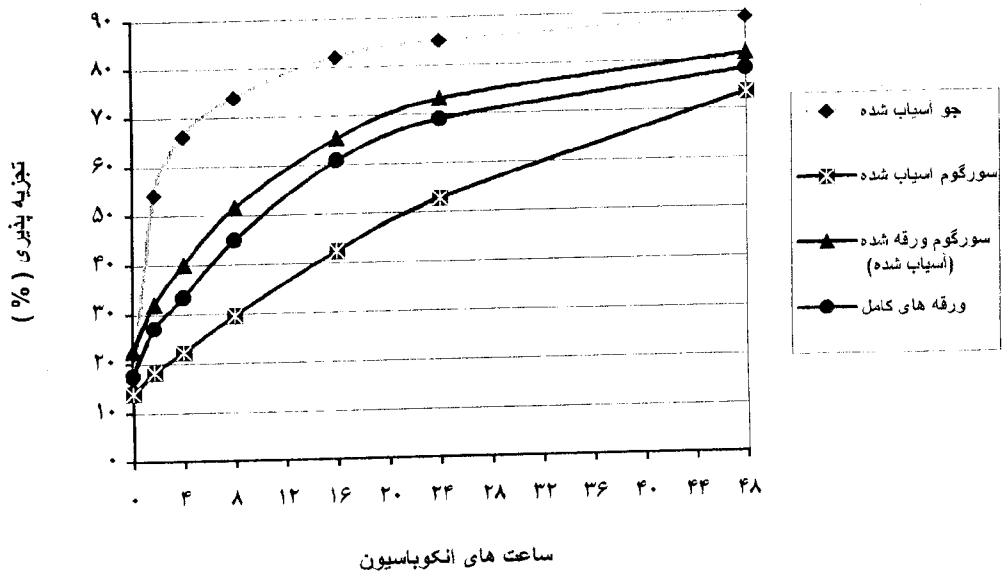
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

جدول ۲. اجزای معادله غیرخطی و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه‌های فرایند شده به روش کیسه‌های نایلونی

نوع دانه	[1]a	[2]b	[3]c	[4]RSD	[5]EDDM (%)	
					۵ درصد در ساعت	۸ درصد در ساعت
جو آسیاب شده	۱٤/۲۲ c	٦۸/۷۳ a	٤۱ a	۵/۲٤	۷٤/۳۳ a	۷۰/۵٤ a
سورگوم آسیاب شده	۱٤/۲۳ c	۷٦/۳۹ a	۳/۲ c	٤/۱٦	٤۳ c	۳۵/۲۲ c
سورگوم جارویی ورقه شده با بخار (آسیاب شده)	۲۳/۹٦ a	۵٦/۰۳ b	۸ b	۳/۱۱	۵۹/٤ b	۵۲/۸۹ b
ورقه‌های کامل	۱۷/٦٦ b	۵۷/٦۲ b	۸/٦ b	٤/۸۵	۵۳/۹۳ b	٤۷/٦۸ b
خطای استاندارد (SE)	۰/۵۷	۳/۱۹	۲/۵۱		۱/۲۲	۱/۲٤

۱. a مواد محلولی است که سریعاً از کیسه‌های نایلونی ناپدید می‌شوند.
۲. b مواد نامحلولی است که به طور بالقوه قابلیت تجزیه‌پذیری دارند.
۳. c سرعت تجزیه بخش b است که واحد آن درصد در ساعت است.
٤. انحراف معیار
۵. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه‌ها در سرعت‌های عبور (K) ۵ و ۸ درصد در ساعت.
اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشابهی نیستند، در سطح ۰/۰۰۰۱ دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند. (تنها تفاوت مقادیر b در سطح ۰/۰۰٦ معنی‌دار است.)



شکل ۱. تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه‌های فرایند شده در زمان‌های مختلف انکوباسیون

مؤثر در حلالیت ماده خشک و پروتئین دانه‌های غلات محسوب می‌شوند (۹ و ۱۹).

پروتئین محلول دانه‌های جو آسیاب شده، سورگوم آسیاب شده و سورگوم ورقه شده با بخار (آسیاب شده) و ورقه‌های کامل به ترتیب ۱۷/۸، ۱۰/۰۲، ٤/۷۱ و ۲/۷٤ درصد بود (جدول ۳)، که تفاوت بسیار معنی‌داری میان دانه‌ها وجود داشت (P< ۰/۰۰۰۱). هم‌چنین، در این آزمایش فراوری دانه سورگوم با بخار، مقدار پروتئین محلول را کاهش داد (شکل ۲). پرستون (۱۸) در پژوهشی اعلام کرد که طی مراحل فراوری، بخار دادن دانه‌های ذرت و سورگوم، پروتئین محلول دانه‌ها را کاهش می‌دهد. هم‌چنین، کاهش چگالی ورقه‌ها موجب کاهش قابلیت دست‌رسی اسید آمینه لایزین می‌گردد.

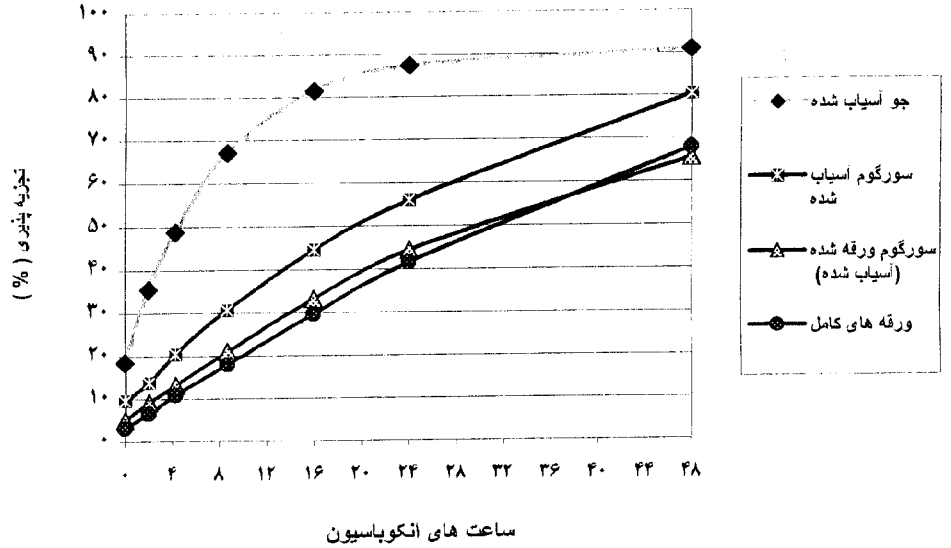
کمتر بودن سطح پروتئین محلول نمونه‌ها در این آزمایش می‌تواند به دلیل بزرگ‌تر بودن اندازه ذرات (الک دو میلی‌متری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

جدول ۳. اجزای معادله غیر خطی و تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام دانه‌های فرایند شده در روش کیسه‌های نایلونی

نوع دانه	[۱] a	[۲] b	[۳] c	[٤] RSD	[٥] EDCP (%)	
					۵ درصد در ساعت	۸ درصد در ساعت
جو آسیاب شده	۱۷/۸ a	۷۱/۷۹ b	۱٤/۱ a	۷/٤۲	۷۰/۱۸ a	٦۲/۷۹ a
سورگوم آسیاب شده	۱۰/۰۲ b	۸٦/۹٤ a	۲/٤ b	۵/۱۱	۳۸/۵۳ b	۳۰/۳٤ b
سورگوم جارویی ورقه شده با بخار (آسیاب شده)	٤/۷۱ c	۸۷/۰۹ a	۲/٤ b	٤/۳۱	۳۳/۰۷ c	۲٤/۸٤ c
ورقه‌های کامل	۲/۷٤ c	۹۱/۳۷ a	۲/۱ b	٤/۹۸	۳۱/۹٦ c	۲۳/۷۱ c
خطای استاندارد (SE)	۰/۷۸	۱/٦۸	۰/۳		۱/۲۸	۱/۱۱

۱. a مواد محلولی است که سریعاً از کیسه‌های نایلونی ناپدید می‌شوند.
۲. b مواد نامحلولی است که به طور بالقوه قابلیت تجزیه‌پذیری دارند.
۳. c سرعت تجزیه بخش b است که واحد آن درصد در ساعت است.
٤. انحراف معیار
۵. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه‌ها در سرعت‌های عبور (K) ۵ و ۸ درصد در ساعت.
اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشابهی نیستند، در سطح ۰/۰۰۰۱ دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۲. تجزیه‌پذیری پروتئین خام دانه‌های فرایند شده در زمان‌های مختلف انکوباسیون

در برابر الک ۱/۵ میلی‌متری) و قطر کمتر منافذ کیسه‌های نایلونی باشد. از سوی دیگر، دانه سورگوم جارویی نسبت به سورگوم دانه‌ای مورد استفاده در برخی آزمایش‌ها (۱، ۲ و ۹) تانن بیشتری داشت. بنابراین، تجزیه‌پذیری کمتر دانه سورگوم جارویی قابل پیش‌بینی بود.

ماده خشک و پروتئین نامحلول قابل تجزیه

مقدار پروتئین نامحلول (b) برای دانه‌های جو آسیاب شده، سورگوم آسیاب شده، سورگوم ورقه شده با بخار (آسیاب شده) و ورقه‌های کامل به ترتیب برابر با ۷۱/۷۹، ۸٦/۹٤، ۸۷/۰۹ و ۹۱/۳۷ درصد به دست آمد (جدول ۳). پروتئین نامحلول دانه جو به طور معنی‌داری با دانه‌های فرایند شده سورگوم تفاوت داشت ($P< ۰/۰۰۰۱$). پروتئین دانه جو به میزان زیادتر و با سرعت بیشتری نسبت به پروتئین دانه‌های سورگوم تجزیه شد (شکل ۲) (۱۱). دلیل آن می‌تواند مربوط به ایجاد قالب‌های پیوسته پروتئینی (اجسام کافیرین) در دانه سورگوم باشد، که با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

داشتن مقادیر فراوانی اسید آمینه سیستئین، موجب برقراری پیوندهای عرضی دی‌سولفیدی می‌گردد. این پیوندهای متقاطع ساختار اندوسپرم را مقاوم می‌کند (۸ و ۱۹). در نتیجه برای افزایش قابلیت دسترسی میکروارگانیزم‌ها به پروتئین‌های ذرت و سورگوم در شکمبه، زمان بیشتری مورد نیاز است (جدول ۳).

جدول ۳ نشان می‌دهد که ماده خشک نامحلول قابل تجزیه در دانه سورگوم آسیاب شده به طور معنی‌داری بیشتر از دانه‌های ورقه شده با بخار است (P< ۰/۰۱). به نظر می‌رسد هضم کامل دانه سورگوم آسیاب شده مستلزم کم بودن سرعت عبور توده گوارشی از شکمبه به نواحی پایین‌تر است، که با توجه به مقدار تانن سورگوم، عملی نیست. با توجه به این که ممکن است تانن موجب افزایش ترشح بزاق و تعدیل pH شکمبه گردد، بنابراین سرعت تخلیه مواد هضم شده از شکمبه افزایش یافته و درصد قابل ملاحظه‌ای از نشاسته و پروتئین دانه سورگوم، به صورت دست نخورده از شکمبه عبور می‌کند. بدین علت است که قابلیت هضم به دست آمده در زمان‌های ۲٤، ٤۸ و ۷۲ ساعت به روش کیسه‌های نایلونی، نمی‌تواند تخمین صحیحی از قابلیت هضم در شرایط تولیدی و مزرعه‌ای ارائه نماید (۲۳ و ۲٤).

با توجه به مسائل مطرح شده، افزایش بخش نامحلول مواد خوراکی (بیش از حد مجاز) موجب افزایش انرژی مورد نیاز برای نگهداری میکروب‌ها و کاهش بازده تولید میکروبی می‌شود (۹). دانه‌های ورقه شده سورگوم ماده خشک نامحلول کمتری نسبت به دانه‌های آسیاب شده داشتند (٥٦ درصد در مقابل ۷٦ درصد). این بدان معنی است که در سطوح بالاتر تولید و در شرایط عملی، دام خواهد توانست از نشاسته و پروتئین عرضه شده به نحو مؤثرتری در سنتز پروتئین میکروبی و تأمین پروتئین عبوری استفاده نماید. از سوی دیگر، پیش‌بینی می‌شود با عرضه مقادیر بیشتری اسید پروپیونیک در شکمبه، تولید گازهای مضر کاهش یافته و اعمال استراتژی‌های تغذیه‌ای خاص (هم‌زمانی تخمیر در شکمبه و افزایش هم‌زمان چربی و پروتئین شیر) در سطوح بالای تولید، ممکن گردد (۱٤).

تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و پروتئین خام

میزان تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه‌های ورقه شده سورگوم (EDDM) به طور بسیار معنی‌داری بیشتر از دانه‌های آسیاب شده بود (P< ۰/۰۰۰۱) (جدول ۲). افزایش ۳٤ و ٥۰ درصدی تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه سورگوم جارویی ورقه شده با بخار در سرعت‌های عبور ٥ و ۸ درصد در ساعت، نشان دهنده افزایش شدت و وسعت تخمیرات شکمبه‌ای آن می‌باشد. با توجه به این که بخش اعظم ترکیب دانه از نشاسته است، افزایش قابلیت دسترسی ماده خشک در شکمبه تا حدود بسیار زیادی مربوط به افزایش تجزیه‌پذیری نشاسته در سورگوم‌های ورقه شده است. واندرلی و همکاران (۲٥) با ورقه کردن سورگوم به همراه بخار، تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک را نسبت به سورگوم‌های غلتک خورده خشک ۲۷ درصد افزایش دادند.

تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک سورگوم‌های ورقه شده کامل و آسیاب شده، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. به طوری که می‌توان گفت افزایش قابلیت دسترسی نشاسته و ماده خشک سورگوم‌های ورقه شده (کامل) مانع از ایجاد محدودیت اندازه ذرات در کاهش تماس و نفوذ باکتریایی شده است.

درصد تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه جو آسیاب شده در سرعت‌های عبور ٥ و ۸ درصد در ساعت بیشتر از دانه‌های سورگوم بود (P< ۰/۰۰۰۱). از سوی دیگر، تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام برای دانه‌های ورقه شده سورگوم به طور بسیار معنی‌داری کاهش یافت (P< ۰/۰۰۰۱). به طوری که تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در دانه آسیاب شده جو دو برابر دانه سورگوم ورقه شده با بخار بود (۷۰ درصد در مقابل ۳٤ درصد در سرعت عبور ٥ درصد در ساعت). کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در دانه‌های ورقه شده، می‌تواند موجب سنتز کارآمد پروتئین میکروبی در شکمبه شود. در نتیجه با افزایش ماده آلی تجزیه‌پذیر در دانه‌های ورقه شده، میکروب‌ها

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

فرصت کافی می‌یابند تا از نیتروژن موجود بـا کـارآیی بیشـتری استفاده کنند. بنابراین، هدر رفتن نیتروژن آمونیاکی، کـه حـاصل تجزیه‌پذیری بیشتر نیتروژن در جیره است، کاهش می‌یابد (۲۲).

به رغم تجزیه‌پذیری مؤثر کمتر پروتئیـن در دانـه سـورگوم آسیاب شده نسبت به دانه آسیاب شده جو (۳۹ درصد در مقابل ۷۰ درصد)، ممکن است از نیـتروژن موجـود بـه نحـو ایده‌آلـی استفاده نگردد، چون که برخلاف دانه‌های سورگوم ورقـه شـده، دانه‌های آسیاب شـده مقـدار انـرژی لازم بـرای سـاخت پیکـره میکروبی را در اختیار میکروارگانیزم‌ها قرار نمی‌دهند. از سـویی، آثار سوء تانن در دانه‌های آسیاب شده سورگوم بیش از دانه‌های ورقه شده با بخار است. هم‌چنین، تـانن موجـب کـاهش هضـم دیواره سلولی، پروتئین و کل مواد آلی در شکمبه می‌شـود (٦ و ۲۳). هرچند تانن مقدار پروتئین عبوری را افزایش می‌دهد، ولی کاهش دست‌رسی به انرژی در شـکمبه و کـل دسـتگاه گوارش، اجازه استفاده از این مزیت را به دام نمی‌دهد، و در نتیجه قـابلیت هضم در کل دستگاه گوارش کم شده، و احتمالاً متابولیسم پـس از جذب نیز بدون بازده لازم خواهد بود (٦).

زیاد بودن تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در دانه جو آسیاب شده ممکن است بـه انـدازه دانـه سـورگوم ورقـه شـده اعمـال شکمبه را بهبود نبخشد. چون محتوای نیتروژن دانه جـو نـیز بـا سرعت بیشتری نسبت به دیگر مـواد آلـی جـو در شـکمبه آزاد می‌گردد، بنابراین، بازده سنتز و رشد میکروبی بـه همـان نسـبت کاهش می‌یابد. البته شاید این کاهش به اندازه‌ای نباشـد کـه اثـر منفی بر عملکرد شکمبه بگذارد (١٤). به سخن بهتر، با فـراوری دانه سورگوم به همراه بخار، آثار مثبت بیشتری حـاصل خواهـد شد، که می‌تواند موجب بـهبود چشـم‌گیـر در هضـم، جـذب و انتقال مواد مغذی در سیستم گوارشی دام گردد. در واقع، پاسـخ مناسب و مطلوب دانه سورگوم به روش ورقه کـردن بـه همـراه بخار، حاصل آزاد شدن انرژی نهفته موجود در اندوسپرم اسـت، که به طور مستقیم بازده استفاده همزمان از انرژی و نیـتروژن در شکمبه، و به طور غیر مستقیم عملکـرد دام را بـهبود می‌بخشـد (۱۲ و ١٤).

نتایج حاصل از ایـن آزمـایش نشـان داد کـه بـرای اسـتفاده کارآمد و پربازده از دانه سورگوم جارویی در شـکمبه، فـراوری دانه به روش مرطوب می‌تواند بسیار مفید باشد. دانـه سـورگوم ورقه شده با بخار قابلیت هضم بیشتری در شکمبه داشـته و بـه احتمال فراوان نسبت به فرم آسیاب شده آن، انرژی بیشـتری در اختیار میکروارگانیزم‌ها قرار می‌دهد. در نتیجه پیش‌بینی می‌شـود افزایش رشد میکروبی و بازده سنتز پروتئین در شـکمبه، بـاعث بهبود در صفات تولید دام گردد. بنابراین، از آثار محـدود کننـده تانن بر هضم و جذب مواد مغذی به مقدار زیادی کاسته خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین گروه علوم دامی و آزمایشگاه تغذیه دام دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تأمین مواد آزمایشـی قدردانـی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. اسدی، ف. ۱۳۷۵. تعیین تجزیه‌پذیری پروتئین واریتـه‌های سـورگوم دانـه‌ای در شـکمبه بـه روش کیسـه‌های نـایلونی. پایان‌نامـه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲. عبادی، م. ر. ۱۳۷۵. بررسی کمی و کیفی عضلات سینه در نیمچه‌های گوشتی نر و ماده در سنین مختلف ذبح در رابطه با تغذیـه سورگوم حاوی سطوح مختلف تانن و امکان جای‌گزینی سورگوم با ذرت. پایان‌نامه کارشناسـی ارشـد، دانشـکده کشـاورزی، دانشگاه تبریز.

۳. کوچکی، ع. ١٣٦٤. *زراعت در مناطق خشک*. جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]

٤. کوچکی، ع.، ح. خیابانی و غ. ح. سرمدنیا. ١٣٦٦. *تولید محصولات زراعی*. جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.

٥. معصومی نصفجی، م. ١٣٦٩. اندازه‌گیری و ارزش‌یابی تغذیه‌ای ارقام سورگوم از نظر مقدار تانن و نحوه کاهش آن. پایان‌نامهٔ دکتری داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

6. Aharoni, Y., N. Gilbad and N. Silanikov. 1998. Models of suppressive effect of tannin on ruminal degradation by compartmental models. Anim. Feed Sci. Technol. 71: 251-267.
7. AOAC. 1988. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
8. El Nour, N. A., D. B. Peruffo and A. Curioni. 1998. Characterization of sorghum kafirins in relation to their cross-linking behaviour. J. Cereal Sci. 28: 197-207.
9. Herrera-Saldana, R., J. T. Huber and M. H. Poore. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. J. Dairy Sci. 73: 2386-2393.
10. Hibberd, C. A., D. G. Wagner, R. L. Hintz and D. D. Griffin. 1985. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. J. Anim. Sci. 61: 702-711.
11. Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basis to bunk. J. Anim. Sci. 75: 852-870.
12. Khorasani, G. R., G. DeBoer, B. Robinson and J. J. Kennelly. 1994. Influence of dietary protein and starch on production and metabolic response of dairy cows. J. Dairy Sci. 77: 813-824.
13. Khorasani, G. R., J. Helm and J. J. Kennelly. 2000. *In situ* rumen degradation characteristics of sixty cultivars of barley grain. Can. J. Anim. Sci. 80: 691-701.
14. Klover, E., L. D. Muller, G. A. Varga and T. J. Cassidy. 1988. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 2017-2028.
15. National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th ed., Washington, D. C.
16. National Research Counicl. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th rev. ed., Nat. Acad. Press, Washington, D. C.
17. Orskov, E. R. and. I. McDonald. 1979. The esimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb.) 92: 499.
18. Preston, R. L. 1998. Changes in sorghum and corn grains during steps in the steam-flaking process. J. Dairy Sci. 81(Suppl. 1): 317 (Abstr.).
19. Rooney, L.W. and R. L. Pflugfelder. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 63: 1607–1623.
20. SAS Institute. 1993. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
21. Streeter, M. N., D. G. Wagner, F. N. Owens and C. A. Hibberd. 1991. The effect of pure and partial yellow endosperm grain hybrids on site and extent of digestion in beef steers. J. Anim. Sci. 69: 2571–2584.
22. Theurer, C. B., J. T. Huber, A. Delgado–Elorduy and R. C. Wanderley. 1999. Invited review: summary of steam – flaking corn and sorghum grains for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 72: 1950–1959.
23. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. 2nd ed., Cornell Univ. Press, USA.
24. Vanzant, E. S., R. C. Cochran and E. C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76: 2717–2729.
25. Wanderley, R. C., J. L. Aquino-Ramos, J. T. Huber, C. M. B. Nussio, M. Pessarakli and P. V. Morgan. 1996. Digestion kinetics of steam-flaked and dry-rolled sorghum grains and of diets made of 35% processed sorghum in the rumen of lactating cows. J. Dairy Sci. 79(Suppl. 1): 211 (Abstr.).
26. Zinn, R. A. 1990. Influence of steaming time on site of digestion of flaked corn in steers. J. Anim. Sci. 68: 776–781.
27. Zinn, R. A. 1993. Influence of processing on the comparative feeding value of barley for feedlot cattle. J. Anim. Sci.71: 3-10.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1382.7.1.13.2]