دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

بررسی ویژگی‌های پروتئین ذرت فرآوری‌شده با مدل نورفور

تقی قورچی[۱]، آمنه جمشیدی رودباری[۲] و فاطمه کاظمی[۲]

۱- استاد گروه تغذیه دام و طیور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسوول: Ghoorchit@yahoo.com)
۲- دانشجوی دکتری تغذیه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۳۱
صفحه: ۲۵ تا ۳۰

چکیده

نورفور سیستم نیمه‌مکانیکی می‌باشد که برای برآورد فراهمی موادمغذی و نیازشان برای نگهداری، تولیدشیر، رشد، ذخایر بدن و آبستنی در گاو مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از این پژوهش ارزیابی اثرات آسیاب کردن، پلت کردن و ورقه کردن با بخار دانه ذرت بر ویژگی‌های پروتئین خام با استفاده از مدل نورفور در قالب یک طرح کامل تصادفی بود. اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام و ماده خشک از روش کیسه‌های نایلونی از ۳ راس قوچ نژادزل در زمان‌های انکوباسیون صفر، ۲، ٤، ۸، ١٦، ٢٤ و ٤٨ تعیین شد. آزمایش حاصل با استفاده از اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام، برای تعیین اجزای پروتئین خام شامل پروتئین خام محلول (*sCP*)، پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری (*pdCP*)، نرخ تجزیه پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری (*kdCP*) و پروتئین خام غیرقابل هضم (*iCP*) در سیستم نورفور استفاده شد. نتایج نشان داد که تجزیه پذیری موثر (درصد) ماده خشک و پروتئین خام ورقه کردن با بخار دانه ذرت بالاتر از آسیاب کردن و پلت کردن می‌باشد. همچنین بخش کند تجزیه ذرت آسیاب شده در بخش ماده خشک و هم پروتئین خام بالاتر بود. پروتئین خام ورقه کردن با بخار دانه ذرت منجربه افزایش بخش پروتئین محلول، افزایش مجموع پروتئین خام محلول و پروتئین خام کند تجزیه و کاهش نرخ تجزیه پروتئین خام (درصد در ساعت) در مقایسه با تیمار ذرت پلت شده (۳۹۷ در مقابل ۸۱٦) شد (p<۰/۰۵). در این پژوهش در کل تیمارها مقدار پروتئین خام غیرقابل هضم (*iCP*) خیلی کم بود. به طور کل در این تحقیق تجزیه‌پذیری ماده خشک (درصد) و پروتئین‌خام و کل پروتئین محلول (*sCP+ pdCP*) ورقه کردن با بخار دانه ذرت بالاتر بود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، تجزیه‌پذیری، فرآوری، نورفور

مقدمه

ذرت دومین منبع نشاسته برای تغذیه نشخوارکنندگان در ایران است که تخمیر آهسته‌تر نشاسته آن می‌تواند pH شکمبه را به‌صورت پایدار حفظ کند (۲۱) و منجر به کاهش اسیدوز (۲۰) و بالابردن میزان نشاسته عبوری به روده کوچک در نشخوارکنندگان شود (۸).

سیستم جدید نورفور در شمال اروپا مطرح است. این سیستم ارزیابی خوراک دام، در قالب پروژه‌ای مشترک بین کشورهای دانمارک، ایسلند، نروژ و سوئد در سال ۲۰۰۱ شکل گرفت. ارائه‌دهندگان این سیستم به‌منظور طراحی این مدل به بررسی چندین سیستم ارزیابی خوراک از جمله سیستم کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل[۱] و NRC (۱۱) پرداختند تا کاربردش ساده و قابل درک باشد (۲۲).

در سیستم نورفور اطلاعات مربوط به تجزیه، هضم و ساخت پروتئین خام در دستگاه گوارش و همچنین متابولیسم پروتئین خام در یک مدل تجمیع شده است و همچنین به‌منظور بهبود و پیشرفت ارزیابی مواد خوراکی و تنظیم جیره؛ طرح نورفور اثر تداخل بین ویژگی‌های خوراک و دام را در یک مدل غیرخطی بررسی می‌کند (۵). در حالی که اکثر سیستم‌های ارزیابی مواد خوراکی از جمله سیستم پیچیده کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل، تجزیه پروتئین در شکمبه را به‌وسیله مدل های درجه یک بیان می کند (۱۱).

اربابی و همکاران (۱) در آزمایشی که به‌منظور ارزشیابی پروتئین خام نسبت‌های مختلف علوفه به کنسانتره در جیره با استفاده از سیستم‌های کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل و نورفور انجام دادند، مشخص شد که افزایش نسبت کنسانتره به‌میزان ۲۰ درصد سبب افزایش تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام جیره و همچنین افزایش بخش پروتئین خام محلول در شوینده خنثی در سیستم کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل و بخش پروتئین خام کند تجزیه در سیستم نورفور می‌شود. پاشایی و همکاران (۱۵) در بررسی فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله دانه‌های روغنی عمل‌آوری‌شده با استفاده از سیستم نورفور عنوان کردند که اجزای پروتئین خام اندازه‌گیری شده در سیستم نورفور شباهت زیادی با سیستم کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل دارد و با توجه به سادگی سیستم نورفور نسبت به سیستم کربوهیدرات و پروتئین خام خالص کورنل، توصیه نمودند متخصصین تغذیه دام از این سیستم استفاده نمایند.

قورچی و همکاران (۴) در آزمایشی که روی تجزیه‌پذیری و قابلیت هضم نشاسته ۱۸ نوع خوراک دام انجام دادند، مشخص نمودند که تجزیه‌پذیری ذرت آسیاب‌شده به‌روش *in vitro* و *in situ* نسبت به تیمارهای دیگر کمتر بود، ولی قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش از تیمارهای دیگر بیشتر بود یا تفاوت معنی‌داری نداشت.

با توجه به پژوهش‌های اندک در رابطه با سیستم جدید نورفور و روش‌های فرآوری ذرت، این پژوهش برای اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین خام و ویژگی‌های پروتئین در سیستم نورفور طراحی و انجام شد.

1- Cornel Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]

مواد و روش‌ها

بخشی از این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و بخشی دیگر در آزمایشگاه تغذیه اداره کل دامپزشکی استان گلستان انجام شد. دانه ذرت در سه شکل ذرت آسیاب‌شده، ذرت پلت‌شده و ذرت ورقه‌شده با بخار، برای انجام پژوهش استفاده شد.

در این پژوهش از سه راس قوچ بالغ نژاد زل۳±۴۵، دارای فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. دام‌های مورد آزمایش طبق روش استاندارد کیسه‌های نایلونی، به‌مدت ۲ هفته به‌منظور سازگاری با جیره مورد نظر، در سطح نگهداری تغذیه شدند. با استفاده از جداول استاندارد NRC (۱۲) در سطح نگهداری با توجه به مواد خوراکی موجود (سبوس گندم، کاه گندم، یونجه و دانه جو) بر اساس نسبت ۶۰ درصد علوفه و ۴۰ درصد کنسانتره، تغذیه شدند. خوراک‌دهی روزانه در دو وعده در ساعات ۸:۰۰ صبح و ۱۸:۰۰ عصر صورت می گرفت تا محیط شکمبه در شرایط نسبتاً ثابتی نگه داشته شود. آب و سنگ نمک نیز به طور آزاد در دسترس دام‌ها قرار داشت.

کیسه‌های نایلونی مورد استفاده در این آزمایش از جنس داکرون (الیاف پلی‌استر مصنوعی) بوده که نسبت به هضم میکروبی و شرایط مقاوم شکمبه مقاوم و غیرقابل هضم بود. ابعاد کیسه‌ها ۱۵×۷/۵ سانتی‌متر بود و حاشیه آنها پرس شده بود. قطر منافذ کیسه‌ها ۴۰ تا ۶۰ میکرون بوده که اجازه ورود و خروج میکروارگانیسم‌های شکمبه را به داخل کیسه‌ها داده و از خروج مواد خوراکی تجزیه نشده جلوگیری می‌کرد. لوله‌هایی از جنس پلاستیک نرم به طول ۴۰ سانتی‌متر برای اتصال کیسه‌های حاوی سه گرم نمونه خوراک و انتقال آن به داخل شکمبه و غوطه ور شدن در فاز مایع شکمبه دام، استفاده شد.

زمان‌های انکوباسیون شامل صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴، و ۴۸ ساعت، در زمان دو ساعت پس از خوراک‌دهی صبح در بخش شکمی شکمبه هر راس گوسفند، قرار می گرفتند. هر بار۶ کیسه و برای هر زمان ۳ کیسه که در هرکیسه یک نوع فراوری قرار می‌گرفت. کیسه‌های نایلونی به طور همزمان داخل و خارج می‌شدند، تحت جریان آب مداوم به مدت ۳۰ دقیقه (ماشین لباسشویی) شسته شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گرفتند تا کاملاً خشک شوند. کیسه‌های نایلونی پس از این مدت از آون خارج شده و به مدت ۱۰ دقیقه در دسیکاتور نگهداری می شدند تا به دمای ثابت برسند. برای اندازه‌گیری زمان صفر کیسه‌های حاوی نمونه خوراک فقط در ماشین لباسشویی شسته و سپس خشک و بعد محاسبه می‌شد. اندازه‌گیری میزان پروتئین خام نمونه‌های حاصل از زمان های مختلف انکوباسیون در شکمبه با استفاده از روش کجلدال صورت گرفت.

پس از محاسبه درصد ناپدید شدن ماده‌خشک و پروتئین خام نمونه های مورد آزمایش در هر زمان انکوباسیون به وسیله نرم‌افزار FitCurve که بر اساس معادله نمایی ارسکوف و مکدونالد (۱۴) مورد آنالیز قرار گرفت.

$P=a+b(1-e^{-ct})$

P: درصد ناپدید شدن ماده خوراکی مورد نظر
a: مقدار ماده قابل حل درآب زمان صفر(سریع تجزیه)
b: مقدار مواد غیرمحلول قابل تخمیر(کندتجزیه)
c: نرخ ناپدید شدن موادکند تجزیه(درصد در ساعت)
e: عدد نپرین (۲/۷۱۸)
t: زمان انکوباسیون(ساعت)

و به‌منظور برآورد ناپدید شدن موثر ماده خشک و پروتئین خوراک در نرخ‌های عبور ۲، ۵ و ۸ درصد از معادله زیر استفاده شد:

$P=a+[bc/(c+r)]$

P: درصد ناپدیدشدن موثر ماده خوراکی مورد نظر
a: مقدار ماده قابل حل در زمان صفر
b: مواد غیرمحلول قابل تخمیر
c: نرخ ناپدید شدن مواد (درصد در ساعت)
r: نرخ عبور

پارامترهای پروتئین خام در سیستم نورفور (۲۲) شامل پروتئین خام محلول (*sCP*)، پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری (*pdCP*)، پروتئین خام غیرقابل‌هضم (*iCP*) و ثابت تجزیه پروتئین خام (*kdCP*) درصد (h/) می‌باشد).

پروتئین محلول نمونه‌ها با استفاده از بافر بورات فسفات استخراج‌شده و سپس با روش کلدال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در سیستم نورفور مقدار بخش کند تجزیه حاصل از نتایج تجزیه‌پذیری با توجه به مقدار پروتئین خام محلول و به‌عنوان پروتئین خام دارای پتانسیل تجزیه‌پذیری ارائه شد:

$pdCP= b+(a-sCP)\times(b/1-a)$

تعاریف نمادهای معادله فوق به‌ترتیب زیر است:
pdCP: درصد پروتئین با پتانسیل تجزیه‌پذیری
a: مقدار ماده قابل حل در زمان صفر
b: مقدار مواد غیرمحلول قابل‌تخمیر
sCP: پروتئین محلول

اطلاعات به‌دست آمده از پژوهش تجزیه‌پذیری ذرت در قالب طرح کاملاتصادفی با ۳ فرآوری و ۳ راس گوسفند انجام شد. و همچنین در مدل نورفور ۳ فرآوری با ۳ تکرار مدل آماری مورد استفاده به شرح ذیل می‌باشد.

$Y_{ij}=\mu+T_i+e_{ij}$

Yij: مقدار مشاهده مربوط به فراسنجه
μ: میانگین مشاهدات
T_i: اثر تیمار *i*ام
e_{ij}: اثر خطا

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری‌شده از نرم‌افزار SAS (۱۹) و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]

نتایج و بحث

تجزیه‌پذیری

ناپدیدشدن ماده‌خشک از کیسه‌های نایلونی قرارگرفته در شکمبه با افزایش زمان انکوباسیون افزایش یافت. میزان بخش سریع تجزیه، کند تجزیه و نرخ ثابت تجزیه ماده خشک ذرت آردی و ذرت پلت و ذرت ورقه‌شده با بخار تفاوت معنی‌داری نداشتند. تجزیه‌پذیری موثر ماده خشک ذرت در نرخ عبور ۲ درصد در ساعت در ذرت ورقه‌شده با بخار بیشترین مقدار (۶۹/۷۳ درصد) بوده ولی تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در نرخ عبور ۵ و ۸ درصد در ساعت تیمارهای ذرت پلت‌شده و ورقه‌شده با بخار تجزیه‌پذیری بیشتری داشتند و با ذرت آردی تفاوت معنی‌داری داشت (P:۰/۰۱).

بیشترین مقدار پروتئین خام سریع تجزیه مربوط به ذرت ورقه‌شده با بخار (۵۱/۷۶ درصد) بود، ولی ذرت پلت با ذرت آردی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (p>۰۵/). دلیل آن افزایش قابلیت دسترسی پروتئین‌های ذرت ورقه‌شده با بخار برای میکروب‌های شکمبه تغییر ساختار پروتئینی ذرت بر اثر عمل‌آوری بوده است و مقدار پروتئین سریع تجزیه تجزیه‌پذیری پروتئین با نرخ عبور از شکمبه رابطه عکس دارد (۲۲). پلت‌کردن ذرت با حرارت با هوای خشک منجر به ژلاتینه‌شدن نشاسته می‌شود. در رابطه با ورقه‌کردن ذرت تحت فشار بخار مرطوب، دما به ۶۲ تا ۸۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت به ۱۲ تا ۱۳ درصد می‌رسد که به علت تأثیر حرارت مرطوب بر ساختار کریستالی نشاسته و کاهش اندازه گرانول‌های نشاسته منجر به افزایش سطح تماس دانه با عوامل تجزیه میکروبی می‌شود (۲۳). ناگاراجا و تینجمیر (۱۰) از مهمترین عوامل مؤثر بر تجزیه پروتئین خام در شکمبه را نوع پروتئین، اثر متقابل با مواد مغذی دیگر به‌طور عمده کربوهیدرات محتوای مواد خوراکی و محتویات داخل شکمبه) و جوامع میکروبی غالب (وابسته به نوع خوراک، نرخ عبور شکمبه‌ای و pH شکمبه) برشمردند. بررسی تیمارهای ذرت نشان داد که بیشترین مقادیر پروتئین خام کند تجزیه مربوط به ذرت آردی و ذرت پلت‌شده (به‌ترتیب ۸۴/۷۶ و ۷۵/۹۳ درصد) است و کمترین مقدار مربوط به ذرت ورقه‌شده با بخار می‌باشد (جدول ۱). بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری موثر در شکمبه مربوط به ذرت ورقه‌شده با بخار می‌باشد و کمترین میزان آن مربوط به ذرت آردی می‌باشد. قورچی و همکاران (۴) در آزمایشی که بر روی تجزیه‌پذیری و قابلیت هضم نشاسته ۱۸ نوع دانه خوراک دام انجام دادند؛ مشخص شد که تجزیه‌پذیری ذرت آسیاب‌شده به‌روش *in vivo* و *in situ* نسبت به تیمارهای دیگر کمتر بود، ولی قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش از تیمارهای دیگر بیشتر بود و یا تفاوت معنی‌داری نداشت. نوع فرآوری غله بر تجزیه‌پذیری آن در شکمبه و همچنین قابلیت هضم آن در دستگاه گوارش موثر می‌باشد و به‌عبارت دیگر بر استفاده آن در شکمبه یا عبور آن به بخش‌های پایینی دستگاه گوارش مؤثر است (۵). در کل هدف از فرآوری‌ها کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و افزایش قابلیت هضم آن در روده باریک می‌باشد (۷).

فراسنجه‌های پروتئین ذرت در سیستم نورفور

بیشترین مقدار پروتئین محلول مربوط به ذرت ورقه‌شده با بخار با ۴۱۹/۳۱ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بود و تیمار ذرت آردی با ذرت پلت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. دلیل افزایش پروتئین خام محلول ذرت ورقه‌شده با بخار تغییر ساختار پروتئینی ذرت و افزایش قابلیت دسترسی پروتئین ذرت عمل‌آوری‌شده، برای میکروب‌های شکمبه است. عمل‌آوری ذرت با پلت‌کردن، پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری را از ۶۷۸/۱۳ به ۵۹۲/۲۸ گرم در کیلوگرم پروتئین خام کاهش داد و کمترین مقدار پروتئین خام کند تجزیه مربوط به تیمار ذرت ورقه‌شده با بخار بود که با ذرت آردی و ذرت پلت تفاوت معنی‌داری داشتند (P:۰/۰۲). مجموع پروتئین محلول و پروتئین کند تجزیه ذرت ورقه‌شده با بخار بیشترین مقدار (۸۱۰/۲۷ گرم در کیلوگرم پروتئین خام) بود که با ذرت آردی و ذرت پلت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (P:۰/۰۳). که نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین کوئین و همکاران (۲۰۱۰) که نشان دادند؛ زمانی‌که ذرت ورقه‌شده با بخار استفاده شد میزان ناپدیدشدن ماده خشک نیز افزایش یافت، مطابقت دارد. در آزمایش قورچی و همکاران (۳) اجزای پروتئین خام در مدل نورفور تحت تاثیر فراوری قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند.

قورچی و همکاران (۴) مقدار تجزیه‌پذیری ذرت به‌روش *in situ* که با استفاده از موبایل نایلون بگ انجام دادند در کل دستگاه گوارش ۹۵/۵ درصد بود که با دانه غلات فرآوری‌شده دیگر و گندم فرآوری‌شده با سود تفاوت معنی‌داری نداشت ولی از دانه‌های لگوم بیشتر بود و قابلیت هضم آن تا انتهای روده کوچک با دانه‌های غلات فرآوری‌شده تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی بیشتر از دانه‌های لگوم و گندم فرآوری‌شده با سود بود. تفاوت در ساختار سه‌بعدی و پیوندهای شیمیایی داخل مولکول پروتئین و بین مولکول‌های پروتئین و کربوهیدرات‌ها که بر دسترسی میکروب‌های شکمبه به پروتئین تأثیرگذار است، از مهم‌ترین عامل مؤثر بر نرخ و میزان تجزیه پروتئین خام در شکمبه می‌باشد (۱۱) و این اطلاعات می‌تواند مبنای پیش‌بینی میزان جذب انرژی قابل متابولیسم و پروتئین قرار گیرد (۱۷).

یافته‌های تجزیه‌پذیری بخش‌های مختلف پروتئین خام ذرت نشان می‌دهند که ذرت ورقه‌شده با بخار بیشترین پروتئین خام محلول و ذرت پلت‌شده بیشترین پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری را دارد و بالاترین قابلیت هضم شکمبه‌ای مربوط به ذرت ورقه‌شده با بخار است.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]

جدول ۱- فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین‌خام ذرت فراوری شده (برحسب درصد)

Table 1. Different fractions of dry matter and crude protein degradability (%) of processed corn

فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری	ذرت آردی	ذرت پلت	ذرت ورقه شده با بخار	SEM	P-value
ماده خشک					
سریع تجزیه	۲۷/۷	۲۵/۹۳	۳۲/۶۳	۰/۵۴	۰/۱۲
کند تجزیه	۶۲/۷۳	۵۷/۷۶	۶۰/۴	۰/۴۸	۰/۱۱
نرخ ثابت تجزیه	۰/۰۲۳	۰/۰۶۴	۰/۰۳۰۳	۱/۴۳	۰/۰۶
تجزیه‌پذیری موثر ۲ درصد	۶۵/۴۳	۶۷/۹۳	۶۹/۷۳	۰/۴۴	۰/۱۰
تجزیه‌پذیری موثر ۵ درصد	۴۶/۲۶^{b}	۵۶/۶۳^{a}	۵۳/۷۳^{a}	۰/۶۰	۰/۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۸ درصد	۳۹/۵۳^{b}	۵۰/۴۳^{a}	۴۶/۹^{a}	۰/۶۷	۰/۰۱
پروتئین					
سریع تجزیه	۱۵/۲۳^{b}	۱۱/۴^{b}	۵۱/۷۶^{a}	۵/۴	۰/۰۱
کند تجزیه	۸۴/۷۶^{a}	۷۵/۹۳^{b}	۴۸/۲۶^{c}	۷/۳	۰/۰۲
نرخ ثابت تجزیه					
تجزیه‌پذیری موثر ۲ درصد	۵۱/۴۷^{c}	۶۰/۲۳^{b}	۷۵/۴۷^{a}	۲/۵	۰/۰۴
تجزیه‌پذیری موثر ۵ درصد	۲۷/۱^{c}	۴۰/۹۳^{b}	۵۷/۷^{a}	۳/۲	۰/۰۱
تجزیه‌پذیری موثر ۸ درصد	۲۱/۲۶^{c}	۳۴/۷۶^{b}	۵۴/۰۰^{a}	۱/۴۳	۰/۰۱

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین تیمارها است.

جدول ۲- بخش‌های مختلف پروتئین خام ذرت در سیستم نورفور (برحسب گرم/ کیلوگرم)

Table 2. Different fractions of protein of corn processed in NorFor system (g/kg)

ترکیب شیمیایی	ذرت آردی	ذرت پلت	ذرت ورقه شده با بخار	SEM	P-value
پروتئین خام (گرم/ کیلوگرم ماده خشک)	۸۰/۰۰^{a}	۷۸/۰۰^{b}	۸۱/۰۰^{a}	۰/۷۳	۰/۰۱
پروتئین خام محلول (گرم/ کیلوگرم پروتئین خام) *sCP*	۱۲۱/۸۷^{b}	۸۸/۹۲^{c}	۴۱۹/۳۱^{a}	۳/۹۴	۰/۰۱
پروتئین خام با پتانسیل تجزیه‌پذیری (گرم/ کیلوگرم پروتئین) (خام) *pdCP*	۶۷۸/۱۳^{a}	۵۹۲/۲۸^{b}	۳۹۰/۹۶^{c}	۵/۷	۰/۰۲
پروتئین محلول+پروتئین کندتجزیه (گرم/کیلوگرم پروتئین خام)*sCP+pdCP*	۸۰۰^{a}	۶۸۱/۲^{b}	۸۱۰/۲۷^{a}	۲/۲۸	۰/۰۳
ثابت نرخ تجزیه پروتئین خام (درساعت)(*kdCP*)	۰/۴۳۵^{D}	۰/۸۱۶^{a}	۰/۳۹۷^{D}	۱/۷۴	۰/۰۴
پروتئین نامحلول در شوینده اسیدی*iCP*	۰^{b}	۰/۰۰۵۳^{a}	۰/۰۰۴۵^{a}	۱/۴۱	۰/۵۶

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین تیمارها است.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]

منابع

1. Arbabi, S., T. Ghoorchi, S.S. Ramezanpour, N.M. Torbatinejad and F. Samadi. 2014. Evaluation protein of different forage to concentration ratios using Cornell Net Carbohydrate and Protein and Nordic feed evaluation systems. Journal of Ruminant Research, 2(2): 61-78 (In Persian).
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official methods of analysis, 17th ed. (Arlington, VA: AOAC).
3. Ghoorchi, T., A. Jamshidy Rodbari and M. Samiee Zafarghandi. 2018. Effect of processing on protein and starch parameters of two barely varieties using NorFor system. Animal Production Research, 7(4): 57-64 (In Persian).
4. Ghoorchi, T., P. Lund, M. Larsen, T. Hvelplund, J. Hansen-Moller and M. R.Weisbjerg. 2013. Assesment of mobile bag method for estimating of *in vivo* starch digestibility. Animal, 7: 265-271.
5. Gustafsson, A.H., H. Volden, M. Mehlqvist, M. Larsen, G. Gudmundsson and O. Aaes. 2005. NorFor-the new Nordic feed evaluation system for cattle. The 56th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Uppsala, Sweden.
6. Haddad, S. and R. Nasr. 2007. Partial replacement of barley grain for corn grain: associative effects on lambs' growth performance. Small Ruminant Research, 72: 92-95.
7. Hosseini, S.M., T. Ghoorchi, N.M. Torbatinejad, R. Sameie and B. Ghorbani. 2018. Effects of replacing different levels of full fat soybean with soybean meal on performance, blood metabolites and dry matter degradation by nylon bag technique in fattening Zel lambs. Research Animal Production, 9(19): 15-25 (In Persian).
8. Harmon, D.L. 2009. Understanding starch utilization in the small intestine of cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 22: 915-922.
9. Mirzaii Alamati, H.R., H. Amanloo and A. Nikkhah. 2005. Protein and carbohydrate fractions of common feedstuffs in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36(2): 401-414 (In Persian).
10. Nagaraja, T.G. and E.C. Titgemeyer. 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. Journal of Dairy Science, 90 Suppl, 1: 17-38.
11. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
12. National Research council. 1985. Nutrient requirements of sheep (Vol. 5). National Academies.
13. Orskov, E.R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. Journal of. Animal Science, 63: 1624-1633.
14. Orskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage.The Journal of Agricultural Science, 92: 499-503.
15. Pashaei, S., T. Ghoorchi and F. Ghanbari. 2014. Evalution of protein degradation parameters of processed oilseed NorFor Systems. Animal Production Research, 2(4): 1-11 (In Persian).
16. Philippeau, C. and B. Michalet-Doreau. 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on *in situ* degradation of starch in the rumen. Journal of Dairy Science, 81: 2178-2184.
17. Sniffen, C.J., P.J. O'Connor, D.G., Van Soest, J.B. Fox and D. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, 70: 3562-3577.
18. Stevenbo, A.A., O. Sepala, M. Harstad and P. Huhtanen. 2009. Ruminal starch digestion characteristics *in vitro* of barley cultivars whit varying amylase content. Journal of Animal Science and Technology, 148: 167-182.
19. Statistical Analysis System. 2003. SAS Institute Inc. Release 9.1. SAS, Cary, NC, USA.
20. Stock, R.A., D.R. Brink, R.T. Brandt, J.K. Merrill and K.K. Smith. 1987. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. Journal of Animal Science, 65: 282-299.
21. Surber, L. and J. Bowman, 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. Journal of Animal Science, 76: 1945-1953.
22. Volden, H. 2011. NorFor - The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Scientific Series. Vol. 130 – ISSN: 0071-2477. pp: 180.
23. Zinn, R.A., E.G. Alvarea, M.F. Montano, A. Plascencia and J.E. Ramirez. 1998. Influence of Tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. Journal of Animal Science, 76: 2239-2246.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]

Evaluation of the Protein Characteristic of the Processed Corn Using NorFor Model

Taghi Ghoorchi[1], Ameneh Jamshidy Rodbari[2] and Fatemeh Kazemi[2]

1- Professor of Department of Animal and Poultry Nutrition Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: Ghoorchit@yahoo.com)
2- Ph.D Student of Department of Animal and Poultry Nutrition, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: October 5, 2018 Accepted: July 22, 2019

Abstract

The NorFor is a semi-mechanistic system, which predicts nutrient supply and requirements for maintenance, milk production, growth and pregnancy in catlle. This research aimed to evaluate the effects of grinding, pelleting and steam-flaking of corn grain on protein characteristic using NorFor model according to a completely randomized design. Degradability of dry matter and protein of the processed corn were determined at 0, 2,4,8,16,24 and 48 hours after feeding with technique of nylon bags using three mature rams of Zel breed. By using the data gathered from the measurement of ruminal degradability of crude protein of corn, including soluble crude protein (*sCP*), potentially degradable crude protein (*pdCP*), degradation rate of potentially degradable crude protein (*kdCP*), indigestible crude protein (*iCP*) in feedstuff was estimated in NorFor system it was shown that effective degradability (%) of dry matter and protein steam-flaking of corn grain was higher than grinding, pelleting. Also, the slow fraction of grinding of corn grain was higher, both in dry matter and protein degradation. Corn steam-flaking increased soluble protein (*sCP*) and total soluble protein (*sCP+ pdCP*) and potential degradation protein, and reduce the *kdCP*, comparing with corn pletting (397 in contrast of 816) was significantly different ($P<0.0$). In this sdtudy, indigestibility of crude protein (*iCP*) was very low. The overall findings of this study indicated that increased rumen degradability of dry matter and protein as well as the total soluble protein (*sCP+ pdCP*) steam-flaking of corn grain was high.

Keywords: Corn, Degradability, NorFor, Processing

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.25]