اثر فرآوری‌های فیزیکی و شیمیایی کنجاله کلزا بر حلالیت، تجزیه پذیری و قابلیت هضم پروتیین خام

منصور اقبالی کوزه‌کنان[۱]، فرخ کفیل‌زاده[۲] و فردین هژبری[۳]

چکیده

پژوهش حاضر جهت مقایسه اثر فرآوری‌های مختلف شیمیایی و فیزیکی بر میزان حلالیت پروتیین کنجاله کلزا، تجزیه پذیری (در شکمبه) و قابلیت هضم (در دام زنده) انجام پذیرفت. تیمارها شامل: کنجاله کلزای فرآوری نشده (T_o)، کنجاله فرآوری شده با فرمالدیید (T_1)، کنجاله فرآوری شده با اسید استیک (T_2) و کنجاله فرآوری شده با حرارت (T_3) بود. حلالیت پروتیین بر اساس تفکیک پروتیین به بخش‌های $A+B_1$، B_2، B_3 و C در سه محلول مختلف بافر فسفات، محلول شوینده خنثی و محلول شوینده اسیدی اندازه‌گیری شد. جهت بررسی خصوصیات تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری موثر پروتیین کنجاله کلزا فرآوری شده و بدون فرآوری، تیمارها در فواصل زمانی مختلف (۰، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت) از طریق فیستولای دایمی در شکمبه دو راس گوسفند قرار داده شد. نیتروژن باقیمانده از کیسه‌های نایلونی در هر زمان انکوباسیون برای اندازه‌گیری بخش‌های a b و c و تخمین تجزیه‌پذیری موثر در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت استفاده شد. بررسی حلالیت آزمایشگاهی پروتیین کنجاله کلزا کاهش معنی‌داری ($p<$ ۰/۰۵) را در بخش $A+B_1$ نشان داد، در حالی‌که بخش B_2 در تیمارهای فیزیکی و تیمارهای شیمیایی افزایش داشت. بخش‌های B_3 و C با فرآوری‌های انجام شده تحت تاثیر قرار نگرفت ($p>$ ۰/۰۵). نتایج تجزیه پذیری پروتیین نشان داد که در گروه شاهد درصدهای a (۵/۷۴) بالاتر و b (۷۶/۳۲) پایین‌تر از دیگر تیمارها بود ($p<$ ۰/۰۵). تفاوت معنی‌داری در نرخ تجزیه‌پذیری بین تیمار شاهد و تیمارهای دیگر وجود داشت. تجزیه‌پذیری موثر پروتیین در نرخ عبور ۵ درصد در ساعت کاهش معنی‌داری در دامنه ۱۵ - ۱۹ درصد در تیمارهای فیزیکی و شیمیایی نسبت به شاهد نشان داد. تجزیه‌پذیری موثر پروتیین درتیمارهای T_o، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب برابر ۶۳/۵۵، ۵۲/۱۵، ۵۳/۶۵ و ۵۱/۵۰ درصد بود. افزایش معنی‌داری ($p<$ ۰/۰۵) در قابلیت هضم ظاهری پروتیین خام بین گروه شاهد و دیگر تیمارها مشاهده شد. قابلیت هضم پروتیین خام درتیمار T_1 (۸۱/۴۳) بالاترین، و به‌ترتیب در تیمارهای T_2 (۸۰/۴۲)، T_3(۷۸/۸۴) و T_o(۷۳/۲۶) بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که فرآوری‌های حرارتی و شیمیایی کنجاله کلزا نسبت پروتیین غیرقابل تجزیه در شکمبه را از طریق تغییر بخش بالقوه قابل تجزیه (b) و نرخ تجزیه (c) پروتیین افزایش داد. هم‌چنین علی‌رغم کاهش در میزان تجزیه‌پذیری پروتیین در شکمبه، میزان قابلیت هضم آن در کل دستگاه گوارش حیوان به‌طور موثری بهبود یافت.

کلمات کلیدی: کلزا، فرآوری فیزیکی و شیمیایی، حلالیت، تجزیه‌پذیری، قابلیت هضم

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

مقدمه

میزان تجزیه پذیری مواد خوراکی در شکمبه تاثیر زیادی روی فرآورده‌های نهایی تخمیر و توان تولیدی حیوان می‌گذارد. اگر چه کاهش تجزیه پذیری پروتیین ممکن است از نظر میزان تجمع آمونیاک در شکمبه مفید باشد، ولی کاهش پروتیین تجزیه شده در شکمبه می‌تواند سبب کاهش سنتز پروتیین میکروبی گردد. از طرفی میزان مصرف آمونیاک در شکمبه به نرخ آزادسازی آن و تخمیر کربوهیدرات‌ها بستگی دارد.

ون سست و همکاران (۱۹۸۱) و کریشنامورتی و همکاران (۱۹۸۳) پروتیین را بر اساس قابلیت تجزیه شکمبه‌ای به سه قسمت B_1 و B_2 و B_3 تقسیم‌بندی کرده‌اند. بخش B_1 شامل بخشی از پروتیین است که در شکمبه سریعاً تجزیه می‌شود. هم‌چنین این بخش درصدی از پروتیین خام است که در بافر فسفات محلول است و با اسید تری کلرو استیک رسوب می‌کند. بخش B_3 درشوینده خنثی نا محلول است ولی در شوینده اسیدی محلول می‌باشد. این بخش خیلی کند در شکمبه تجزیه می‌شود چون با دیواره سلولی مرتبط است و مقدار آن از تفاضل نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی و نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی به‌دست می‌آید. تفاضل پروتیین نا محلول در بافر فسفات از پروتیین نا محلول در شوینده خنثی مقدار بخش B_2 را بیان می‌کند. قسمتی از B_2 در شکمبه تخمیر شده و قسمتی از آن به بخش‌های پایین دستگاه گوارش می‌رود. سرنوشت این بخش وابسته به نرخ هضم و نرخ عبور می‌باشد. بخش C پروتیین غیر قابل استفاده یا پروتیین باند شده می‌باشد این بخش غیر قابل حل در شوینده اسیدی است و به اختصار آن‌را ADIP[1] می‌نامند. این بخش شامل پروتیین های باند شده با لیگنین، کمپلکس پروتیین - تانن و محصولات میلارد می‌باشد که در مقابل آنزیم‌های میکروبی و آنزیم‌های مترشحه از دستگاه گوارش مقاومت نشان می‌دهد.

مطالعات متعددی برای فرآوری کنجاله‌ها و تغییر در بخش‌های مذکور و تجزیه پذیری پروتیین انجام و روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی ارایه شده است. صادقی (۱۳۸۱) گزارش نمود که تجزیه پذیری ماده خشک و پروتیین خام به ترتیب برای کنجاله کلزای فرآیند نشده ۶۳/۴ و ۶۷/۶، فرآیند حرارتی اتوکلاو ۵۳/۱ و ۴۸/۸، فرآیند با فرمالدئید ۴۴/۵ و ۴۳/۹ درصد بود. مک‌کینون و همکاران (۱۹۹۱) گزارش نمودند که فرآوری حرارتی کنجاله کانولا برای مدت ۱۰ دقیقه و دمای ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد تجزیه پذیری پروتیین را از ۵۸ درصد به ۳۰ درصد کاهش داد. این پژوهش‌های بیان نمودند که فرآیند حرارتی بالا نه تنها سبب کاهش تخمیر در شکمبه می‌شود بلکه هضم پروتیین در روده باریک را نیز دچار مشکل می‌سازد. عمل‌آوری کنجاله‌ها با آلدیدها نیز یکی از روش‌هایی است که مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. لیو (۱۹۹۳) بیان کرد که کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای پروتیین کنجاله کلزای فرآوری شده با فرمالدئید به دلیل کاهش بخش "a"می‌باشد. "a" بخشی از پروتیین کنجاله کلزا است که به‌سرعت در شکمبه قابل حل است و بین ۱۸/۶ تا ۲۹/۸ گزارش شده است. پروتیین بالقوه قابل تجزیه "b" در دامنه ۵۶/۷ تا ۸۴/۹ درصد و هم‌چنین نرخ ناپدید شدن "c" از ۲/۴۸ تا ۱۵/۷ درصد در ساعت گزارش شده است (کریستنسن و مک‌کینون، ۱۹۹۳؛ لیو و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج حاصل از پژهش لیو (۱۹۹۳) نشان‌داد که فرآوری با فرمالدئید نه تنها قابلیت هضم مواد مغذی کنجاله کلزا را کاهش نداد بلکه استفاده از نیتروژن را بهبود بخشید. سوبو و همکاران (۱۹۹۶) بیان نمودند که تجزیه شکمبه‌ای پروتیین کنجاله کلزای فرآوری نشده و کنجاله فرآوری شده با فرم‌آلدیید به ترتیب ۸۳ تا ۸۶ و ۵۷ تا ۶۱ درصد بود. مشتاقی‌نیا و اینگالز (۱۹۹۵) گزارش دادند افزایش پروتیین غیر قابل تجزیه در شکمبه و به دنبال آن افزایش پروتیین عبوری برای گوساله‌های با رشد سریع و گاوهای شیرده پر تولید مفید بوده است.

آزمایش‌های متعدد نشان می‌دهد که فرآوری کنجاله‌ها با اسید سبب کاهش حلالیت پروتیین و کاهش تجزیه پذیری در شکمبه می‌گردد. خراسانی و همکاران (۱۹۹۳) گزارش نمودند که فرآوری کنجاله کلزا با اسید کلریدریک، اسید استیک، اسید فرمیک و اسید پروپیونیک موجب کاهش تجزیه شکمبه‌ای پروتیین

1. Acid Detergent Insoluble nitrogen

بدون تاثیر منفی روی قابلیت هضم روده‌ای شد. هر چند مک‌کینون و همکاران (۱۹۹۱) با افزودن اسید استیک و اسید فرمیک به کنجاله‌های پروتیینی تغییری در تجزیه شکمبه‌ای پروتیین مشاهده نکردند. پاره‌ای از تفاوت‌ها در نتایج فرآوری کنجاله کلزا به کمک حرارت، فرمالدئید یا اسید استیک به نظر می‌رسد ناشی از تفاوت در میزان حرارت استفاده شده یا غلظت مواد شیمیایی به کار رفته باشد. به‌همین دلیل هدف از مطالعه حاضر، مقایسه اثرات فرآیند حرارتی و شیمیایی با توجه به حدود دمایی وغلظت‌هایی از فرمالدئید و اسید استیک بود که نتاج قابل توجهی از نظر تاثیر بر کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای در گزارش‌های سایر پژوهش‌گران بیان شده است. هم‌چنین بررسی اثر چنین فرآیندهایی بر حلالیت پروتیین با توجه به‌روش آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بخش تحقیقات علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. کنجاله کلزا از شرکت روغن نباتی نازگل واقع در کرمانشاه با استخراج روغن به طریقه مکانیکی-شیمیایی، تهیه گردید. تعیین حلالیت پروتیین بر اساس تقسیم-بندی سیستم CNCPS[1] (استیفن و همکاران، ۱۹۹۲) و با استفاده از سه محلول بافر فسفات، شوینده خنثی و شوینده اسیدی بود. ترکیب شیمیایی کنجاله به روش AOAC (1990) تعیین گردید.

تعیین حلالیت در بافر فسفات

محلول بافر فسفات با استفاده از سدیم دی-هیدروژن فسفات تهیه شد (هژبری، ۲۰۰۴). غلظت نهایی محلول رقیق شده ۰/۱ مولار فسفات بافر با ۸-pH بود. ۰/۵ گرم کنجاله کلزا از الک ۱ میلی‌متری عبور داده سپس با ۵۰ میلی‌لیتر محلول بافر در لوله شیشه‌ای در سه تکرار با هم مخلوط گردید. لوله‌ها در دمای ۳۹ درجه به مدت سه ساعت قرار داده شدند. سپس به آرامی تکان داده شده و محتویات لوله با استفاده از فیلتر شماره ۱ واتمن صاف گردید. کاغذ صافی حاوی باقی مانده نامحلول فسفات بافر هضم شده و نیتروژن آن با روش کلدال تعیین گردید. به‌طور هم‌زمان ۰/۵ گرم نمونه اصلی هضم و نیتروژن آن به‌روش کلدال تعیین شد. نیتروژن محلول در فسفات بافر از رابطه زیر محاسبه گردید (چاترجی و والی، ۲۰۰۲):

$$PBSN^{2} = \frac{\text{مقدار نیتروژن در باقیمانده}-\text{مقدار نیتروژن در نمونه اولیه}}{\text{مقدار نیتروژن در نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$$

مقدار NDIN[3] و ADIN[4] با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (چاترجی و والی، ۲۰۰۲):

$$NDIN = \frac{\text{مقدار نیتروژن در باقیمانده NDF}}{\text{مقدار نیتروژن در نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$$

$$ADIN = \frac{\text{مقدار نیتروژن در باقیمانده ADF}}{\text{مقدار نیتروژن در نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$$

برای بررسی میزان تجزیه پذیری پروتیین در شکمبه از ۲ راس گوسفند سنجابی فیستولا گذاری شده استفاده شد. به میزان ۱/۲ گرم از هر نمونه (آسیاب شده باالک ۲ میلی‌متری) داخل کیسه‌های نایلونی با روزنه-هایی به قطر ۴۵ میکرون ریخته شد. کیسه‌ها پس از صفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۴۸ ساعت انکوباسیون به‌طور هم‌زمان از شکمبه خارج شدند. سپس در ظرف محتوی آب سرد قرار داده شدند و بدون ایجاد فشار بر کیسه‌ها، به شکل دورانی به آرامی حرکت داده شدند و با جریان آرام آب شسته تا رنگ شفاف آب خروجی از کیسه‌ها مشاهده گردید. سپس تا حصول وزن ثابت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً خشک و پس از آن نمونه‌ها توزین شدند. با استفاده از نرم افزار Neway میزان ناپدید شدن مواد در زمان t و هم‌چنین فراسنجه-های a، b و c برای زمان‌های مختلف محاسبه گردید.

1. Cornell net carbohydryte and protein system

2. Phosphate buffer soluble nitrogen
3. Neutral detergent insoluble nitrogen
4. Acid detergent insoluble nitrogen

برای فرآوری فیزیکی (حرارتی)،کنجاله کلزا در ظروف آلومنیومی با ارتفاع کمتر از ۱ سانتی‌متر و در دمای ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در آون قرار داده شد (مک‌کینون و الوبابوکان، ۱۹۹۱). به‌منظور فرآوری با فرمالدئید، مقدار۱/۲ گرم فرمالدئید به صورت محلول ۴۰ ٪ فرمالدئید به ازای هر ۱۰۰گرم پروتیین خام کنجاله اضافه شد (چاترجی و والی، ۲۰۰۳). هم‌چنین برای فرآوری با اسید استیک ۳ درصد ماده خشک کنجاله، اسید استیک و همان میزان آب مخلوط و به کنجاله کلزا به‌صورت اسپری اضافه شد (خراسانی و همکاران، ۱۹۹۳). نمونه‌های فرآوری شده پس از چندین بار مخلوط نمودن به‌صورت جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی در بسته تا زمان آزمایش نگهداری شدند.

به‌منظور تعیین قابلیت هضم ظاهری پروتیین خام در کل دستگاه گوارش از ۴ راس گوسفند نر سنجابی استفاده شد. مواد خوراکی مورد استفاده شامل ساقه یونجه (۵۰ درصد ماده خشک) کنجاله کلزای بدون فرآوری و فرآوری شده با فرمالدئید، حرارت و اسید استیک (۵۰ درصد ماده خشک) بود. جیره غذایی در دو وعده صبح و بعد از ظهر شامل علوفه و کنسانتره، به‌طور مساوی در اختیار دام‌ها قرار گرفت.

این پژوهش در قالب طرح آماری کاملا تصادفی انجام شد. مدل ریاضی این طرح به‌صورت $X_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$ بود که X_{ij} نشان دهنده مقدار عددی هر مشاهده، ε_{ij} اشتباه آزمایش و μ میانگین کل می‌باشد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS تجزیه آماری و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج

ترکیب شیمیایی

میزان ماده خشک، پروتیین خام، الیاف خام و چربی خام کنجاله کلزا به ترتیب ۸۹/۹۰، ۳۴/۵۰، ۱۷/۰۰ و ۱۱/۰۰ درصد بود.

آزمایش تعیین حلالیت

میزان نیتروژن محلول در بافر فسفات، شوینده خنثی و شوینده اسیدی در جدول ۱ ارایه شده است. میزان نیتروژن محلول در بافر فسفات (PBSN) در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب عبارت بود از ۶۱/۰۲، ۲۸/۰۹، ۲۵/۵۶ و ۲۸/۴۷ درصد. اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد (T_o) با دیگر تیمارهای آزمایشی وجود داشت ($p < ۰/۰۵$)، در حالی‌که تیمارهای فرآوری شده با هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($p > ۰/۰۵$).

میزان نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی (NDIN) در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب عبارت بود از ۵/۲۸، ۵/۲۹، ۶/۲۵ و ۵/۱۶ درصد. آنالیزهای آماری اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد ($p > ۰/۰۵$).

میزان نیتروژن محلول در شوینده اسیدی (ADIN) در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب عبارت بود از ۴/۴۶، ۴/۵۹، ۴/۴۴ و۵/۵۰ درصد واختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p >۰/۰۵$).

جدول ۱: درصد حلالیت نیتروژن در بافر فسفات، محلول‌های شوینده خنثی و اسیدی در تیمارهای مختلف

بخش‌های نیتروژن	تیمارهای آزمایشی			
	T_o	T_1	T_2	T_3
PBSN	۶۱/۰۲^a	۲۸/۰۹^b	۲۵/۵۶^b	۲۸/۴۷^b
NDIN	۵/۲۸^a	۵/۲۹^a	۶/۲۵^a	۵/۱۶^a
ADIN	۴/۴۶^a	۴/۵۹^a	۵/۵۰^a	۴/۴۴^a

اعداد هر ردیف با حروف نامشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < ۰/۰۵$)

T_o: کنجاله کلزای فرآوری نشده (شاهد)؛ T_1: کنجاله کلزای فرآوری شده با فرمالدئید؛ T_2: کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک؛ T_3: کنجاله کلزای فرآوری شده با حرارت.

PBSN: نیتروژن محلول در بافر فسفات؛ NDIN: نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی؛ ADIN: نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی

بخش‌های مختلف نیتروژن بر اساس حلالیت در بافر فسفات در جدول ۲ ارایه شده است. بخش $A+B_1$ که بیان‌گر نیتروژن محلول در بافر فسفات است در اثر فرآوری‌های انجام شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این بخش در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب عبارت بود از ۶۱/۰۲، ۲۸/۰۸، ۲۵/۵۶ و ۲۸/۴۷ درصد واختلاف معنی‌داری بین تیمار آزمایشی T_o با دیگر تیمارها وجود داشت ($p < ۰/۰۵$) ولی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری میان دیگر تیمارهای فرآوری شده، مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). بخش B_2 که حاصل تفاضل دو بخش NDIN و PBIN از هم می‌باشد در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب عبارت از ۳۳/۶۹، ۶۶/۶۲، ۶۸/۱۸ و ۶۶/۳۶ درصد بود. اختلاف معنی‌داری بین تیمار آزمایشی T_o با دیگر تیمارهای مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$) اما هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری میان دیگر تیمارهای آزمایشی (فرآوری شده) مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). در بخش B_3 که حاصل تفاضل دو بخش NDIN و ADIN از هم می‌باشد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$). در بخش C نیز که بیان‌گر نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی است و در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب برابر با ۴/۴۵، ۴/۵۹، ۵/۵۰ و ۴/۴۴ درصد بود تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > ۰/۰۵$).

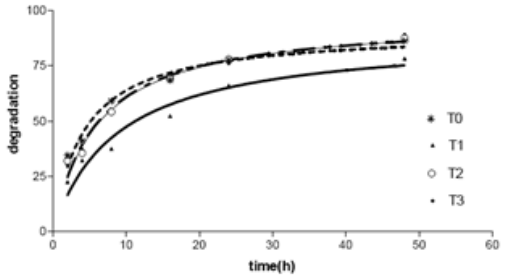
آزمایش تجزیه پذیری

۱- ماده خشک

روند تجزیه پذیری ماده خشک در ساعات مختلف انکوباسیون در شکل ۱ ارایه شده است. بخش‌های a (سریع تجزیه شونده)، b (بالقوه قابل تجزیه) و c (نرخ تجزیه) ماده خشک در جدول ۳ ارایه شده است. تفاوت آماری معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) از لحاظ بخش سریع تجزیه شونده بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت هرچند این اختلاف بین T_1 و T_2 معنی‌دار نبود. بخش بالقوه قابل تجزیه در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۷۳/۱۳، ۸۳/۰۰، ۸۴/۱۶ و ۸۵/۷۸ درصد بود و بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) وجود داشت هر چند این تفاوت بین T_2 با T_1 و T_3 معنی‌دار نبود. نرخ تجزیه پذیری در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۰/۰۸۵، ۰/۰۴۸، ۰/۰۴۸ و ۰/۰۴۵ درصد بود. تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار T_o و سایر تیمارها مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$) ولی تیمارهای T_1، T_2 و T_3 از لحاظ این فراسنجه تفاوتی نداشتند.

تجزیه پذیری موثر برآورد شده ماده خشک کنجاله کلزای فرآوری شده و فرآوری نشده در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت نیز در جدول ۳ ارایه شده است.

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ تجزیه پذیری موثر ماده خشک وجود داشت ($P < ۰/۰۵$) هر چند این تفاوت بین T_2 و T_3 معنی‌دار نبود. بیش‌ترین میزان مربوط به T_o و کم‌ترین میزان مربوط به T_1 بود. نتایج حاصل از این بخش نشان‌داد که میزان کاهش در تجزیه پذیری موثر ماده خشک به سبب تیمار حرارتی ۱۳/۵۸ درصد و به دنبال فرآوری با فرمالدئید و اسید استیک به‌ترتیب ۱۶/۱۱ و ۱۳/۷۴ درصد بود.



شکل ۱: منحنی تجزیه پذیری ماده خشک کنجاله کلزا فرآوری نشده (T_o) و فرآوری شده با فرمالدئید(T_1)، اسید استیک (T_2) و حرارت (T_3)

جدول ۲: بخش‌های مختلف نیتروژن (درصدی از پروتیین خام) کنجاله کلزا براساس حلالیت در بافر فسفات در تیمارهای مختلف

	تیمارهای آزمایشی				SE
	T_o	T_1	T_2	T_3	
$A+B_1$	۶۱/۰۲^{a}	۲۸/۰۹^{b}	۲۵/۵۶^{b}	۲۸/۴۷^{b}	۴/۴۵
B_2	۳۳/۶۹^{b}	۶۶/۶۲^{a}	۶۸/۱۸^{a}	۶۶/۳۶^{a}	۴/۳۹
B_3	۰/۸۲^{a}	۰/۷۰^{a}	۰/۷۵^{a}	۰/۷۲^{a}	۰/۵۱۸
C	۴/۴۶^{a}	۴/۵۹^{a}	۵/۵۰^{a}	۴/۴۴^{a}	۰/۱۹۸

اعداد هر ردیف با حروف نامشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند($P < ۰/۰۵$)

T_o: کنجاله کلزای فرآوری نشده (شاهد)؛ T_1: کنجاله کلزای فرآوری شده با فرمالدئید؛ T_2: کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک؛ T_3: کنجاله کلزای فرآوری شده با حرارت.

$A+B_1$: نیتروژن محلول در بافر فسفات؛ B_2: حاصل تفاضل دو بخش NDIN و PBIN؛ B_3: حاصل تفاضل دو بخش NDIN و ADIN

C: نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی.

جدول ۳: فراسنجه‌های مختلف تجزیه پذیری و تجزیه پذیری موثر پروتیین خام و ماده خشک کنجاله کلزای فرآوری شده و فرآوری نشده

فراسنجه	تیمارهای آزمایشی				
	T_o	T_1	T_2	T_3	SE
پروتیین خام:					
a	۶/۲۱^{a}	۴/۱۷^{c}	۴/۸۹^{b}	۴/۱۴^{c}	۰/۲۲
b	۷۵/۳۸^{d}	۸۴/۹۴^{a}	۸۲/۴۰^{c}	۸۴/۱۹^{b}	۰/۴۸
c	۰/۱۶^{a}	۰/۰۷^{bc}	۰/۰۷۶^{b}	۰/۰۶۸^{c}	۰/۰۱
ماده خشک:					
a	۱۳/۰۱^{a}	۹/۰۲^{c}	۹/۰۱^{c}	۱۰/۰۴^{b}	۰/۴۳
b	۷۳/۱۳^{c}	۸۳/۰۰^{b}	۸۴/۱۶^{ab}	۸۵/۷۸^{a}	۱/۳۱
c	۰/۰۸۵^{a}	۰/۰۴۸^{b}	۰/۰۴۸^{b}	۰/۰۴۵^{b}	۰/۰۰۴
تجزیه پذیری موثر (درصد) در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت:					
پروتیین خام	۶۳/۵۵^{a}	۵۲/۱۵^{c}	۵۳/۶۵^{b}	۵۱/۵^{d}	۱/۲۶
ماده خشک	۶۴/۲۲^{a}	۵۳/۸۷^{c}	۵۵/۴۰^{b}	۵۵/۵۰^{b}	۱/۰۵

اعداد هر ردیف با حروف نامشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < ۰/۰۵$)

T_o: کنجاله کلزای فرآوری نشده (شاهد)؛ T_1:کنجاله کلزای فرآوری شده با فرمالدئید؛ T_2: کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک؛ T_3: کنجاله کلزای فرآوری شده با حرارت.

a و b: برحسب درصد؛ c: درصد در ساعت.

۲- پروتیین خام

روند تجزیه پذیری پروتیین خام در ساعات مختلف انکوباسیون در شکل ۲ ارایه شده است. بخش‌های a (سریع تجزیه شونده) و b (بالقوه قابل تجزیه) پروتیین خام کنجاله کلزای فرآوری شده و فرآوری نشده نیز در جدول ۳ ارایه شده است. بخش a در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب ۶/۲۱، ۴/۱۷، ۴/۸۹ و ۴/۱۴ درصد بود و تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). هر چند این تفاوت بین T_1 و T_3 معنی‌دار نبود. بخش b در تیمارهای آزمایشی مذکور به ترتیب ۷۵/۳۸، ۸۴/۹۴، ۸۲/۴۰ و ۸۴/۱۹ بود. آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری را

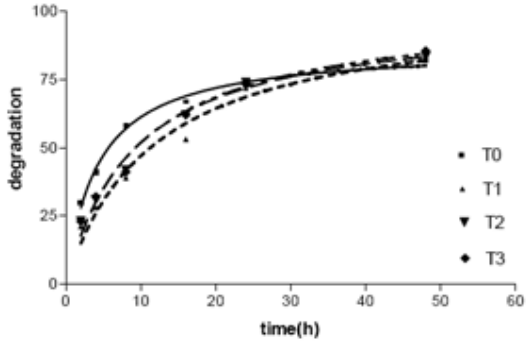
بین تمامی تیمارهای آزمایشی نشان داد ($p < ۰/۰۵$). نرخ تجزیه در تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب۰/۱۶، ۰/۰۷، ۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۸بود. تفاوت نرخ تجزیه در T_o با سایر تیمارها، و در T_2 و T_3 معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$)؛ هرچند این تفاوت بین T_1 با T_2 و T_3 معنی‌دار نبود.

تجزیه‌پذیری موثر برآورد شده پروتیین خام کنجاله کلزای فرآوری شده و فرآوری نشده در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت نیز در جدول ۳ ارایه شده است. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ تجزیه‌پذیری موثر پروتیین خام وجود داشت ($P < ۰/۰۵$). کم‌ترین میزان تجزیه پذیری موثر پروتیین خام به T_3 و بیش‌ترین مقدار مربوط به T_o بود. کاهش درصد تجزیه پذیری موثر پروتین خام کنجاله به سبب عمل آوری‌های مختلف در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت در T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب برابر با ۱۷/۵۹، ۱۵/۲۲ و ۱۸/۶۲ درصد بود.

آزمایش قابلیت هضم ظاهری

نتایج حاصل از آزمایش‌های هضمی در جدول ۴ ارایه شده است. میزان قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در تیمارهای آزمایشی T_o، T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب ۶۹/۳۵، ۷۱/۹۵، ۷۱/۵۴ و ۷۱/۹۴ درصد بود. آنالیز آماری داده‌ها هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد ($P > ۰/۰۵$). میزان قابلیت هضم ظاهری ماده آلی به‌ترتیب ۷۱/۴۱، ۷۴/۰۶، ۷۲/۸۳ و ۷۳/۱۱ درصد بود. اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). هر چند از لحاظ عددی مقادیر مربوط به کنجاله فرآوری شده در هر دو مورد بیشتر بود. میزان قابلیت هضم ظاهری پروتیین خام در تیمارهای مذکور به ترتیب ۷۳/۲۶، ۸۱/۴۳، ۸۰/۴۱ و ۷۸/۸۴ درصد بود. بین تیمار آزمایشی T_o با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت

($P < ۰/۰۵$) ولی تفاوت معنی‌داری از این لحاظ بین تیمارهای محتوی کنجاله فرآوری شده مشاهده نشد.



شکل ۲: منحنی تجزیه پذیری پروتیین کنجاله کلزا فرآوری نشده (T_o) و فرآوری شده با فرمالدئید (T_1)، اسید استیک (T_2) وحرارت (T_3)

جدول ۴: اثر کنجاله کلزای عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده با حرارت، اسید استیک و فرمالدئید بر قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی و پروتیین خام

مشخصات	تیمار های آزمایشی				
	T_o	T_1	T_2	T_3	SE
قابلیت هضم ظاهری (درصد)					
ماده خشک	۶۹/۳۵[a]	۷۱/۹۵[a]	۷۱/۵۴[a]	۷۱/۹۴[a]	۰/۵۲
پروتیین خام	۷۳/۲۶[a]	۸۱/۴۳[b]	۸۰/۴۱[b]	۷۸/۸۴[b]	۰/۸۶
ماده آلی	۷۱/۴۱[a]	۷۴/۰۶[a]	۷۲/۸۳[a]	۷۳/۱۱[a]	۰/۴۶

اعداد هر ردیف با حروف نامشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P < ۰/۰۵$)

T_o: کنجاله کلزای فرآوری نشده (شاهد)؛ T_1:کنجاله کلزای فرآوری شده با فرمالدئید؛ T_2: کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک؛ T_3: کنجاله کلزای فرآوری شده با حرارت

بحث

میزان حلالیت پروتیین خوراک غالباً از عوامل موثر بر ناپدید شدن پروتیین در شکمبه می‌باشد. میکروارگانیسم‌های شکمبه و آنزیم‌های خارج سلولی آن‌ها باید در تماس مستقیم با پروتیین ها قرار گیرند تا بتوانند آن‌ها را تجزیه نمایند. پروتیین های محلول که بیشتر در دسترس میکروب‌ها و آنزیم‌های آن‌ها قرار می‌گیرند، بیشتر و سریع‌تر از پروتیین های نامحلول در شکمبه تجزیه می‌شوند. نیتروژن محلول در بافر فسفات (PBSN) کنجاله کلزای عمل‌آوری نشده ۶۱/۰۲ درصد بود و اختلاف معنی‌داری با کنجاله‌های کلزای فرآوری شده داشت (۲۵/۵۶ تا ۲۸/۴۷درصد). این مطلب بیان‌گر این است که حلالیت پروتیین کنجاله کلزا در بافر فسفات طی فرایندهای فیزیکی و شیمیایی انجام شده، کاهش یافته است و این دو فرآیند اثرات مشابهی روی میزان حلالیت داشته‌اند. نتایج مطالعه حاضر با گزارش تعدادی از پژوهشگران مطابقت داشت (شارما و همکاران، ۲۰۰۱؛ چاترجی و والی، ۲۰۰۲ و هژبری،۲۰۰۵). در مورد نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید و فرآوری کنجاله به روش‌های فیزیکی و شیمیایی تاثیرقابل توجهی روی NDIN کنجاله نداشت. نیتروژن نامحلول در شوینده خنثی در این پژوهش برای کنجاله عمل‌آوری نشده۵/۲۸ درصد بود که با نتایج شارما و سینگ (۱۹۹۷) ، چاترجی و والی (۲۰۰۲) مطابقت داشت.

بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت به عبارت دیگر فرآوری‌های انجام شده روی کنجاله کلزا تاثیر متفاوتی بر میزان پارامتر C نداشت. این مطلب با گزارش چاترجی و والی (۲۰۰۲) و هژبری (۲۰۰۵) مطابقت داشت. تفاوت‌های میان نتایج به‌دست آمده احتمالاً مربوط به واریته‌های مختلف کنجاله کلزا و مقادیر گلوکوزینولات باشد.

بین کنجاله کلزای عمل‌آوری نشده و کنجاله عمل آوری شده صرف‌نظر از نوع فرآوری در مورد بخش B_2 تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در واقع فرآوری‌های انجام شده سبب افزایش بخش بالقوه قابل تجزیه در شکمبه گردید. به بیان دیگر کاهش حلالیت پروتیین به‌دلیل فرآوری‌های انجام شده باعث کاهش بخش $A+B_1$ و افزایش بخش B_2 شد. نتایج حاصل با روند تغییرات گزارش شده توسط چاترجی و والی (۲۰۰۲) و هژبری (۲۰۰۵) مطابقت داشت. بخش B_3، بخش کند تجزیه شونده در شکمبه، نیز تحت تاثیر فرآوری‌های مختلف واقع نشد. نتایج حاصل از این بخش نشان داد که اولاً فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی در سطوح مورد نظر حلالیت پروتیین کنجاله کلزا در شکمبه را با تاثیر اصلی روی بخش $A+B_1$ (روند کاهشی) و B_2 (روند افزایشی) کاهش داد. ثانیاً از آن‌جایی‌که B_2 تا حدود زیادی تابع نرخ عبور پروتیین از شکمبه است (ون‌سوست و همکاران، ۱۹۸۱) در سرعت‌های بالای عبور (عمدتاً در جیره‌های محتوی کنسانتره بیشتر) احتمالاً جزء بیشتری از این بخش به قسمت‌های پایینی دستگاه گوارش منتقل می‌شود.

در مطالعه حاضر، بخش a مربوط به کنجاله کلزای عمل‌آوری نشده اختلاف معنی‌داری با این فراسنجه در کنجاله عمل‌آوری شده داشت. در مورد ماده خشک بیش‌ترین مقدار مربوط به T_o (۱۳/۰۱ درصد) و کم‌ترین مقدار مربوط به T_1 و T_2 (۹/۰۱ درصد) بود. این روند در مورد پروتیین هم مشاهده شد با این تفاوت که فرآوری با فرمالدیید و حرارت سبب کاهش بیشتر در این فراسنجه در مقایسه با تیمار شاهد شد. به بیانی دیگر فرآوری‌های انجام شده روی کنجاله کلزا باعث کاهش بخش سریع تجزیه شونده شد. این نتایج با گزارشات تعدادی از پژوهش‌گران مطابقت داشت (لیو، ۱۹۹۳؛ چاترجی و والی، ۲۰۰۳). این نتایج با نتایج حاصل از حلالیت پروتیین در محلول‌های مختلف نیز تطابق داشت و روند کاهشی تقریباً مشابهی به واسطه انواع عمل‌آوری‌ها در این بخش از پروتیین مشاهده شد (جدول ۱ و ۲). از طرفی بخش بالقوه قابل تجزیه (b) نیز تحت تاثیر فرآوری‌های مختلف قرار گرفت ($P < ۰/۰۵$). روند اثرات فرآوری روی این فراسنجه مشابه گزارش لیو (۱۹۹۳) بود. فرآوری حرارتی کنجاله، افزایش بیشتری در بخش b مربوط به ماده خشک در مقایسه با سایر فرآوری‌ها به‌وجود آورد هرچند مقادیر مربوط به پروتیین خام نشان

داد که بیش‌ترین اثر روی b به دلیل فرآوری با فرمالدیید ایجاد شد. نتایج حاصل از حلالیت پروتیین در محلول‌های مختلف نیز روند تقریباً مشابهی را نشان داد به‌نحوی که فرآوری‌های مختلف سبب افزایش B_2 گردید هر چند بین فرآوری‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ این بخش وجود نداشت (جدول ۲). به‌طور مشابه نرخ تجزیه پذیری نیز دست‌خوش تغییر گردید به نحوی که این فرایندها سبب کاهش در نرخ تجزیه ماده خشک و پروتیین خام شدند ($P < ۰/۰۵$).

میزان تجزیه پذیری موثر ماده خشک کنجاله کلزا نیز تحت تاثیر فرآوری‌های انجام شده قرار گرفت به نحوی‌که در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت حدود ۱۳/۵ تا ۱۶ درصد این پارامتر کاهش نشان داد. تجزیه پذیری موثر در مورد کنجاله فرآوری شده با فرمالدیید کم‌ترین مقدار را نشان داد هرچند تفاوت معنی‌داری بین فرآوری با اسید استیک و حرارت مشاهده نشد. این نتایج با گزارش صادقی (۱۳۸۱) مطابقت داشت. خراسانی و همکاران (۱۹۹۳) میزان تجزیه پذیری موثر ماده خشک کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک در سرعت-های عبور ۴ و ۶ درصد در ساعت را به ترتیب ۶۱/۲، ۵۵/۴ درصد گزارش نمودند. میزان تجزیه پذیری موثر ماده خشک با نرخ عبور ۵ درصد با نتایج تعدادی از محققین مطابقت داشت (مورفی و کندال،۱۹۸۷؛ بویلا و اینگلز، ۱۹۹۲) هرچند این مقادیر بالاتر از میزان گزارش شده توسط سوان و همکاران (۱۹۹۲) بود.

بیش‌ترین میزان تجزیه پذیری موثر پروتیین در نرخ عبور ۵ درصد در ساعت مربوط به T_o (۶۳/۵۵) و کم‌ترین مقدار مربوط به T_3 (۵۱/۵) بود. این نتایج همراهی بیشتری با گزارش سوان و همکاران (۱۹۹۲) داشت. هر چند در پژوهش‌های متعدد میزان تجزیه پذیری موثر به سبب فرآوری‌های مختلف ۵۹ تا ۷۳ درصد گزارش شده است (کندال و همکاران، ۱۹۹۱؛ مک کینون و همکاران، ۱۹۹۱). میزان کاهش در تجزیه پذیری پروتیین به سبب تیمار حرارتی بین ۱۷ تا ۴۲ درصد گزارش شده است (مک‌کینون و همکاران، ۱۹۹۱). صادقی (۱۳۸۱) کاهش در تجزیه پذیری کنجاله کلزا را به‌سبب تیمار حرارتی ۲۱/۳ درصد و تیمار فرمالدیید را ۲۱/۷ درصد بیان نمود. در مطالعه کنونی مقادیر مشابه در سرعت عبور ۵ درصد در ساعت حدود ۱۸/۶ و ۱۵/۲۲ درصد بود. احتمالاً تفاوت اصلی در مقادیر ذکر شده به سبب تفاوت در واریته‌های کلزا و شرایط انکوباسیون باشد. خراسانی و همکاران (۱۹۹۳) میزان تجزیه پذیری موثر پروتیین خام کنجاله کلزای فرآوری شده با اسید استیک را در سرعت‌های عبور ۴ و ۶ درصد به ترتیب ۵۹/۲، ۵۱/۹ درصد گزارش کردند. این پژوهش‌گران بیان نمودند که فرآوری کنجاله‌ها با اسید علاوه بر کاهش نرخ تجزیه پذیری سبب کاهش میزان پروتیین محلول گردید و از این طریق تجزیه پذیری آن‌را در شکمبه کاهش داده و مقدار پروتیین عبوری را به میزان ۲۶ درصد افزایش داد. به‌همین ترتیب لیو و همکاران (۱۹۹۳) دلیل کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای کنجاله کلزای فرآوری شده را کاهش بخش محلول پروتیین آن عنوان کردند.

میزان قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی کنجاله کلزا در کل دستگاه گوارش دام تحت تاثیر فرآوری‌های مختلف کنجاله قرار نگرفت و این مطلب نشان می‌دهد که علی‌رغم کاهش تجزیه پذیری ماده خشک در شکمبه، قابلیت هضم در بخش‌های پایینی دستگاه گوارش تحت تاثیر قرار نگرفته و به‌نحو موثری مورد استفاده حیوان قرار گرفته است. از طرفی فرآوری کنجاله به روش‌های انجام شده در این پژوهش سبب بهبود در قابلیت هضم پروتیین خام کنجاله شد (جدول ۴) و این مطلب می‌تواند انعکاسی از راندمان بهتر استفاده از پروتیین کنجاله در بخش عبوری آن توسط دام باشد. لیو و همکاران (۱۹۹۳) عنوان کردند که فرآوری کنجاله کلزا باعث استفاده بهینه از پروتیین خام شده و بهمین علت قابلیت هضم ظاهری پروتیین خام افزایش یافت. چاترجی و والی (۱۹۹۸) نرخ رشد در گاو میش‌های تغذیه شده با کنجاله منداب فرآوری شده با فرمالدئید را بالاتر گزارش نمودند هرچند تفاوتی در قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و ماده آلی کنجاله منداب فرآوری شده و نشده مشاهده نکردند. خراسانی و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که قابلیت هضم ظاهری پروتیین خام کنجاله کلزا در کل دستگاه گوارش ۷۳/۱

درصد بود و سطوح مختلف اسید استیک اختلاف معنی-داری بین تیمارهای آزمایشی بوجود نیاورد. هرچند سوبو و همکاران (۱۹۹۶) قابلیت هضم ظاهری نیتروژن کنجاله کلزا را ۸۳/۷ درصد گزارش کردند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که فرآوری شیمیایی و فیزیکی میزان حلالیت پروتیین در شکمبه را به‌نحو موثری کاهش داد و احتمال دارد که بخش حل نشده پروتیین به قسمت‌های پایینی دستگاه گوارش وارد شده باشد. از طرفی تیمار کنجاله با فرمالدئید بیش‌ترین تاثیر را در کاهش تجزیه پذیری شکمبه‌ای کنجاله داشت و با توجه به بهبود قابل توجه در قابلیت هضم پروتیین درکل دستگاه گوارش و استفاده بهتر دام از پروتیین کنجاله، به نظر می‌رسد که سطح فرآوری با ۱/۲ گرم فرم آلدئید به ازای ۱۰۰ گرم پروتیین‌ام کنجاله مطلوب باشد.

منابع

صادقی، ع. ۱۳۸۱. مطالعه روند تجزیه پذیری ماده خشک و پروتیین خام کنجاله کلزا در شکمبه به روش in situ. رساله‌ی دکترا. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist International. Vol. I, 15th Ed. Gaithersburg, Maryland, USA.

Aronen, I., and Vanhatalo. 1992. Intestinal nitrogen digestibility of heat moisture treated rapeseed meals as assessed by the mobile bag method in cows. Anim. Feed Sci. and Technol. 52: 225-238.

Boila, R. J., Ingalls, J. R. 1992. In situ rumen digestion and escape of dry matter, nitrogen and amino acids in canola meal. Can. J. Anim. Sci. 72(4):891-901.

Chatterjee, A., and Walli, T. K. 1998. Effect of feeding formaldehyde treated mustard cake on growth performance of buffalo calves. Indian J. Anim. Prod. & Mgmt. 14:163-165.

Chatterjee, A., and Walli, T. K. 2002. Comparative evaluation of protein quality of three commonly available oilseed cakes by in vitro and in sacco method. Indian J. Dairy. Sci. 55(6):350-355.

Chaterjee, A., and Walli, T. K. 2003. Effect of formaldehyde treatment on effective protein degradability an in vitro post ruminal digestibility of mustard cake. Indian J. Anim. Nutr., 20(2):143 -148.

Christensen, D. A., and McKinnon, P. J. 1993. Canola meal for beef and dairy cattle. Pages 19–22 in Canola meal for livestock and poultry. D. R. Clandinin, ed. Canola Council of Canada, Winnipeg, MB.

Hozhabri, F. 2005. Effect of roughage sources and protected protein in complete feed on fibre digestion kinetics, nutrient utilization and growth performance of crossbred calves. Ph.D. Thesis submitted to NDRI, Karnal, India.

Kendall, E. M., Ingalls, J. R. and Boila, R. J. 1991. Variability in the rumen degradability and post ruminal digestion of dry matter, nitrogen and amino acids of canola meal. Can. J. Anim. Sci. 71(3):739-754.

Khorasani, G. R., Robinson, P. H. and Kennell, J. J. 1993. Effect of canola meal treated with acetic acid on rumen degradation and intestinal digestibility in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 76:1607-1616.

Khorasani, G. R., De Boer, G. and Kennell, J. J. 1994. Response of early lactation cows to ruminally undegradable protein in the diet. J. Dairy Sci. 79:446-453.

Krishnamoorthy, U. C., Sniffen, C. J. Stem, M. D. and Van Soest, P. J. 1983. Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. Br. J. Nutr. 50:555-569.

Liu, J. X., Wu, Y. M., Xu, N. Y., and Wu, Z. W. 1993. Efficiency of protein utilisation of formaldehyde treated rapeseed meal by sheep and its influence on cattle's performance. *Asian-Aus. J. Anim. Sci,* **6**(4):601-605.

Liu, S. J., 1993. Efficiency of protein utilization of formaldehyde treated rapeseed meal by sheep and its influence on cattle´s performance. Asian australas. J. Anim. Sci. Suweon, Korea. 6(4):601-605.

McKinnon, J. J., Olubobokun, J. A., Christensen, D. A. and Cohen, R. D. H. 1991. The influence of heat and chemical treatment on ruminal disappearance of canola meal. Can. J. Anim. Sci. 71:773-780.

Moshtaghi Nia, S. A., and Ingalls, J. R. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acids from canola meal. J. Dairy Sci. 78:1552-1560.

Murphy, J. J., Kendall, J. J. 1987. Effect of protein concentration and protein source on the degradability of dry matter and protein in situ. J. Dairy Sci. 70(9):1841-1849.

Seoane, J. R., Christen, A. M., Veira, D. M. and Fontecilla, J. 1992. Performance of growing steers fed quack grass hay supplemented with canola meal. Can. J. Anim. Sci. 72:329-336.

Seoane, J. R., Christen, A. M., Veira, D. M.and Fontecilla, J. 1992. Performance of growing steers fed quack grass hay supplemented with canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 72:329-336

Sharma V., S. Sharma, O. P. Mathur, and Purohit, G. R. 2001. Effect of heat and formaldehyde treatment alone and in combination on in situ dry matter and nitrogen disappearance of some protein sources. Indian J. Anim. Sci. 71(7):703-705.

Sharma, R. and Singh, B. 1997. Nitrigen solubility and dietary protein fractions of various feedstuffs. J. Anim. Nutr., 14: 139-142.

Sniffen, C. J., O'Connor, J. D. and Van Soest, P. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci., 70:3562-3577.

Subuh, A. M. H., Rowan, T. G. and Lawrence, T. L. J. 1996. Effect of heat or formaldehyde treatment on the rumen degradability and intestinal tract apparent digestibility of protein in soybean meal and in rapeseed meals of different glucosinolate content. Anim. Feed Sci. & Technol. 57(3):257-265.

Tuori. M. 1992. Rapeseed meal as a supplementary protein for dairy cows on grass silage based diets; with the emphasis on the Nordic AAT-PBV feed protein evaluation system. Agricultural Science in Finland. 1:4,369-439.

Van Soest, P. J., Sniffen, C. J., Mertens, D. R., Fox, D. G., Robinson, P. H. and Krishnamoorthy, U. C. 1981. A net protein system for cattle: The rumen submodel for nitrogen. In: F. N. Owens (Ed.) Protein Requirements for Cattle: proceedings of an International Symposium. MP-109. p 265. Div. of Agric, Oklahoma State Univ. Stillwater.

Effect of Physical and Chemical Treatments of Canola Meal on Solubility, Degradability and Digestibility of Crude Protein

Eghbali Koozekanan[1], M., Kafilzadeh[2], F. and Hozhabbi[3], F.

Abstract

This study was carried out to compare the effect of different treatments on *in vitro* solubility, *in sacco* degradability and *in vivo* digestibility of canola meal protein. Treatments were untreated canola meal (To), formaldehyde treated (T_1), acetic acid treated (T_2) and heat treated canola meal (T_3). Canola meal was subjected to *in vitro* protein fractionation to find out the contribution of different protein fractions $A+B_1$, B_2, B_3 and C. These fractions were determined on the basis of solubility of canola meal protein in three different solvents, phosphate buffer, neutral detergent solvents (NDS) and acid detergent solvents (ADS). Treatments were subjected to nylon bag technique at various intervals (0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 hours) using two fistulated sheep. The N residue from nylon bags at any incubation time was determined to measure a, b, and c values and to estimate the effective degradability at different out flow rates. *In vitro* solubility study showed a significant ($p<0.05$) decrease in fraction $A+B_1$ while B_2 increased as the result of both physical and chemical treatments. Fractions B3 and C were not affected by treatments ($p>0.05$). Results of protein degradability showed that ' *a* ' was higher (5.74) and ' *b* ' was lower (76.32) for untreated canola meal than for treated meals ($p<0.05$). There was significant difference between untreated and treated meals in concern to ' *c* ' value ($p<0.05$). The effective crude protein degradability decreased significantly 15-19% as the result of either physical or chemical treatments. The effective degradability of To, T_1, T_2, and T_3 was 63.28, 52.15, 53.65 and 51.50, respectively. Apparent CP digestibility was increased ($p<0.05$) due to physical and chemical treatments of canola meal. Crude protein digestibility was the highest for T_1 (81.43) followed by T_2 (80.42), T_3 (78.84), and To (73.26). It can be concluded that chemical and heat treatments of canola meal increased the portion of un-degradable protein in the rumen by altering the potential degradable fraction (*b*) and the rate of degradation (*c*). Despite decline in protein degradability in the rumen, improved protein digestibility in total tract, significantly.

Keywords: Canola meal, Physical and Chemical Treatments, Solubility and Degradability

1. M.Sc, Student, Associate Professor and Assistant Professor respectively, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah