

The effects of feeding formaldehyde-treated canola meal in two levels of dietary crude protein on dry matter intake, milk yield and composition, nutrients digestibility, and ruminal parameters in lactating goats

Mohammad Amin Tajaddini¹, Omid Dayani^{2*}, Amin Khezri³, Reza Tahmasbi³,
Mohammad Mehdi Sharifi-Hoseini⁴

¹M.Sc. Graduate, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

²Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, Email: odayani@uk.ac.ir

³Associate Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

⁴Assistant Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 02/08/2022
Revised: 03/14/2022
Accepted: 03/15/2022

Keywords:
Canola meal,
Formaldehyde
Lactating goats
Milk yield and composition

ABSTRACT

Background and Objectives: Due to the relative cost and dependence of the country on soybean meal importation, more attention is given to new protein sources such as canola meal as a suitable alternative for soybean meal. Also, the high protein degradability of meals in the rumen leads to the loss of nitrogen (urea) through urine. Thus, meal processing methods are considered in order to reduce the rate of ruminal protein degradation and increase by-pass protein proportion which can improve animal productive performance and efficiency of nitrogen utilization. Therefore, the effects of substituting formaldehyde-treated canola meal (0.8 and 1.2% of meal crude protein) for the untreated meal on feed intake, nutrient digestibility, productive performance, and some ruminal parameters in lactating goat's diet, and the possibility to compensate dietary protein deficiency using processed meal with 1.2% formaldehyde was investigated in this study.

Materials and Methods: Eight multiparous lactating goats with an initial milk yield of 650-700 g/d were used in this study. Canola meal was treated with formaldehyde at two levels of 0.8 and 1.2% CP of the meal and then used in the concentrate mixture. Four dietary treatments were: (1) control diet with 14.5 % CP containing untreated canola meal, (2) diet with 14.5 % CP containing formaldehyde-treated canola meal (0.8% CP), (3) diet with 14.5 % CP containing formaldehyde-treated canola meal (1.2% CP), and (4) diet with 12.5 % CP containing formaldehyde-treated canola meal (1.2% CP). In the last 7 days of each experimental period, feed intake and milk yield were measured daily and a subsample of produced milk was collected for milk component analysis. On the last day of each collection period, ruminal fluid samples were taken from goats to measure pH, NH₃-N concentration, and protozoa population count. The gross profit of milk production and economic estimation of experimental diets were also performed.

Results: The DM intake of the goats was significantly increased by the substitution of formaldehyde-treated canola meal in the diet (P<0.05). Reducing the dietary level of CP had also the same effect. Feeding 1.2 % formaldehyde-treated canola meal alone or with the reduced CP level of diet significantly increased the production of milk, FCM, fat, protein, and lactose (P<0.05), while experimental diets did not affect the milk

composition of the goats. Treating canola meal with formaldehyde did not affect ruminal pH, total protozoa, *Entodiniomorph*, *Holotrich*, and *Cellulolytic* count, while NH₃-N showed a significant decrease by feeding 1.2% formaldehyde-treated canola meal at 3 h post-feeding ($P<0.05$). Mean daily feed cost increased by feeding the formaldehyde-treated canola meal and daily gross profit was higher with the group that fed on a diet containing 1.2% formaldehyde-treated canola meal.

Conclusion: According to the present results, formaldehyde treatment of canola meal (1.2 %) enhanced the feed intake and growth performance of lactating goats, moreover, treatment at this level properly compensated for the probable adverse effects of the lack of dietary crude protein on animal performance. Therefore, formaldehyde treatment of canola meal (1.2 %) is recommended as a suitable choice to increase dietary bypass protein and positively impact growth performance, also to reduce the loss of nitrogen from the body.

Cite this article: Tajaddini, M.A., Dayani, O., Khezri, A., Tahmasbi, R., Sharifi-Hoseini, M.M. (2022). The effects of feeding formaldehyde-treated canola meal in two levels of dietary crude protein on dry matter intake, milk yield and composition, nutrients digestibility, and ruminal parameters in lactating goats. *Journal of Ruminant Research*, 10 (4), 21-38.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2022.19898.1834

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید در دو سطح پروتئین خام بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بزهای شیرده

محمدامین تاج‌الدینی^۱، امید دیانی^{۲*}، امین خضری^۳، رضا طهماسبی^۳، محمدمهدی شریفی حسینی^۴

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه: odayani@uk.ac.ir
آدانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: به‌واسطه گرانی نسبی و وابستگی کشور به واردات کنجاله سویا و نیز با افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید، استفاده از منابع پروتئینی گیاهی مانند کنجاله کانولا به‌عنوان جایگزین مناسبی برای آن مورد توجه است. با توجه به تجزیه‌پذیری بالای پروتئین کنجاله‌ها و اتلاف نیتروژن به شکل اوره از طریق ادرار، استفاده از روش‌های فرآوری کنجاله‌ها، به‌منظور کاهش نرخ تجزیه‌پذیری پروتئین و افزایش سهم پروتئین عبوری می‌تواند سبب بهبود عملکرد دام و راندمان استفاده از نیتروژن شود. در نتیجه، اثر جایگزینی کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید با کنجاله فرآوری نشده در جیره بزهای شیرده بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، عملکرد تولیدی و برخی فراسنجه‌های شکمبه‌ای، و امکان جبران کمبود پروتئین جیره با استفاده از کنجاله فرآوری شده با فرمالدهید در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.
مقاله کامل علمی - پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۹	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴	
واژه‌های کلیدی:	
آنزیم قارچی	
الیاف نامحلول در شوینده	
خنثی‌گوارش‌ناپذیر	
تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای	
محصولات فرعی زراعی	
مواد و روش‌ها: در این پژوهش از هشت رأس بز بالغ شیرده (میانگین سن چهار سال، سه شکم زایش به بالا) نژاد رایینی با میانگین تولید شیر اولیه ۷۰۰-۶۵۰ گرم در روز استفاده شد. پس از تعیین پروتئین خام، کنجاله کانولا با سطوح ۰/۸ و ۱/۲ درصد فرمالدهید (به‌ازای مقدار پروتئین خام کنجاله) فرآوری و در تهیه جیره استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) جیره شاهد، دارای کنجاله فرآوری نشده و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام، ۲) جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۰/۸ درصد فرمالدهید و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام، ۳) جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام، ۴) جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام بود. فراسنجه‌های تجزیه-پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله کانولا با روش کیسه‌گذاری شکمبه‌ای تعیین شد و میزان پروتئین قابل تجزیه و غیرقابل تجزیه کنجاله فرآوری شده محاسبه شد. طی هفته نمونه‌برداری هر دوره، مصرف خوراک و تولید شیر در روز ثبت شد و یک نمونه شیر برای تعیین ترکیب شیر به آزمایشگاه منتقل شد. در روز آخر هر دوره نمونه‌گیری از مایع شکمبه به‌منظور تعیین pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی و شمارش جمعیت پروتوزوا انجام شد. همچنین هزینه تمام‌شده شیر، سود ناخالص از تولید شیر و برآورد اقتصادی جیره‌های آزمایشی بررسی شد.	

یافته‌ها: فرآوری تأثیری بر درصد پروتئین خام کنجاله کانولا نداشت در حالی که میزان تجزیه‌پذیری پروتئین خام کنجاله را کاهش داد ($P < 0/05$). مصرف ماده خشک بزها با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده افزایش یافت ($P < 0/05$)، اما با کاهش سطح پروتئین خام جیره تغییری نکرد. هم‌چنین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده‌خنی، پروتئین خام و چربی خام بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت. با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد، تولید روزانه شیر خام و شیر تصحیح‌شده بر اساس ۴ درصد چربی افزایش یافت ($P < 0/05$) و کاهش سطح پروتئین خام جیره، سبب افت تولید شیر بزها نشد. تغذیه جیره‌های آزمایشی بر درصد ترکیبات شیر بزها تأثیری نداشت، با این حال تولید روزانه چربی، پروتئین، لاکتوز به‌طور معنی‌داری با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید در جیره‌های با سطوح ۱۴/۵ و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام جیره افزایش یافت. هم‌چنین تفاوتی در pH مایع شکمبه، جمعیت گونه‌های هلوتریش، سلولولیتیک و انتودینیومورف‌ها و کل پروتوزوای مایع شکمبه بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد، اما غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بزها با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید کاهش یافت ($P < 0/05$). میانگین هزینه روزانه خوراک مصرفی بزها در گروه‌های تغذیه‌شده با کنجاله کانولای فرآوری شده افزایش یافت، سود ناخالص حاصل از تولید شیر در گروه‌های تغذیه‌شده با کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید بالاتر بود ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد فرآوری کنجاله کانولا با ۱/۲ درصد فرمالدهید سبب بهبود مصرف خوراک و عملکرد تولیدی بزهای شیرده شد، هم‌چنین فرآوری در این سطح به‌خوبی اثرات احتمالی کمبود پروتئین خام جیره را جبران کرده و عملکرد کلی بزها با کاهش سطح پروتئین خام نسبت به جیره شاهد (با پروتئین بالاتر) برابر شد. در نتیجه، فرآوری کنجاله کانولا با ۱/۲ درصد فرمالدهید راهکاری مفید جهت افزایش سطح پروتئین عبوری جیره و بهبود عملکرد تولیدی، هم‌چنین کاهش اتلاف نیتروژن از بدن به‌نظر می‌رسد.

استناد: تاج‌الدینی، م.ا.، دیانی، ا.، خضری، ا.، طهماسبی، ر.، ریفی‌حسینی، م.م. (۱۴۰۱). تأثیر تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید در دو سطح پروتئین خام بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بزهای شیرده. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۰ (۴)، ۳۸-۲۱.

DOI: 10.22069/ejrr.2022.19898.1834



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

امروزه، افزایش روزافزون تولید مواد خوراکی با استفاده از پروتئین حیوانی، صنعت دام‌پروری را به یکی از مصرف‌کنندگان اصلی نیتروژن و ترکیبات پروتئینی در بخش کشاورزی در سراسر جهان تبدیل کرده است. استفاده بیش‌ازحد از منابع پروتئینی در خوراک دام که در اکثر موارد با بازده پایینی توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه و یا بافت‌های بدن حیوان مورد استفاده قرار می‌گیرد، معضل اصلی در این رابطه می‌باشد که منجر به انتشار مقدار زیادی نیتروژن و در نتیجه آلودگی منابع مختلف زیست-محیطی و به دنبال آن اثرات منفی بر سلامت انسان می‌شود (FAO, 2020; Sirohi و همکاران, 2013). پروتئین قابل‌تجزیه در شکمبه سهم عمده‌ای (60 تا 70 درصد) از ترکیب پروتئین کنجاله دانه‌های روغنی را تشکیل داده است؛ و مصرف این کنجاله‌های پروتئینی در نشخوارکنندگان سبب تولید مقادیر زیادی آمونیاک در شکمبه می‌شود که سهم قابل‌توجهی از آمونیاک منتشرشده از دیواره شکمبه جذب‌شده و با تبدیل به اوره در کبد، از طریق ادرار از بدن دفع می‌شود (De Campeneere و همکاران, 2010). در حالیکه منابع پروتئینی با نرخ تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پایین به نحو کارآمدتری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Mishra و همکاران, 2018).

در نشخوارکنندگان، فرآوری کنجاله‌ها بر نرخ تجزیه‌پذیری و قابلیت هضم پروتئین مؤثر است (McKinnon و همکاران, 1995). روش‌های فرآوری کنجاله‌ها به‌طور کلی بر پایه روش‌های فیزیکی (برشته کردن، پرتودهی و غیره)، شیمیایی (با اسید، تانن، فرمالدهید و غیره) و بیولوژیک (میکروبی) می‌باشد (Chatterjee, 1998). از میان روش‌های مختلف، روش شیمیایی فرآوری با فرمالدهید از مؤثرترین روش‌های فرآوری به‌منظور افزایش پروتئین عبوری از

شکمبه گزارش‌شده (Walli و Chaturvedi, 2001; Eghbali و همکاران, 2011) که اثرات مثبت آن بر عملکرد تولیدی حیوان از جمله رشد (White و همکاران, 2004)، تولید شیر (Mishra و همکاران, 2018; Sirohi و همکاران, 2013) و گوشت (Bhatt و Sahoo, 2019) در مطالعات مشاهده‌شده است (Gulati و همکاران, 2005). علی‌رغم این‌که کنجاله‌ها و مکمل‌های پروتئینی از اقلام گران‌قیمت جیره دام می‌باشند، مسئله نگران‌کننده دیگر در سطح جهانی در مورد نشخوارکنندگان آلودگی‌های محیطی ناشی از اتلاف نیتروژن توسط این دام‌هاست. تلاش برای افزایش بهره‌وری استفاده از پروتئین و کاهش استفاده از مکمل‌های پروتئینی در جیره، بدون اثر منفی بر عملکرد تولیدی حیوان از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Uwizeye و همکاران, 2020) که اثرات مثبت زیست-محیطی در کنار افزایش سود اقتصادی مزارع را در بر دارد (Rotz و همکاران, 1999). با توجه به محدود بودن مطالعات در رابطه با اثرات فرآوری کنجاله‌های پروتئینی با فرمالدهید در سطوح مختلف پروتئین خام جیره، در این پژوهش اثر جایگزینی کنجاله کانولای فرآوری‌شده با فرمالدهید در سطوح 0/8 و 1/2 درصد پروتئین خام کنجاله با کنجاله فرآوری‌نشده در جیره بزهای شیرده بر مصرف خوراک، قابلیت هضم مواد مغذی، عملکرد تولیدی و برخی فراسنجه‌های شکمبه‌ای و امکان جبران کمبود پروتئین جیره با استفاده از کنجاله فرآوری‌شده با 1/2 درصد فرمالدهید مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

حیوانات و جیره‌های آزمایشی: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دام سبک بخش مهندسی علوم دامی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. به این منظور از هشت رأس بز بالغ شیرده (در ابتدای دوره شیردهی)

درصد وزن کنجاله) رقیق و روی کنجاله اسپری شد، برای ۱۵ دقیقه به طور کامل هم زده شد و به مدت ۴۸ ساعت درون کیسه های نایلونی سیلو شد. پس از این مدت کنجاله در محیط سایه، سه روز خشک شد و سپس برای تهیه جیره های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت (Hadjipanayiotou, ۱۹۹۲). برای تعیین فراسنجه های تجزیه پذیری شکمبه ای پروتئین خام کنجاله کانولا، روش کیسه گذاری شکمبه ای (Mehrez و Orskov, ۱۹۷۷) با استفاده از دو رأس تلیسه هلشتاین دارای فیستولای شکمبه ای به کار برده شد و با استفاده از داده های حاصل، الگوی تجزیه پذیری و میزان پروتئین قابل تجزیه و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه برای کنجاله فرآوری شده محاسبه شد (McDonald و Ørskov, ۱۹۷۹).

تولید شیر و ترکیبات آن: طی هفته پایانی هر دوره آزمایشی، میزان شیر دوشیده شده از هر بز در روز توزین و ثبت شد. روزانه پس از توزین شیر تولیدی هر بز، یک نمونه از شیر در ظرف نمونه برداری (حاوی ماده دی کرومات پتاسیم به عنوان نگه دارنده) جمع آوری و به منظور تعیین ترکیبات شیر بزها به آزمایشگاه منتقل شد. درصد چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی شیر با استفاده از دستگاه (MilkoScanTM Foss) 78110- دانمارک) Minor اندازه گیری شد.

اندازه گیری مصرف ماده خشک و قابلیت هضم ظاهری: در طول هفته نمونه برداری میزان ماده خشک مصرفی روزانه از اختلاف میزان خوراک داده شده و باقیمانده های خوراک هر دام در همان روز اندازه گیری و ثبت شد و به منظور تعیین ماده خشک تا زمان تجزیه شیمیایی در فریزر (۲۰- درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. در طول هفته نمونه برداری (هفت روز) از خوراک داده شده به بزها در تیمارهای مختلف نمونه برداشته شد، هم چنین نمونه مدفوع هر بز به-

نژاد رایینی (میانگین چهار سال سن، سه شکم زایش به بالا) با میانگین وزن $32/5 \pm 2$ کیلوگرم و میانگین تولید شیر اولیه ۷۰۰-۶۵۰ گرم در روز استفاده شد. مدت زمان اجرای این پژوهش ۸۴ روز شامل چهار دوره ۲۱ روزه بود که در هر دوره ۱۴ روز اول به منظور عادت پذیری حیوان به جیره آزمایشی و هفت روز آخر به نمونه گیری اختصاص داشت. حیوانات در جایگاه های انفرادی (۲×۳ متر) نگهداری شدند و دو بار در روز در ساعات ۸:۰۰ و ۱۹:۰۰ دوشیده می شدند. جیره های آزمایشی (جدول ۱) بر اساس جداول احتیاجات غذایی (National Research Council, ۲۰۰۷) با نسبت ۴۰ به ۶۰ درصد علوفه به کنساتره تنظیم شدند و عبارت از: ۱- جیره شاهد، دارای کنجاله فرآوری نشده و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام، ۲- جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۰/۸ درصد فرمالدهید و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام، ۳- جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام و ۴- جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام بودند. جیره ها به صورت کاملاً مخلوط و دو وعده در روز در ساعات ۷:۰۰ و ۱۶:۰۰ در حد اشتها به بزها تغذیه شد. آب به صورت تازه و آزاد در اختیار حیوانات قرار داشت. پس از خشک شدن در آن، ترکیب شیمیایی نمونه ها شامل ماده خشک، ماده آلی، خاکستر، چربی خام، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده ختنی بر اساس روش استاندارد (AOAC, ۱۹۹۰) تعیین شد.

تهیه کنجاله کانولا و فرآوری با فرمالدهید: پس از تهیه کنجاله کانولا، کنجاله آسیاب (توری ۲ میلی متر) و درصد پروتئین خام آن تعیین شد. سپس کنجاله کانولا با دو سطح ۰/۸ و ۱/۲ درصد فرمالدهید (به ازای مقدار پروتئین خام کنجاله) فرآوری شد. به منظور فرآوری، فرمالدهید با آب (به مقدار هشت

تأثیر تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید در دو... / محمدامین تاج‌الدینی و همکاران

صورت مستقیم از داخل رکتوم حدود یک ساعت پس از هر وعده غذایی گرفته شد. نمونه‌های خوراک و مدفوع تا زمان انجام آزمایشات در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تعیین قابلیت هضم ظاهری در کل دستگاه گوارش، خاکستر نامحلول در اسید (AIA) به‌عنوان نشانگر داخلی به‌کاربرده شد (Van Keulen, ۱۹۷۷).

جدول ۱- اجزای خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (بر اساس ماده خشک).

Table 1. The ingredient components of experimental diets (% of DM).

نوع کنجاله کانولا و سطح پروتئین خام (%) Canola meal type and CP level (%)				اجزای مواد خوراکی (درصد) Ingredients (%)	
فرآوری‌شده (1.2)	فرآوری‌شده (1.2)	فرآوری‌شده (0.8)	فرآوری‌نشده + Untreated+ 14.5		
12.5 + Treated (1.2) +12.5	14.5 + Treated (1.2) +14.5	14.5 + Treated (0.8) +14.5	14.5		
35.0	35.0	35.0	35.0	Alfalfa hay	علوفه خشک یونجه
5.0	5.0	5.0	5.0	Wheat straw	کاه گندم
21.0	21.0	21.0	21.0	Barley grain	دانه جو
12.0	12.0	12.0	12.0	Wheat grain	دانه گندم
13.0	4.0	4.0	4.0	Corn grain	دانه ذرت
9.0	18.0	18.0	18.0	Canola meal	کنجاله کانولا
3.0	3.0	3.0	3.0	Wheat bran	سیوس گندم
1.2	1.2	1.2	1.2	Vitamin/Minera Premix ¹	مکمل معدنی و ویتامینی ¹
0.3	0.3	0.3	0.3	Calcium carbonate	کربنات کلسیم
0.5	0.5	0.5	0.5	Salt	نمک
ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک) (Chemical composition (%DM))					
2.48	2.42	2.41	2.42	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم) Metabolizable energy (Mcal/Kg)	
12.42	14.31	14.32	14.39	CP (%DM)	پروتئین خام (درصد ماده خشک)
88.9	89.1	89.1	89.52	DM (%)	ماده خشک (درصد)
85.7	86.8	86.5	88	OM (%DM)	ماده آلی (درصد ماده خشک)
36.9	39.54	33.15	29.95	RUP (%CP)	پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه ² (درصد پروتئین خام)
63.10	60.46	66.85	70.05	RDP (%CP)	پروتئین قابل تجزیه در شکمبه ² (درصد پروتئین خام)
2.38	2.33	2.30	2.32	EE (%DM)	چربی خام (درصد ماده خشک)
34.60	36.77	36.85	36.89	NDF (DM)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد ماده خشک)
22.10	23.45	23.45	23.45	ADF (%DM)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد ماده خشک)
36.3	33.2	33	34.3	NFC (%DM)	کربوهیدرات‌های غیرالیافی ⁴ (درصد ماده خشک)

¹ دارای ۵۰۰/۰۰۰ واحد ویتامین A، ۱۲۰/۰۰۰ واحد ویتامین D، ۲۰۰۰ واحد ویتامین E در هر کیلوگرم و عناصر معدنی بر اساس میلی‌گرم شامل Ca (۱۹۰۰۰)، P (۲۵۰۰۰)، Na (۴۰۰۰۰)، Mg (۳۰۰۰۰)، Zn (۵۰۰۰۰)، Mn (۳۵۰۰)، Fe (۲۵۰۰)، Cu (۴۰۰)، Co (۳۵)، I (۹۰)، Se (۴۰).

¹ Contains 500,000 IU of Vitamin A; 120,000 IU of Vitamin D₃ and 2000 IU of Vitamin E and 190000 mg Ca, 25000 mg P, 40000 mg Na, 30000 mg Mg, 5000 mg Zn, 3500 mg Mn, 2500 mg Fe, 400 mg Cu, 35 mg Co, 90 mg I, and 40 mg Se to Kg.

² RUP = Rumen Undegradable Protein

³ RDP = Rumen Degradable Protein

⁴ Non-fiber carbohydrates, NFC = ۱۰۰ - (الیاف نامحلول در شوینده خنثی)

قیمت هر کیلوگرم جیره آزمایشی \times ضریب تبدیل غذایی = هزینه تمام شده خوراک جهت تولید شیر
هزینه خوراک مصرفی روزانه - (قیمت شیر \times تولید شیر خام روزانه) = سود ناخالص روزانه

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش با استفاده از ۴ جیره آزمایشی در قالب طرح چرخشی مربع لاتین 4×4 تکرار شده در چهار دوره ۲۱ روزه اجرا شد. پس از انجام طرح آزمایشی، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از تابع *lmer* و نرم‌افزار *lme4* تحت برنامه آماری R (نسخه 3.6.1) (<https://www.r-project.org/>) استفاده شد. میانگین متغیرها در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه شدند. هم‌چنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مدل آماری زیر مورد استفاده قرار گرفت:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + C_k + e_{ijk}$$

در این رابطه: Y_{ijk} = متغیر وابسته (صفت اندازه‌گیری شده)، μ = میانگین جامعه برای صفت مورد مطالعه، T_i = اثر تیمار، P_j = اثر دوره، C_k = اثر تصادفی هر حیوان و e_{ij} = اثر خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

تجزیه پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله کانولا:
نتایج مربوط به میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله کانولا با یا بدون فرآوری با فرمالدهید (جدول ۲) نشان داد این فرآوری تأثیری بر درصد پروتئین خام کنجاله نداشت. هم‌چنین در تحقیقی دیگر، به دنبال فرآوری کنجاله کانولا با حرارت و یا لیگنوسولفونات، تفاوتی در درصد پروتئین خام کنجاله مشاهده نشد (Wright و همکاران، ۲۰۰۵). در تحقیق حاضر، فرآوری با فرمالدهید میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام کنجاله کانولا را کاهش داد

نمونه‌گیری از مایع شکمبه: در روز آخر هر دوره آزمایشی، نمونه‌گیری از مایع شکمبه در ساعات صفر (پیش از مصرف خوراک) و سه ساعت پس از مصرف خوراک با استفاده لوله معدی متصل به دستگاه ساکشن انجام شد. بلافاصله پس از نمونه‌گیری، pH مایع شکمبه با استفاده از دستگاه pH متر قلمی (مدل AZ 8686) اندازه‌گیری شد. سپس مایع شکمبه توسط پارچه کرباس چهار لایه صاف شد. مقدار ده میلی‌لیتر از مایع صاف شده برداشته شد و با افزودن ۰/۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۵۰ درصد (شرکت Merck) به منظور تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد (Reynal، ۲۰۰۷). تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه بر طبق روش Kang و Broderick (۱۹۸۰) با استفاده از محلول‌های فنول، هیپوکلریت و محلول استوک ۱۰۰ میلی‌مولاری آمونیاک انجام شد (۵).

به منظور شمارش پروتوزوا، میزان ده میلی‌لیتر از مایع صاف شده نیز با همین مقدار محلول نگه‌دارنده Methylgreen-formalin-salin (MFS) مخلوط شده و برای شمارش پروتوزوا در فضایی تاریک نگه‌داری شد (Ogimoto و Imai، ۱۹۸۱). گونه‌های متفاوت پروتوزوای مژک‌دار در قالب گونه‌های انتودینیومورف (*Entodinium sp.*)، هلوتریش (*Holotrich sp.*) و سلولولیتیک (*Cellulolytic sp.*) گروه‌بندی شدند و جمعیت کل پروتوزوا و گونه‌های مختلف پس از شمارش برآورد شد.

برآورد اقتصادی جیره‌های آزمایشی: برآورد اقتصادی جیره‌های آزمایشی و تعیین هزینه تمام شده خوراک به‌ازای تولید شیر و هم‌چنین برآورد سود ناخالص روزانه در هر گروه، بر اساس قیمت هر کیلوگرم از جیره‌های آزمایشی مختلف تعیین و با استفاده از روابط زیر انجام شد:

تأثیر تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید در دو... / محمدامین تاج‌الدینی و همکاران

پروتئین خام کنجاله کانولا در نتیجه فرآوری با فرمالدهید در سطوح ۰/۸ و ۱/۲ درصد و هم‌چنین لیگنوسولفونات مشاهده گردید (Beauchemin و همکاران، ۱۹۹۵؛ Eghbali و همکاران، ۲۰۱۱؛ Mir و همکاران، ۱۹۸۴).

جدول ۲- تجزیه پذیری پروتئین خام کنجاله کانولای فرآوری نشده و فرآوری شده با فرمالدهید (±خطای معیار).

Table 2- Crude protein degradability of untreated and formaldehyde treated canola meal (±SE).

P- value	فرآوری شده با ۱/۲	فرآوری شده با ۰/۸	فرآوری نشده	نوع کنجاله کانولا
	درصد Treated (1.2%)	درصد Treated (0.8%)	Untreated	Type of canola meal
0.38	29.5 ±0.34	29.7 ±0.34	30.2 ±0.34	پروتئین خام (درصد ماده خشک) Crude protein (%DM)
<0.01	27.6 ^c ±0.63	63.1 ^b ±0.63	80.7 ^a ±0.63	پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (درصد پروتئین خام) RDP (%CP)
<0.01	72.4 ^a ±0.63	36.9 ^b ±0.63	19.3 ^c ±0.63	پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (درصد پروتئین خام) RUP (%CP)

^{a, b} حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

^{a, b} Means within row with different superscripts a,b differ (P<0.05).

کنجاله کانولای بدون فرآوری با کنجاله فرآوری شده با لیگنوسولفونات، افزایش مصرف ماده خشک گاوهای شیری را نسبت به گروه شاهد گزارش کردند (۳۸). علاوه بر این، در مطالعاتی دیگر افزایش سطح ماده خشک مصرفی گروه‌های آزمایشی در نتیجه افزایش سطح پروتئین عبوری جیره و هم‌چنین فرآوری کنجاله‌ها با فرمالدهید مشاهده شده است (Sahoo و Bhatt، ۲۰۱۹؛ Bunnakit و Khampa، ۲۰۱۱).

در این مطالعه، ضریب تبدیل خوراک بزهای تغذیه شده با جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام در مقایسه با جیره دارای کنجاله فرآوری شده با ۰/۸ درصد فرمالدهید پایین‌تر بود (P<۰/۰۵)، زیرا در کنار افزایش یکنواخت مصرف ماده خشک و تولید شیر، گروه تغذیه شده با جیره دارای پروتئین خام کمتر، به‌طور نسبی با مصرف ماده خشک کمتر تولید بیشتری داشتند. در نتایج همسو با پژوهش حاضر، بهبود

عملکرد رشد و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی:

مصرف ماده خشک بزها در تغذیه با کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۵)، در حالی که با کاهش سطح پروتئین خام جیره تغییری نکرد (جدول ۳). افزایش سطح پروتئین عبوری جیره با افزایش جریان پروتئین و اسیدهای آمینه به روده باریک به تعادل اسیدهای آمینه قابل جذب از روده کمک کرده و این امر می‌تواند سبب بهبود مصرف خوراک گردد (Baker و همکاران، ۱۹۹۶؛ Forbes، ۱۹۹۵). در تحقیق حاضر، فرآوری کنجاله کانولا با فرمالدهید سطح پروتئین عبوری جیره‌های آزمایشی را نسبت به جیره شاهد افزایش داد که احتمالاً همین عامل سبب تحریک مصرف خوراک بزها شده است. هم‌چنین، به‌دنبال افزایش تولید شیر بزها، به دلیل افزایش احتیاجات مواد مغذی، افزایش مصرف خوراک منطقی به نظر می‌رسد (Baker و همکاران، ۱۹۹۶). همسو با نتایج حاضر، Wright و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود در نتیجه جایگزینی

با فرمالدهید و هم‌چنین کاهش سطح پروتئین خام جیره مانع هضم‌پذیری و جذب مواد مغذی به‌ویژه پروتئین خام خوراک نشده و اثر منفی بر آن نداشت. همسو با نتایج این مطالعه، جایگزینی کنجاله خردل فرآوری شده با فرمالدهید در جیره گاوهای شیرده اثری بر قابلیت هضم مواد مغذی نداشت، درحالی‌که سبب بهبود تولید شیر شد (Sirohi و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعات دیگری هم‌چنین تفاوتی در قابلیت هضم مواد مغذی جیره‌های غذایی در نتیجه تغذیه با کنجاله‌های خردل و کلزای فرآوری شده با فرمالدهید گزارش نشد (Chatterjee، ۱۹۹۸؛ Throat و همکاران، ۲۰۱۶).

ضریب تبدیل خوراک در گروه‌های آزمایشی تغذیه شده با کنجاله سویا و کلزای فرآوری شده با فرمالدهید مشاهده شد (Sahoo و Bhatt، ۲۰۱۹؛ Throat و همکاران، ۲۰۱۶). درحالی‌که در مطالعه دیگری با جایگزینی دانه سویای برشته شده و اکستروود شده با کنجاله سویا در جیره گاوهای شیری تفاوتی در ضریب تبدیل خوراک گاوها مشاهده نشد (Tahmasbi و همکاران، ۲۰۱۸).

در این پژوهش، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، پروتئین خام و چربی خام جیره‌های آزمایشی تفاوت معنی داری نبود که نشان می‌دهد فرآوری کنجاله کانولا

جدول ۳- مصرف ماده خشک، ضریب تبدیل غذایی، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (±خطای معیار).

Table 3- Dry matter intake, feed conversion ratio and nutrients apparent digestibility of goats fed experimental diets (±SE).

P-value	نوع کنجاله کانولا و سطح پروتئین خام (درصد)				آیتم Item
	Canola meal type and CP level (%)				
	فرآوری شده (۱.۲) + (1.2)	فرآوری شده (۱.۲)	فرآوری شده (۰.۸)	فرآوری نشده +	
	Treated (1.2) +12.5	Treated (1.2) +14.5	Treated (0.8) +14.5	Untreated+ 14.5	
<0.01	851 ^a ±47.1	887 ^a ±48.0	865 ^a ±47.1	764 ^b ±48.0	مصرف ماده خشک (گرم/روز) DMI (g/d)
<0.01	1.07 ^b ±0.04	1.13 ^{ab} ±0.05	1.21 ^a ±0.04	1.17 ^{ab} ±0.05	ضریب تبدیل غذایی FCR ¹ قابلیت هضم (درصد) Digestibility (%)
0.23	78.8 ±1.28	80.3 ±1.14	77.6 ±1.28	80.5 ±0.92	ماده خشک Dry matter
0.30	79.2 ±1.98	79.9 ±1.49	78.7 ±1.98	82.6 ±1.49	ماده آلی Organic matter
0.17	69.6 ±2.88	76.4 ±3.03	68.4 ±2.95	73.7 ±2.25	پروتئین خام Crude protein
0.92	77.8 ±4.68	79.2 ±4.63	80.4 ±4.68	82.9 ±4.63	چربی خام Ether extract
0.21	75.7 ±1.98	77.9 ±1.95	73.4 ±1.63	78.1 ±1.52	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF

^{a, b} حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی دار می‌باشد (P<0.05).

¹ Feed Conversion Ratio (FCR) = شیر تولیدی (گرم) / خوراک مصرفی (گرم)

^{a, b} Means within row with different superscripts a, b differ (P<0.05).

۱۴ درصد افزایش یافت (P<0.05) و کاهش سطح پروتئین خام جیره سبب افت تولید شیر بزها نشد (جدول ۴). تفاوت نداشتن تولید شیر بزها در تغذیه با جیره‌های دارای ۱۴/۵ و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام

تولید و ترکیب شیر: با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید، تولید روزانه شیر خام بزها به‌طور میانگین بیش از ۱۶ درصد و تولید روزانه شیر تصحیح شده بر اساس چربی حدود

و کنجاله سویا فرآوری شده با حرارت و یا لیگنوسولفونات در جیره گاوهای شیری تفاوتی در ترکیب شیر گزارش نشد (Mishra و همکاران، ۲۰۱۸؛ Wright و همکاران، ۲۰۰۵). درحالی‌که در نتیجه جایگزینی بخشی از لوبیای خردشده (تیمار شاهد) با کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید در جیره گاوهای شیری درصد پروتئین شیر و تولید روزانه آن افزایش و درصد چربی و لاکتوز شیر کاهش یافت (White و همکاران، ۲۰۰۴). در آزمایشی دیگر روی گاو میش‌های شیرده در اوایل دوره شیردهی، Shelke و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند تغذیه با مخلوط کنجاله خردل و بادام‌زمینی فرآوری شده با فرمالدهید و چربی محافظت‌شده تأثیری بر درصد کل مواد جامد، مواد جامد بدون چربی، پروتئین و لاکتوز نداشت اما چربی شیر بالاتر بود (Shelke و همکاران، ۲۰۱۲).

pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی و جمعیت پروتوزوای شکمبه: در نتیجه تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید و هم‌چنین کاهش سطح پروتئین خام جیره تفاوتی در pH مایع شکمبه بزها مشاهده نشد (شکل ۱). ولی پس از مصرف خوراک، غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بزها با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید در مقایسه با کنجاله فرآوری نشده کاهش یافت ($P < 0/05$) که احتمالاً در اثر کاهش نرخ تجزیه پروتئین در شکمبه و افزایش عبور از شکمبه می‌باشد. هم‌چنین با کاهش سطح پروتئین خام جیره در کنار استفاده از کنجاله فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید، میزان پروتئین ورودی و قابل‌تجزیه توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه کاهش یافته و در نتیجه پایین‌ترین غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در این گروه مشاهده شد (شکل ۲).

نشان می‌دهد پروتئین عبوری تأمین شده با استفاده از کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید، احتمالاً اسیدهای آمینه محدودکننده تولید شیر را به مقدار کافی جهت رفع احتیاجات بافت پستان در سطح ۱۲/۵ درصد پروتئین خام فراهم کرده و تأمین مقدار بیشتر آن در جیره اثری بر تولید ندارد. هم‌چنین افزایش تولید شیر تصحیح‌شده بر اساس چهار درصد چربی با تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید با توجه به عدم کاهش درصد چربی، پروتئین و لاکتوز شیر بزها منطقی به نظر می‌رسد. در پژوهشی، Lundquist و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند تغذیه گاوهای شیری با کنجاله فرآوری شده با فرمالدهید (جیره دارای ۱۵/۵ درصد پروتئین خام) به‌طور معنی‌داری سبب افزایش تولید شیر خام و شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی نسبت به گروه شاهد منفی (۱۲ درصد پروتئین خام) شد (Lundquist و همکاران، ۱۹۸۶). اگرچه در مطالعاتی دیگر با اینکه افزایش میزان جذب اسیدهای آمینه ضروری از روده در نتیجه فرآوری گزارش شد، تفاوتی در عملکرد گاوهای شیری در نتیجه تغذیه با کنجاله‌های سویا و کانولای فرآوری شده با فرمالدهید مشاهده نشد (Crooker و همکاران، ۱۹۸۳؛ Rae و همکاران، ۱۹۸۳).

تغذیه جیره‌های آزمایشی، در این مطالعه، بر درصد ترکیب شیر بزها تأثیری نداشت، با این حال تولید روزانه چربی، پروتئین و لاکتوز به‌طور معنی‌داری در تغذیه با کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید در سطوح ۱۴/۵ و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام جیره افزایش یافت که این امر به دلیل افزایش تولید روزانه شیر می‌باشد ($P < 0/05$). مطابق با نتایج این تحقیق، با جایگزینی کنجاله خردل فرآوری شده با فرمالدهید در جیره گاو میش‌های شیرده

جدول ۴- تولید و ترکیبات شیر بزهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی (± خطای معیار).

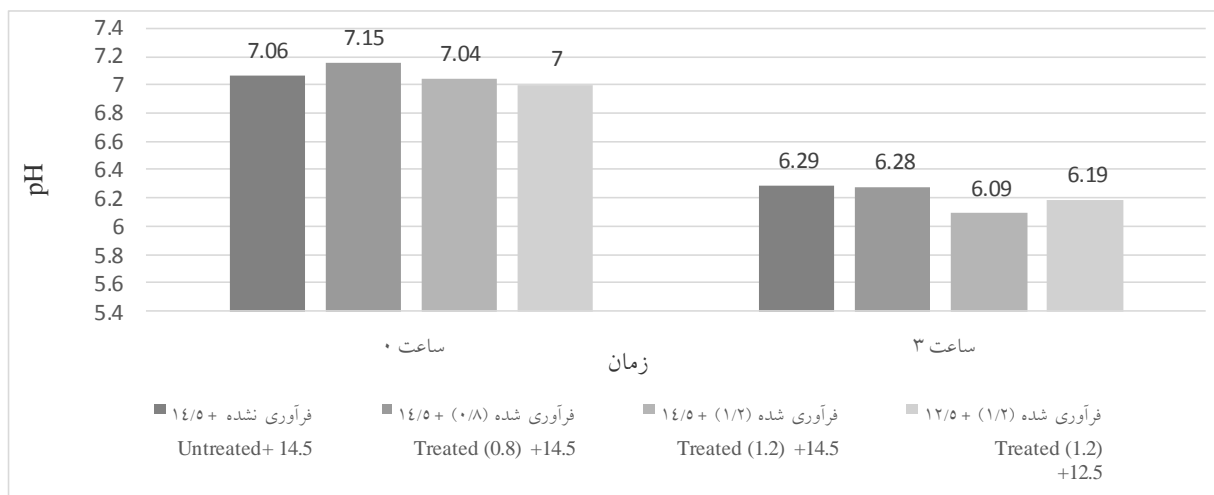
Table 4- Milk yield and compositions of goats fed experimental diets.

P-value	Canola meal type and CP level (%)				تولید و ترکیب شیر Milk yield and composition
	فرآوری شده 12.5 + (1.2) Treated (1.2) +12.5	فرآوری شده 14.5 + (1.2) Treated (1.2) +14.5	فرآوری شده 14.5 + (0.8) Treated (0.8) +14.5	فرآوری نشده + 14.5 Untreated+14.5	
<0.01	793 ^a ±46.3	799 ^a ±47.3	747 ^{ab} ±46.3	682 ^b ±47.3	Milk yield (g/d) تولید شیر (گرم/روز)
<0.01	955 ^a ±47.5	950 ^a ±49.4	874 ^{ab} ±47.3	838 ^b ±49.0	شیر تصحیح شده براساس ۴ درصد چربی FCM (g/d) ¹
					Milk composition (%) ترکیبات شیر (درصد)
0.30	5.35 ±0.19	5.27 ±0.20	5.18 ±0.19	5.44 ±0.20	Fat چربی
0.56	3.88 ±0.06	3.77 ±0.07	3.85 ±0.06	3.76 ±0.07	Protein پروتئین
0.59	4.11 ±0.07	4.12 ±0.07	4.13 ±0.07	4.15 ±0.07	Lactose لاکتوز
0.29	14.2 ±0.21	13.9 ±0.22	14.0 ±0.21	14.2 ±0.22	Total solids کل مواد جامد
0.92	8.92 ±0.06	8.86 ±0.07	8.87 ±0.06	8.88 ±0.07	Non-fat solids مواد جامد بدون چربی
					Milk composition yield (g/d) تولید ترکیبات شیر (گرم/روز)
<0.01	42.5 ^a ±2.08	42.0 ^a ±2.19	38.3 ^{ab} ±2.07	37.7 ^b ±2.17	Fat چربی
<0.01	31.1 ^a ±1.87	30.7 ^a ±1.93	28.9 ^{ab} ±1.86	26.0 ^b ±1.92	Protein پروتئین
<0.01	32.8 ^a ±2.07	33.0 ^a ±2.12	30.7 ^{ab} ±2.06	28.5 ^b ±2.11	Lactose لاکتوز

^{a, b} حروف متفاوت در هر سطر نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشد (P<0/05).

¹Fat corrected milk (FCM) = [(گرم شیر تولیدی) × 0/4] + [(گرم چربی تولید شده) × 15] (NRC, 2001).

^{a, b} Means within row with different superscripts a, b differ (P<0.05).



شکل ۱- pH مایع شکمبه بزهای تغذیه شده با جیره های آزمایشی در ۰ و ۳ ساعت پس از مصرف خوراک

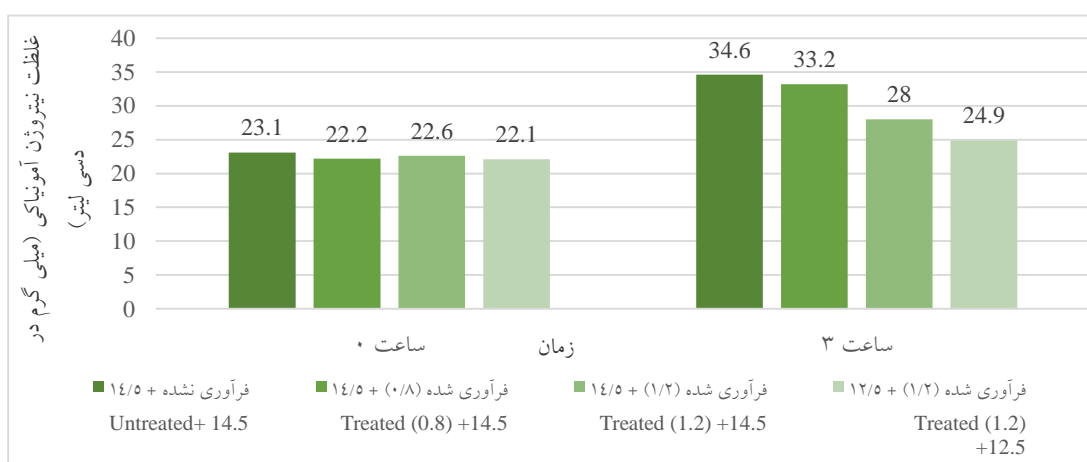
Figure 1- Ruminal pH of goats fed experimental diets at 0 and 3 hours after feeding.

میزان تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه گاوها کاهش یافت (Mahadevan و همکاران، ۱۹۸۳). هم چنین در تحقیق دیگری، Crooker و همکاران (۱۹۸۳) با

همسو با نتایج این تحقیق، در مطالعه دیگری گزارش شد با افزایش سطح فرمالدهید مورد استفاده برای فرآوری کنجاله سویا، غلظت نیتروژن آمونیاکی و

و همکاران، ۱۹۸۳). با این حال در مطالعاتی دیگر، در نتیجه استفاده از کنجاله و یا دانه سویای حرارت داده شده در جیره گاوهای شیری تفاوتی در pH و غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه مشاهده نشد (Noerozi Deyarjan و همکاران، ۲۰۱۷؛ Tahmasbi و همکاران، ۲۰۱۸).

بررسی اثر جایگزینی کنجاله سویای فرآوری شده با فرمالدهید در دو سطح پروتئین خام جیره بر فراسنجه‌های شکمبه گاوهای شیری تازه‌زا، گزارش کردند سطح پروتئین خام و فرآوری با فرمالدهید هر دو بر غلظت نیتروژن آمونیاکی مؤثر بود و تغذیه با کنجاله فرآوری شده اثر مهمی در کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه داشت (Crooker



شکل ۲- غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در ساعات ۰ و ۳ ساعت پس از مصرف خوراک
Figure 2- Ruminal NH₃-N of goats fed experimental diets at 0 and 3 hours after feeding.

فرمالدهید در جیره بره‌های پرواری تغییری در جمعیت هلوتریش‌ها و همچنین کل پروتوزوای شکمبه ایجاد نشد (Sahoo و Bhatt، ۲۰۱۹). هم‌چنین در پژوهشی، محققین تغییرات جمعیت پروتوزوای شکمبه را در نتیجه جایگزینی کنجاله سویای حرارت داده شده با کنجاله بدون فرآوری در جیره گاوهای هلشتاین دارای فیستولای شکمبه‌ای بررسی و گزارش کردند جمعیت هلوتریش‌ها، انتودینیومورف‌ها و کل پروتوزوای شکمبه در ساعات مختلف پس از مصرف خوراک تفاوتی در بین جیره‌های آزمایشی نداشت درحالی‌که به‌طور میانگین جمعیت آن‌ها در تغذیه با کنجاله حرارت دیده نسبت به کنجاله بدون فرآوری پایین‌تر بود (Dennis و همکاران، ۱۹۸۲).

تغذیه کنجاله کانولای فرآوری شده با فرمالدهید و هم‌چنین تفاوت در سطح پروتئین خام جیره بر جمعیت گونه‌های هلوتریش، سلولولیتیک و انتودینیومورف‌ها و جمعیت کل پروتوزوای مایع شکمبه اثری نداشت (جدول ۵). در تحقیقی اثر افزایش سطح پروتئین عبوری جیره در گاوهای خشک دارای فیستولای شکمبه‌ای بررسی و نتایج نشان داد، با افزایش سطح پروتئین عبوری در جیره، جمعیت گونه‌های هلوتریش تغییری نکرد در حالی‌که جمعیت انتودینیوم‌های کوچک و هم‌چنین جمعیت کل پروتوزوای شکمبه افزایش یافت (Kanjanapruthipong و همکاران، ۲۰۰۲). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه‌ای با جایگزینی مخلوط کنجاله‌های سویا و بادام‌زمینی فرآوری شده با

جدول ۵- جمعیت گونه‌های مختلف و کل پروتوزوای شکمبه بزهای تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی (±خطای معیار)

Table 5. Different species and total ruminal protozoa count of goats fed experimental diets (±SE)

P- value	نوع کنجاله کانولا و سطح پروتئین خام (درصد)				جمعیت پروتوزوای شکمبه (×۱۰ ^{-۵}) Protozoal count (×10 ⁻⁵)	
	Canola meal type and CP level (%)					
	فرآوری‌شده 12.5 + (1.2) Treated (1.2) +12.5	فرآوری‌شده (1.2) 14.5 + Treated (1.2) +14.5	فرآوری‌شده (0.8) 14.5 + Treated (0.8) +14.5	فرآوری‌نشده + 14.5 Untreated+ 14.5		
					<i>Entodiniomorph</i>	انتودینیومورف
0.33	19.1 ±1.31	19.1 ±1.31	20.2 ±1.31	22.2 ±1.31	0h	ساعت صفر
0.22	18.3 ±1.30	18.6 ±1.80	17.7 ±1.09	20.7 ±1.88	3h	ساعت ۳
					<i>Holotrich</i>	هلوتریش
0.31	0.32 ±0.19	0.60 ±0.15	0.71 ±0.15	0.60 ±0.16	0h	ساعت صفر
0.58	0.63 ±0.11	0.49 ±0.09	0.47 ±0.07	0.61 ±0.17	3h	ساعت ۳
					<i>Cellulolytic</i>	سلولولیتیک
0.27	0.21 ±0.13	0.29 ±0.12	0.38 ±0.12	0.33 ±0.12	0h	ساعت صفر
0.22	0.15 ±0.08	0.21 ±0.07	0.39 ±0.09	0.43 ±0.13	3h	ساعت ۳
					Total	کل
0.41	20.4 ±2.31	20.1 ±1.67	21.4 ±1.56	23.6 ±1.67	0h	ساعت صفر
0.39	20.6 ±2.23	19.4 ±2.01	18.4 ±1.21	23.7 ±2.89	3h	ساعت ۳

^{a, b}حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

^{a, b}Means within row with different superscripts a, b differ (P<0.05).

گروه در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی بالاتر بوده است. سود ناخالص حاصل از تولید شیر روزانه در گروه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های دارای کنجاله کانولای فرآوری‌شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید به‌طور قابل‌توجهی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۵). به‌علاوه، به‌واسطه افزایش قابل‌توجه تولید شیر روزانه و همچنین افزایش اندک هزینه خوراک مصرفی روزانه در گروه‌های آزمایشی تغذیه‌شده با کنجاله کانولای فرآوری‌شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید در مقایسه با گروه شاهد، سود ناخالص روزانه از تولید شیر افزایش یافت و از این نظر گروه تغذیه‌شده با جیره دارای کنجاله کانولای فرآوری‌شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید و ۱۲/۵ درصد پروتئین خام با توجه به این‌که قیمت جیره در این گروه نسبت به سایر گروه‌ها پایین‌تر بود، بالاترین سود ناخالص روزانه را در بین گروه‌های آزمایشی داشت.

برآورد بازده اقتصادی: با جایگزینی کنجاله کانولا با دانه ذرت در جیره دارای ۱۲/۵ درصد پروتئین خام (به دلیل پایین‌تر بودن قیمت دانه ذرت نسبت به کنجاله کانولا)، قیمت هر کیلوگرم جیره نسبت به سایر جیره‌ها پایین‌تر بود. میانگین هزینه روزانه خوراک مصرفی بزهای تغذیه‌شده با جیره‌های دارای کنجاله کانولای فرآوری‌شده با فرمالدهید در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۵) که به دلیل بالاتر بودن مصرف خوراک روزانه بزها می‌باشد. از طرفی بالاترین هزینه تمام‌شده خوراک برای تولید هر کیلوگرم شیر مربوط به بزهای تغذیه‌شده با جیره دارای کنجاله کانولای فرآوری‌شده با ۰/۸ درصد فرمالدهید و ۱۴/۵ درصد پروتئین خام بود (P<۰/۰۵). با توجه به این‌که ضریب تبدیل خوراک (میزان خوراک مصرفی به ازای تولید هر کیلوگرم شیر) در این گروه نسبت به سایر گروه‌ها بالاتر بود، بنابراین منطقی است که هزینه تمام‌شده برای تولید شیر در این

جدول ۶- برآورد اقتصادی هزینه خوراک مصرفی و تولید شیر در بزهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی (±خطای معیار)

Table 6- Economic estimation of feed and milk cost and profit of goats fed experimental diets (±SE)

P-value	نوع کنجاله کانولا و سطح پروتئین خام (درصد) Canola meal type and CP level (%)				آماره‌های اقتصادی Economic statistics
	فرآوری شده (1.2)	فرآوری شده (1.2)	فرآوری شده (0.8)	فرآوری نشده +	
	12.5 +	14.5 +	14.5 + (0.8)	14.5	
	Treated (1.2) +12.5	Treated (1.2) +14.5	Treated (0.8) +14.5	Untreated+ 14.5	
-	30320	31720	31570	31260	قیمت جیره آزمایشی (ریال/ کیلوگرم) Experimental diet price (Rial/ Kg)
<0.01	851 ^a ±47.1	887 ^a ±48.0	865 ^a ±47.1	764 ^b ±48.0	مصرف خوراک (گرم) Feed intake (g)
<0.01	25562 ^a ±1520	27141 ^a ±1560	26762 ^a ±1520	23298 ^b ±1560	هزینه خوراک مصرفی روزانه (ریال) Daily feed cost (Rial)
<0.01	27434 ^{bc} ±1960	31159 ^{ab} ±2060	32478 ^a ±1960	27878 ^b ±2060	هزینه تمام شده خوراک (ریال/ کیلوگرم شیر) Cost of feed (Rial/ Kg of milk)
<0.01	53260 ^{ab} ±3460	53100 ^b ±3680	47840 ^{bc} ±3520	43880 ^c ±3680	سود ناخالص روزانه (ریال) Daily gross profit (Rial)

^{a, b} حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد (P<0.05).

¹ در برآورد سود ناخالص روزانه هزینه‌های جانبی تولید از قبیل هزینه کارگری، تجهیزات مورد استفاده، حمل و نقل شیر و غیره منظور نشده است.

¹The estimated gross daily income does not include production side costs like labor costs, equipment used, milk transport, etc.

^{a, b}Means within row with different superscripts a,b differ (P<0.05).

نشد؛ بنابراین، فرآوری کنجاله کانولا با فرمالدهید را می‌توان راهبرد مناسبی برای افزایش سطح پروتئین عبوری جیره دانست که با به‌کار بردن آن می‌توان سطح پروتئین خام جیره را بهینه کرده و استفاده از منابع پروتئینی را در جیره کاهش داد که این امر به علاوه سهم چشم‌گیری در کاهش هزینه‌های خوراک مصرفی داشته و همچنین در کاهش آلودگی محیطی ناشی از نیتروژن بسیار مؤثر خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که فرآوری کنجاله کانولا با ۱/۲ درصد فرمالدهید به‌طور مطلوبی سبب بهبود مصرف خوراک و عملکرد تولیدی بزهای شیرده شد. به علاوه، تغذیه با کنجاله کانولای فرآوری شده با ۱/۲ درصد فرمالدهید به‌خوبی اثرات احتمالی کمبود پروتئین خام جیره را جبران کرده و با کاهش سطح پروتئین خام جیره عملکرد کلی بزها دچار تغییر

منابع

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Baker, M.J., Amos, H.E., Nelson, A., Williams, C.C. and Froetschel, M.A. 1996. Undegraded intake protein: Effects on milk production and amino acid utilization by cows fed wheat silage. Canadian Journal of Animal Science, 76: 367-376.
- Beauchemin, K.A., Bailey, D.R.C., McAllister, T.A. and Cheng, K.J. 1995. Lignosulfonate-treated canola meal for nursing beef calves. Canadian Journal of Animal Science, 75(4): 559-565.
- Bhatt, R.S. and Sahoo, A. 2019. Effect of adding formaldehyde treated protein alone and with Saccharomyces cerevisiae in diet on plane of nutrition, growth performance, rumen fermentation and microbial protein synthesis of finisher lambs. Small Ruminant Research, 171: 42-48.
- Broderick, G.A. and Kang, J.H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and

- total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. Journal of Dairy Science, 63: 64-75.
- Bunnakit, K. and Khampa, S. 2011. Effect of rumen undegradable protein levels on performance of Thai native x Brahman beef cattle. Pakistan Journal of Nutrition, 10: 1163-1167.
- Chatterjee, A. 1998. Ruminal and Post-Ruminal Digestibility of Formaldehyde Treated Mustard Cake Protein and Its Effect on Growth and Milk Production in Murrah Buffaloes. Ph.D. Thesis. NDRI, Karnal.
- Chaturvedi, O.H. and Walli, T.K. 2001. Effect of feeding graded levels of undegraded dietary protein on voluntary intake, milk production and economic return in early lactating crossbred cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14: 1118-1124.
- Crooker, B.A., Clark, J.H. and Shanks, R.D. 1983. Effects of formaldehyde treated soybean meal on milk yield, milk composition, and nutrient digestibility in the dairy cow. Journal of Dairy Science, 66: 492-504.
- De Campeneere, S., De Boever, J.L., Vanacker, J.M. and De Brabander, D.L. 2010. Reducing nitrogen excretion and soybean meal use by feeding a lower rumen degradable protein balance and protected soybean meal to dairy cattle. Archives of Animal Nutrition, 64: 85-97.
- Dennis, S.M., Arambel, M.J., Bartley, E.E., Riddell, D.O. and Dayton, A.D. 1982. Effect of heated or unheated soybean meal with or without Niacin on rumen protozoa. Journal of Dairy Science, 65: 1643-1646.
- Eghbali, M., Kafilzadeh, F., Hozhabri, F., Afshar, S. and Kazemi-Bonchenari, M. 2011. Treating canola meal changes *in situ* degradation, nutrient apparent digestibility, and protein fractions in sheep. Small Ruminant Research, 96: 136-139.
- FAO. 2020. The Livestock Impact on Global Nitrogen Flows and Emissions.
- Forbes, J.M. 1995. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. pp. 226-234. CAB Int. Oxford U.K.
- Gulati, S.K., Garg, M.R. and Scott, T.W. 2005. Rumen protected protein and fat produced from oilseeds and/or meals by formaldehyde treatment; their role in ruminant production and product quality: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 45: 1189-1203.
- Hadjipanayiotou, M. 1992. Effect of protein source and formaldehyde treatment on lactation performance of Chios ewes and Damascus goats. Small Ruminant Research, 8: 185-197.
- Kanjanapruthipong, J., Vajrabukka, C. and Sindhuvanich, S. 2002. Effects of formalin treated soybean meal as a source of rumen undegradable protein on rumen functions of non-lactating dairy cows on concentrate based-diets. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 15: 1439-1444.
- Lundquist, R.G., Otterby, D.E. and Linn, J.G. 1986. Influence of formaldehyde-treated soybean meal on milk production. Journal of Dairy Science, 69: 1337-1345.
- Mahadevan, S., Teather, R.M., Erfle, J.D. and Sauer, F.D. 1983. Effect of formaldehyde treatment of soybean meal on rates of protein degradation and microbial protein concentration in the bovine rumen. Canadian Journal of Animal Science, 63: 181-190.
- McKinon, J.J., Olubobokun, J.A., Mustafa, A. and Christensen, R.D.H. 1995. Influence of dry heat treatment of canola meal on site and extent of nutrient disappearance in ruminants. Journal of Animal Feed Science and Technology, 56: 243-252.
- Mehrez, A.Z. and Orskov, E.R. 1977. A study on the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. The Journal of Agricultural Science, 88: 645-650.
- Mir, Z., MacLeod, G.K., Buchanan-Smith, J.G., Grieve, D.G. and Grovum, W.L. 1984. Methods for protecting soybean and canola proteins from degradation in the rumen. Canadian Journal of Animal Science, 64(4): 855-865.
- Mishra, R.K., Baghel, R.P.S., Mishra, C., Sharma, R. and Sharma, S. 2018. Effect of balance diet containing formaldehyde treated mustard oilseed cake on performance of lactating buffaloes. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6: 257-261.
- Noerozi Deyarjan, M., Assadi- Alamouti, A., Afzalzadeh, A. and Danesh Mesgaran, M. 2017. Effects of replacing soybean meal with heat-treated soybean meal in diets varying in crude

- protein content on performance of dairy cows under mild heat stress. *Journal of Animal Production*, 19(4): 751-764. (In Persian).
- National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*, 1st ed. Washington, D.C.
- Ogimoto, K. and Imai, S. 1981. *Atlas of Rumen Microbiology*. Tokyo: Japan Scientific Societies Press. p. 231.
- Ørskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Research*, 92: 499-503.
- Rae, R.C., Ingalls, J.R. and McKirdy, J.A. 1983. Response of dairy cows to formaldehyde-treated canola meal during early lactation. *Canadian Journal of Animal Science*, 63: 905-915.
- Reynal, S.M., Ipharraguerre, I.R., Linero, M., Brito, A.F., Broderick, G.A. and Clark, J.H. 2007. Omasal flow of soluble proteins, peptides, and free amino acids in dairy cows fed diets supplemented with proteins of varying ruminal degradabilities. *Journal of Dairy Science*, 90: 1887-1903.
- Rotz, C.A., Satter, L.D., Mertens, D.R. and Muck, R.E. 1999. Feeding strategy, nitrogen cycling, and profitability of dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 82: 2841-2855.
- Shelke, S.K., Thakur, S.S. and Amrutkar, S.A. 2012. Effect of feeding protected fat and proteins on milk production, composition and nutrient utilization in Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Animal Feed Science and Technology*, 171: 98-107.
- Sirohi, S.K., Walli, T.K., Garg, M.R. and Kumar, B. 2013. Effect of formaldehyde treated mustard cake on nutrient utilization and milk production performance in crossbred cows fed wheat straw-based diet. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 30: 5-11.
- Tahmasbi, A.M., Aazami, M.H. and Naserian, A.A. 2018. Effects of substitution of processed soybean seed with soybean meal on performance, nutrient digestibility, and some blood and ruminal parameters in Holstein dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, 5(4): 61-72. (In Persian).
- Throat, S.K., Gupta, R.S., Shankpal, S. and Parnerkar, S. 2016. Effect of supplementing formaldehyde treated rape seed meal on milk production, gross milk composition, digestibility of nutrients and feed conversion efficiency in high producing crossbred cows. *Livestock Research International*, 4: 68-74.
- Uwizye, A., de Boer, I.J.M., Opio, C.I., Schulte, R.P.O., Falcucci, A., Tempio, G., Teillard, F., Casu, F., Rulli, M., Galloway, J.N., Leip, A., Erisman, J.W., Robinson, T. P., Steinfeld, H. and Gerber, P.J. 2020. Nitrogen emissions along global livestock supply chains. *Nature Food*, 1: 437-446.
- Van Keulen, J. and Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2): 282-287.
- White, C.L., Staines, M. v-H., Phillips, N., Young, P., Coupar, F., Ashes, J.R. and Gulati, S.K. 2004. Protected canola meal increases milk protein concentration in dairy cows fed a grass silage-based diet. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44 (9): 827-832.
- Wright, C.F., Von Keyserlingk, M.A., Swift, M.L., Fisher, L.J., Shelford, J.A. and Dinn, N.E. 2005. Heat- and lignosulfonate-treated canola meal as a source of ruminal undegradable protein for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88: 238-243.

