دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

بررسی تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای کنجاله سویا و کنجاله کلزا پوشش‌دار شده با منابع مختلف چربی

محسن ابراهیمی[۱]، مهدی گنج‌خانلو[۲]، مهدی دهقان بنادکی[۳]، ابوالفضل زالی[۴] و کامران رضایزدی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول : ganjkhanlou@ut.ac.ir)
۲- دانشیار، کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴- دانشیار، کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۵- دانشیار، کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۱۶
صفحه: ۵۷ تا ۶۵

چکیده

هدف از انجام این مطالعه بررسی برون‌تنی اثر پوشش دار کردن کنجاله سویا و کنجاله کلزا با منابع مختلف چربی بر تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای و همچنین بررسی درون‌تنی قابلیت هضم کنجاله سویا پوشش دار شده با منابع مختلف چربی در دستگاه گوارش بود. برای این منظور، از نمک کلسیمی روغن امگا۳، نمک کلسیمی غیراشباع و چربی اشباع برای پوشش‌دار کردن استفاده شد. به‌منظور تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای از سه رأس گاو نژاد هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد و میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای ماده خشک و پروتئین خام تعیین شد. در آزمایش درون‌تنی، ٤٠ راس گاو نژاد هلشتاین به‌طور تصادفی در پنج تیمار (شاهد، سویا اکسترود شده، سویا-امگا۳، سویا-کلسیمی و سویا-اشباع) اختصاص داده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پوشش‌دار کردن کنجاله سویا و کلزا با چربی‌های مختلف موجب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک و پروتئین در شکمبه و افزایش قابلیت هضم آن‌ها در روده می شود. همچنین نشان داده شد که محافظت کنجاله سویا با چربی اشباع و چربی کلسیمی نسبت به چربی امگا۳ بهتر بود، در حالی‌که محافظت کنجاله کلزا با چربی کلسیمی و امگا۳ نسبت به چربی اشباع گوارش‌پذیری بهتری داشتند (p<0.0001). نتایج آزمایش درون‌تنی نشان داد که کنجاله سویا پوشش‌دار شده با امگا۳ بیشترین میزان قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش را داشت (p=0.009). می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌دار کردن کنجاله‌های پروتئینی با چربی باعث انتقال هضم پروتئین از شکمبه به روده و در نتیجه افزایش بخش RUP کنجاله پروتئینی خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: امگا۳، پوشش‌دار کردن، چربی کلسیمی، قابلیت هضم، کنجاله پروتئینی

مقدمه

حیوانات نشخوارکننده اسیدهای آمینه مورد نیاز خود را از طریق پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه و پروتئین عبوری از شکمبه، به‌دست می‌آورند (۱۱). گاوهای جوان در حال رشد و گاوهای شیرده علاوه بر پروتئین میکروبی نیازمند پروتئین عبوری برای تأمین پروتئین قابل متابولیسم خود هستند (۱۰). سهم بالای پروتئین قابل هضم در شکمبه منجر به افزایش دفع پروتئین به شکل اوره در ادرار می‌شود. تجزیه سریع و گسترده‌ی پروتئین‌های با ارزش در شکمبه منجر به توسعه مفهوم حفاظت از پروتئین در برابر تجزیه شکمبه‌ای با هدف اصلی افزایش تأمین اسیدهای آمینه ضروری و کاهش اتلاف نیتروژن در حیوان تولیدی شده است (۱۰). بنابراین انتخاب مناسب مکمل پروتئینی برای تغذیه، یک فرصت عالی در جهت تأثیرگذاری نحوه تأمین اسیدهای آمینه مورد نیاز گاوهای شیری است. این امر می‌تواند موجب تعدیل تأمین روده‌ای اسید آمینه از طریق میزان عبور پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه و همچنین نیتروژن میکروبی شود (۹). از نظر پروتئین، کنجاله سویا و کلزا منابع مهمی به‌شمار می‌روند ولی با این حال در شکمبه نشخوارکنندگان به‌شدت در معرض تخمیر میکروبی قرار می‌گیرند (۱۶).

برای محافظت پروتئین در شکمبه و افزایش پروتئین عبوری از روش‌های متعددی استفاده می‌شود (۱۹) . گرمادهی کنجاله می‌تواند موجب تغییر ترکیب اسید آمینه‌ای پروتئین عبوری کنجاله سویا و فرآورده‌های آن نسبت به پروتئین خوراک اولیه شود (۸). اگرچه حرارت‌دهی یک بخش تفکیک نشدنی از فرآوری کنجاله است و ممکن است موجب کاهش تخریب شکمبه‌ای شود (۴) اما با این وجود تصور می‌شود که پوشش‌دار کردن کنجاله با اسیدهای چرب می‌تواند موجب کاهش قابل ملاحظه قابلیت هضم مواد آلی و پروتئین و تولید گاز شکمبه‌ای شود (۱۸). علاوه بر نقش محافظتی، لیپید می‌تواند به‌عنوان یک منبع انرژی برای گاوهای شیری پرتولید ایفای نقش کند (۱۳). پوشش چربی فعالیت پروتئاز شکمبه را تا زمان خروج خوراک از شکمبه به تأخیر می‌اندازد و امکان استفاده مستقیم و بیشتر پروتئین را برای نشخوارکنندگان فراهم می‌سازد. همچنین افزودن چربی منجر به کاهش تولید گاز در شکمبه می‌شود (۷). از طرفی نشان داده شده است که اسیدهای چرب هیدروژنه به‌عنوان پوشش برای محافظت از ترکیبات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است اما این اسیدهای چرب در برابر اسیدهای چرب نااشباع به‌میزان کمتری در روده باریک هضم می‌شوند. همچنین گزارش شده است که افزودن اسیدهای چرب غیراشباع مانند اولئیک‌اسید همراه با اسید چرب اشباع می‌تواند قابلیت هضم اسیدهای چرب را به‌طور کلی در روده باریک بهبود ببخشد (۲۸).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

با توجه به کمبود اطلاعات در مورد اثربخشی پوشش‌دهی چربی‌های مختلف بر میزان عبور و قابلیت هضم ترکیبات پروتئینی، پژوهش حاضر با هدف بررسی کنجاله‌های پروتئینی پوشش‌دار شده با منابع مختلف چربی بر میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای و گوارش پذیری روده‌ای به‌روش برون‌تنی و درون‌تنی طراحی گردیده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش برون‌تنی

به‌منظور تولید کنجاله‌های پروتئینی محافظت شده، کنجاله‌های پروتئینی در شرایط دمایی مختلف و با نسبت مناسب چربی در شرکت دانش بنیان کیمیا دانش الوند با هم ترکیب شدند. هشت تیمار مورد بررسی در این آزمایش از ترکیب مجزای دو منبع پروتئینی (کنجاله سویا و کنجاله کلزا) با سه نوع چربی ۱- چربی کلسیمی غیراشباع، ۲- پودر چربی اشباع و ۳- نمک کلسیمی امگا۳ و دو جیره شاهد حاصل گردید. مکمل‌های چربی از شرکت تعاونی کیمیا دانش الوند (قم، ایران) با نام پرشیافت تهیه شد. ترکیب شیمیایی مکمل‌های چربی آزمایشی و تیمارهای آزمایشی بر اساس ماده خشک به‌ترتیب در جدول ۱ و جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی مکمل‌های چربی آزمایشی (بر اساس ماده خشک)

Table 1. Chemical composition of the experimental fat supplements (dry matter basis)

	نمک کلسیمی امگا ۳	نمک کلسیمی	چربی اشباع
انرژی خالص شیردهی (Mcal/kg)	۵/۸	۵/۸	۵/۸
چربی (%)	۸۵	۸۵	۹۹
کلسیم (%)	۹	۹	--
اسیدهای چرب (%)			
C16:0	۲۱/۳	۲۴/۲۵	۳۵
C16:1	۶/۳	۳/۵۱	--
C18:0	۵/۹	۷/۸۴	۶۰
C18:1 n9	۳۵/۲۴	۳۶/۴	۵
C18:2 n6	۱۶/۱۷	۲۶	--
C18:3 n3	۲/۲	۲	--
EPA&DHA[۱]	۱۱	--	--

جدول ۲- ترکیب شیمیایی تیمارهای آزمایشی (بر اساس ماده خشک)

Table 2. Chemical composition of the experimental treatments (dry matter basis)

	سویا	کلزا	سویا - امگا۳	کلزا- امگا۳	سویا -نمک کلسیمی	کلزا -نمک کلسیمی	سویا -چربی اشباع	کلزا -چربی اشباع
ماده خشک (%)	۸۹/۲۰	۹۱/۴۳	۹۲/۱۶	۹۱/۵۳	۹۲/۰۲	۹۱/۱۹	۹۲/۱۲	۹۱/۳۷
پروتئین (%)	۴۴/۹۶	۳۴/۶۸	۲۲/۰۱	۱۷/۱۱	۲۱/۹۶	۱۷/۱۶	۲۱/۶۴	۱۸/۱۷
چربی (%)	۲/۶۶	۲/۴۰	۵۸/۱۱	۵۴/۸۹	۵۶/۷۴	۵۴/۹۶	۶۲/۳۰	۵۷/۱
خاکستر (%)	۶/۷۱	۷/۲۴	۸/۵۶	۹/۱۸	۸/۸۸	۹/۰۱	۵/۱۱	۵/۴۵
الیاف شوینده خنثی (%)	۱۳/۸۰	۲۵/۹۲	۸/۵۳	۱۸/۰۳	۹/۰۰	۱۷/۸۷	۱۰/۱۱	۱۸/۵۳

به‌منظور تعیین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای از سه رأس گاو هلشتاین مجهز به فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد. میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و پروتئین خام بر اساس روش استاندارد شده استفاده شد (۲۴). برای تعیین میزان تجزیه‌پذیری از کیسه‌های داکرونی با جنس پلی‌استر با ابعاد ۱۰×۱۷ سانتی‌متر، با قطر منافذ ۵۰ میکرومتر استفاده شد. نمونه‌ها در اندازه‌های دو میلی‌متری آسیاب شده و به‌منظور یکنواختی از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. همچنین برای جلوگیری از خروج ذرات ریز از منافذ کیسه‌های نایلونی، نمونه‌های آسیاب شده با الک ۴۵ میکرونی غربال شدند و در نهایت مقدار پنج گرم از نمونه‌های آسیاب شده در داخل کیسه‌های نایلونی ریخته شد. ۱۲ کیسه برای هر تیمار در شکمبه قرار گرفت و کیسه‌ها به‌مدت ۱۶ ساعت در شکمبه قرار داده شدند. کیسه‌ها بلافاصله پس از خارج‌شدن از شکمبه در آب سرد قرار داده شدند و با دست به‌مدت ۲۰ دقیقه و تا هنگام شفاف‌شدن آب خروجی از سطل شستشو شدند (۲). ۲ عدد از کیسه‌های هر تیمار بدون قرار گرفتن در شکمبه با آب سرد شستشو داده شدند. کیسه‌ها پس از شستشو در آون ۶۰ درجه به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت.

به‌منظور تعیین قابلیت هضم روده‌ای، ابتدا نمونه‌ها طبق بخش پیشین به‌مدت ۱۶ ساعت داخل شکمبه گاوهای فیستولا شده قرار داده شد (۱۲). سپس به‌منظور متوقف کردن فعالیت میکروبی بلافاصله در آب سرد قرار داده و سه مرتبه هر بار به‌مدت پنج دقیقه شسته شد و سپس در آون ۶۰ درجه به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. برای انجام تجزیه‌پذیری روده‌ای یک گرم از نمونه باقیمانده را در کیسه‌هایی به ابعاد میانگین ۴×۱۰ با قطر منفذ ۵۰ میکرومتر ریخته و سپس در دستگاه دیزی ۲ (Daisy 2) قرار داده شد. داخل هر بطری دو لیتری دستگاه شبیه‌ساز هضم شیردان، اسید هیدروکلریک (Merk) ۰/۱ نرمال و یک گرم در لیتر پپسین (Aldrich) افزوده شد (pH= ۱/۹). سپس کیسه‌ها داخل بطری‌ها قرار داده شد (۲۴ کیسه در هر بطری) و با دور ثابت چرخش در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت داخل دستگاه انکوباسیون گردید. سپس تمام مایعات تخلیه شده و کیسه‌ها تا زمان خروج آب شفاف از آن‌ها با آب سرد شستشو داده شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

سپس کیسه‌ها در محلولی شامل از سه گرم در لیتر پانکراتین (Merk)، بافر پتاسیم دی هیدروژن فسفات (Merk) ۰/۵ مولار و ۵۰ ppm تیمول (Merk) به‌مدت ۲۴ ساعت انکوباسیون شدند (pH= ۷/۷۵). بعد از اتمام انکوباسیون، کیسه‌ها شسته شده و در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و برای تعیین نیتروژن از محتویات آن‌ها استفاده شد. مقدار هضم نیتروژن با تفریق میزان نیتروژن نمونه‌ها بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای از میزان نیتروژن باقیمانده بعد از انکوباسیون در دیزی دو تقسیم بر میزان نیتروژن نمونه‌ها به‌دست آمد (۶). برای محاسبه پروتئین نمونه‌ها از دستگاه کجلدال (FossElectric, Copenhagen, Denmark) استفاده شد.

آزمایش درون‌تنی

در این مرحله تعداد ۴۰ راس گاو هلشتاین با روزهای شیردهی ۸±۱۱۵ و میانگین تولید ۴۵ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و هشت تکرار انتخاب شدند. تیمارهای آزمایشی مورد بررسی در این مرحله شامل ۱) کنجاله سویا فرآوری نشده ۲) سویا اکسترود شده (کنترل مثبت) ۳) کنجاله سویا محافظت شده با روغن ماهی کلسیمی ۴) کنجاله سویا محافظت شده با نمک کلسیمی اسیدهای چرب ۵) کنجاله سویا محافظت شده با چربی اشباع بودند. ترکیب شیمیایی سویا اکسترود شده و کنجاله‌های سویا محافظت شده در جدول ۳ نشان داده شده است. طول مدت آزمایش به‌مدت ۳۲ روز بود که تا ۱۸ روزگی به عنوان عادت‌دهی به جیره‌های آزمایشی در نظر گرفته شد. قابلیت هضم مواد مغذی با جمع‌آوری مدفوع از رکتوم در سه روز پایانی انجام شد نمونه‌های مدفوع در دو نوبت صبح و عصر از راست روده جمع‌آوری و قابلیت هضم با استفاده از خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان نشانگر اندازه‌گیری شد. بلافاصله بعد از نمونه‌گیری از مدفوع، نمونه‌ها تا زمان تجزیه شیمیایی در فریزر (منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت.

جدول ۳- ترکیب شیمیایی سویا اکسترود شده و کنجاله‌های سویا محافظت شده (بر اساس ماده خشک)

Table 3. Chemical composition of the full fat soybean and protected soybean meal (dry matter basis)

	سویا اکسترود شده	سویا- امگا۳	سویا- کلسیمی	سویا- اشباع
ماده خشک (٪)	۸۹/۳۲	۹۲/۳۵	۹۱/۴۲	۹۲/۱۲
پروتئین (٪)	۳۷/۱۱	۱۹/۲۳	۱۹/۸۶	۲۰/۱۱
چربی (٪)	۱۹/۲۳	۵۸/۲۱	۵۷/۴۲	۶۰/۳۲
خاکستر (٪)	۵/۹۰	۸/۱۱	۸/۴۲	۵/۱۱
الیاف شوینده خنثی (٪)	۲۳/۱۳	۹/۷۲	۹/۵۴	۱۰/۱۱
اسیدهای چرب (٪ از کل اسیدهای چرب)				
C16:0	۱۱/۲۴	۲۱/۵۳	۲۴/۶۶	۳۴/۱۲
C16:1	۲/۱۳	۷/۸۱	۴/۲۵	--
C17:0	۰/۱۱	۲/۰۸	۰/۲۶	--
C17:1	--	۱/۲۱	--	--
C18:0	۴/۱۱	۵/۲۴	۸/۷۰	۵۶/۱۳
C18:1 cis-9	۱۹/۸۵	۲۸/۷۵	۳۷/۹۴	۷/۱۳
C18:1 trans 11	--	۱/۴۲	۰/۲۵	--
C18:2	۴۹/۵۲	۳/۹۷	۲۲/۱۵	۱/۲۴
C18:3	۷/۱۱	۳/۷۵	۲/۲۰	۱/۰۱
C18:4n-3	۰/۲۵	۲/۱۱	۰/۴۵	--
C20:00	--	۰/۷۸	۰/۲۳	--
C20:1cis	--	۱/۰۳	--	--
C20:4n-3	--	۰/۹۶	--	--
C20:4n-6	--	۱/۱۱	--	--
C20:5n-3	--	۸/۱۷	--	--
C22:1 cis	--	۰/۳۴	--	--
C22:5n-3	--	۱/۷۴	--	--
C22:6n-3	--	۱۰/۵۲	--	--

جیره دام‌ها با نرم‌افزار Amino cow و بر اساس NRC (۲۰۰۱) تنظیم شده و به‌صورت کاملاً مخلوط شده در دو وعده (صبح و ظهر) به گاوها داده شد. ترکیب مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۴ نشان داده شده است.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

جدول ۴- ترکیب مواد خوراکی (گرم در کیلوگرم) و ترکیب شیمیایی (درصد از ماده خشک یا واحد بیان شده) جیره‌های آزمایشی
Table 4. Experimental diet ingredients (gr/kg) and chemical composition (% of DM)

	شاهد	فول فت	امگا ۳	کلسیمی	اشباع
ذرت	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
جو	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
کنجاله سویا	۲۰۹	۱۷۸	۱۶۹	۱۶۹	۱۷۶
کنجاله کلزا	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
پودر گوشت	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
پنبه دانه	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
پودر چربی اشباع	۳۰	۲۵	۰	۰	۰
سبوس گندم	۱۷	۱۸	۲۶	۲۶	۱۱
کربنات کلسیم	۱۰	۱۰	۲	۲	۱۰
جوش شیرین	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
نمک	۵	۵	۵	۵	۵
اکسید منیزیم	۴	۴	۴	۴	۴
بنتونیت	۵	۵	۵	۵	۵
مکمل	۶	۶	۶	۶	۶
فول فت	۰	۳۵	۰	۰	۰
کنجاله سویا – امگا ۳	۰	۰	۶۹	۰	۰
کنجاله سویا – کلسیمی	۰	۰	۰	۶۹	۰
کنجاله سویا – اشباع	۰	۰	۰	۰	۶۹
ترکیب شیمیایی					
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم)	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰
پروتئین خام (درصد)	۱۹/۷۷	۱۹/۷۷	۱۹/۷۷	۱۹/۷۷	۱۹/۷۷
پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه (درصد)	۲۹/۹	۲۹/۹	۲۹/۹	۲۹/۹	۲۹/۹
چربی خام(درصد)	۶/۵	۶/۶۰	۷/۲۰	۷/۲۰	۷/۲۰
کلسیم (درصد)	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۶
فسفر (درصد)	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۸

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش توسط نرم افزار SAS با استفاده از رویه GLM در قالب یک طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت که از مدل آماری (۱) در این مطالعه استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون توکی و در سطح احتمال ۰/۰۵ خطا با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند.

$Y:\mu + T_i + A_j + TA_{ij} + E_{ij}$ (رابطه ۱)

که در این مدل Y: متغیر وابسته، μ: میانگین کل، T_i: اثر تیمار، A_j: عامل تصادفی حیوان، TA_{ij}: اثر متقابل حیوان و تیمار و E_{ij}: اثر خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

آزمایش درون‌تنی

گوارش‌پذیری پروتئین تیمارهای مختلف در شکمبه، روده و کل دستگاه گوارش در جدول ۵ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری در تجزیه‌پذیری پروتئین شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای بین تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد مشاهده شد، به گونه‌ای که میزان تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه و قابلیت هضم در روده در تمام تیمارهای آزمایشی کنجاله‌های سویا و کلزا نسبت به تیمار شاهد آن‌ها به‌ترتیب کمترین و بیشترین بود ($p<0.0001$). کمترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین شکمبه‌ای در ساعت ۱۶ انکوباسیون در بین تیمارهای آزمایشی کنجاله سویا مربوط به تیمارهای کنجاله سویا با چربی اشباع (۵۳/۹ درصد) و محافظت شده با چربی کلسیمی (۵۸/۷ درصد) بود ($p<0.0001$) در حالی که بیشترین میزان مربوط به کنجاله سویا محافظت نشده (۷۹/۳ درصد) بود ($p<0.0001$). از طرف دیگر، در بین تیمارهای کنجاله کلزا، کمترین و بیشترین میزان تجزیه‌پذیری پروتئین شکمبه‌ای به‌ترتیب در تیمار محافظت شده با چربی کلسیمی (۲۶/۵ درصد) و تیمار محافظت نشده (شاهد) (۷۰/۳ درصد) مشاهده گردید ($p<0.0001$). نتایج این آزمایش کاهش حداقل ۱۵ درصدی و هفت درصدی تجزیه‌پذیری پروتئین شکمبه‌ای را به ترتیب در تیمارهای آزمایشی کنجاله سویا و کلزا نشان داد به گونه‌ای که کاهش تجزیه‌پذیری در تیمارهای آزمایشی کنجاله کلزا نسبت به کنجاله سویا بیشتر بود. داده‌های این مطالعه نشان می‌دهد که محافظت با منابع چربی مختلف به‌خوبی صورت پذیرفته و چربی از تجزیه‌شدن منابع پروتئینی در شکمبه توسط میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کرده است. با توجه به اینکه میکروارگانیسم‌های شکمبه توانایی شکستن زنجیره کربنی اسیدهای چرب موجود در خوراک را ندارند (۱۶) لذا وجود چربی در اطراف ذرات پروتئینی باعث بیشتر شدن میزان پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه می‌شود. در راستای پژوهش حاضر، نشان داده شد، پوشش‌دار کردن کنجاله سویا با چربی اشباع سبب ایجاد مقادیر بالاتری از پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه در مقایسه با کنجاله سویای فاقد پوشش شد به گونه‌ای که سطوح ۴۰ و ۵۰ درصد چربی اشباع به‌ترتیب سبب افزایش بیشتر پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه به‌میزان ۲۵ و ۴۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد (۲۱). مطالعه‌ی نیا و اینگالز (۱۴) نشان داد که محافظت کنجاله کلزا در شکمبه با چربی کلسیمی یا اشباع موجب کاهش ۳۱ درصدی قابلیت هضم شکمبه‌ای شد (۱۴).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

در بین تیمارهای کنجاله سویا کمترین و بیشترین گوارش‌پذیری روده‌ای به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۸۱/۳ درصد) و تیمار سویا محافظت شده با چربی کلسیمی (۹۴/۵ درصد) و اشباع (۹۳/۳ درصد) بود (p<0.0001). همچنین کمترین میزان گوارش‌پذیری روده‌ای در بین تیمارهای کلزا مربوط به تیمار کنجاله کلزا محافظت نشده با میانگین ۷۸/۷ درصد بود (p<0.0001)، در حالی که تیمار کلزا محافظت شده با امگا۳ و چربی کلسیمی به‌ترتیب با میانگین ۹۴/۴ و ۹۳/۱ درصد بیشترین میزان قابلیت هضم روده‌ای را نشان دادند (p<0.0001). می‌توان نتیجه گرفت که به‌دلیل بالا بودن میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای در تیمارهای شاهد بخش غیرقابل هضم‌تری از پروتئین (بخش C) به روده رسیده و باعث کاهش قابلیت هضم روده‌ای شده است. در راستای نتایج قابلیت هضم پروتئین در روده نشان داده شده است که فرآوری کنجاله کلزا با حرارت با نتایج مطالعه‌ی نیا و اینگالز (۱۴) سازگار است. همچنین بیان شده است که کنجاله سویا فرآوری شده با حرارت نیز به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم روده‌ای را افزایش داد (۱۵).

با این حال، قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش در بین تیمارهای سویا تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در بین تیمارهای کلزا، تیمار محافظت شده با چربی امگا۳ و چربی کلسیمی قابلیت هضم را در مقایسه با تیمار محافظت شده با چربی اشباع به‌طور معنی‌داری بهبود بخشیدند (p=0.009)، اگرچه تنها تیمار امگا۳ با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. چنین افزایشی در قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش احتمالا به‌دلیل اثر حرارت بر پروتئین کلزا در فرآیند ساخت ترکیبات عبوری است.

نتایج قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش با نتایج نیا و اینگالز (۱۴) هم‌خوانی داشت، آنها بیان کردند که قابلیت هضم پروتئین در بین تیمارهای محافظت شده و نشده کنجاله سویا تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در گوارش‌پذیری پروتئین در کل دستگاه گوارش بین تیمارهای کنجاله کلزا اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (۱۴). اگرچه وطن‌دوست و همکاران (۲۵) مشاهده کردند که افزودن روغن در سطوح مختلف بر کنجاله سویا و کلزا اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش نداشت (۲۵).

جدول ۵- میانگین قابلیت هضم پروتئین منابع مختلف پروتئین محافظت شده در شکمبه و روده و در کل دستگاه گوارش

Table 5. Mean of protein digestibility of various source of protected protein in rumen, small intestine and total tract

		تیمار				انحراف معیار استاندارد	سطح معنی‌داری
		شاهد	محافظت شده با چربی امگا۳	محافظت شده با چربی کلسیمی	محافظت شده با چربی اشباع		
قابلیت هضم شکمبه‌ای	کنجاله سویا	۷۹/۳۰^{a}	۶۳/۶۳^{b}	۵۸/۷۳^{bc}	۵۳/۹۳^{c}	۲/۵۹	۰/۰۰۰۶
	کنجاله کلزا	۷۰/۳۰^{a}	۴۴/۴۰^{c}	۲۶/۵۰^{d}	۶۳/۱۶^{b}	۱/۷۹	۰/۰۰۰۱
قابلیت هضم روده‌ای	کنجاله سویا	۸۱/۳۵^{c}	۹۱/۹۰^{b}	۹۴/۵۵^{a}	۹۳/۳۳^{ab}	۰/۴۹	۰/۰۰۰۱
	کنجاله کلزا	۷۸/۷۳^{c}	۹۴/۴۶^{a}	۹۳/۱۶^{a}	۸۲/۵۰^{b}	۰/۷۳	۰/۰۰۰۱
قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش	کنجاله سویا	۹۶/۲۰	۹۶/۹۳	۹۷/۷۰	۹۷/۰۶	۰/۶۴	۰/۴۸۱
	کنجاله کلزا	۹۳/۷۰^{bc}	۹۶/۹۵^{a}	۹۵/۷۰^{ab}	۹۳/۱۳^{c}	۰/۶۳	۰/۰۰۹

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (۰/۰۵ >p).

نتایج قابلیت هضم ماده خشک تیمارهای مختلف در جدول ۶ آورده شده است. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در تمامی تیمارهای کنجاله سویا و کنجاله کلزا محافظت شده نسبت به تیمارهای شاهد خود کاهش معنی‌داری یافت (p<0.0001). در کنجاله سویا کمترین میزان تجزیه‌پذیری ماده خشک شکمبه‌ای مربوط به تیمار محافظت شده با چربی کلسیمی با میانگین ۱۴/۴ درصد بود (p<0.0001). در مقایسه تیمارهای کلزا کمترین میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای مربوط به کنجاله کلزای محافظت شده با چربی کلسیمی و همچنین امگا۳ بود (p<0.0001). این نتایج به گونه‌ای بود که تقریباً به‌ترتیب به‌میزان ۶۸ و ۴۶ درصد موجب کاهش تجزیه‌پذیری ماده خشک در کنجاله سویا و کلزا شد. قابلیت هضم شکمبه‌ای ماده خشک نیز در کنجاله کلزا فرآوری شده با حرارت به‌مدت ۳۰ دقیقه در حدود ۳۰ درصد کاهش یافت (۱۴). صحرایی و همکاران (۲۱) با استفاده از چربی اشباع به‌عنوان عامل پوشش کنجاله سویا، کاهش میزان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک را مشاهده کردند (۲۱).

کمترین قابلیت هضم روده‌ای مربوط به تیمار شاهد کنجاله سویا و کلزا بود (به‌ترتیب ۵۵/۲ و ۲۸/۸ درصد) (p<0.0001). در مرحله روده‌ای نیز تیمارهای کنجاله سویا و کلزا محافظت شده با منابع مختلف چربی نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را در قابلیت هضم ماده خشک نشان دادند (p<0.0001). ترکیب هر یک از دو کنجاله سویا و کلزا با سه منبع چربی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را در قابلیت هضم ماده خشک روده‌ای نشان ندادند. کاهش تجزیه‌پذیری در شکمبه و افزایش قابلیت هضم در روده نشان‌دهنده فرآیند مناسب محافظت‌کنندگی از کنجاله‌ها توسط چربی بوده است. همچنین گزارش شده است که قابلیت هضم پس شکمبه‌ای ماده خشک در کنجاله سویا محافظت شده با چربی کلسیمی و اشباع افزایش یافت (۱۳).

از نظر آماری قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش در بین تمام تیمارهای کنجاله سویا تفاوت نداشت اما در بین تیمارهای کنجاله کلزا، تیمارهای محافظت شده با چربی نسبت به گروه شاهد قابلیت هضم بالاتری را نشان دادند که در این بین اختلاف تیمار محافظت شده با امگا۳ نسبت به تیمار شاهد معنی‌داری بود (p=0.03). دلیل افزایش قابلیت هضم می‌تواند احتمالاً ناشی از تفاوت نوع فرآوری تیمارهای کلزا نسبت به سویا و اثر دما بر روی آن باشد. نتایج قابلیت هضم ماده خشک، نتایج مربوط به قابلیت هضم پروتئین را تأیید کردند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

نتایج مطالعه حاضر با دیگر نتایج هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که گزارش شده است که استفاده از چربی کلسیمی می‌تواند موجب کاهش تخریب پروتئین در شکمبه و افزایش تأمین پروتئین مصرفی غیرقابل هضم شود (۲۲). همچنین صابون کلسیمی به‌منظور پوشش‌دار کردن پروتئین منجر به حداکثر کردن فراهمی پروتئین و افزایش نرخ غلظت انرژی در گاوهای شیری شد (۲۳). مطالعه پالیزدار و همکاران نیز نشان داد کنجاله سویا پوشش‌دار شده با چربی موجب محافظت آن در برابر تخمیر میکروبی شکمبه، کاهش قابلیت هضم ماده آلی و تولید گاز است که با کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کنجاله‌های پروتئینی در این پژوهش مطابقت دارد (۱۷). نتایج مطالعه دیگر نشان داد که پودر ماهی ترکیب شده با چربی موجب کاهش قابلیت هضم ماده آلی و تولید گاز در طی انکوباسیون برون‌تنی شد (۱۸).

جدول ۶- میانگین قابلیت هضم ماده خشک منابع مختلف پروتئین محافظت شده در شکمبه و روده و در کل دستگاه گوارش

Table 6. Mean of dry matter digestibility of various source of protected protein in rumen, small intestine and total tract

		تیمار				انحراف معیار استاندارد	سطح معنی‌داری
		شاهد	محافظت شده با چربی امگا۳	محافظت شده با چربی کلسیمی	محافظت شده با چربی اشباع		
قابلیت هضم شکمبه‌ای	کنجاله سویا	۸۳/۲۲^{a}	۲۲/۳۷^{c}	۱۴/۴۳^{d}	۴۲/۷۱^{b}	۰/۳۴	۰/۰۰۰۱
	کنجاله کلزا	۶۴/۲۹^{a}	۲۰/۰۵^{c}	۱۸/۵۰^{c}	۴۲/۴۶^{b}	۱/۴۴	۰/۰۰۰۱
قابلیت هضم روده‌ای	کنجاله سویا	۵۲/۲۸^{b}	۸۶/۳۳^{a}	۸۸/۸۱^{a}	۸۷/۱۰^{a}	۲/۰۵	۰/۰۰۰۱
	کنجاله کلزا	۲۸/۸۴^{b}	۸۱/۴۵^{a}	۷۹/۹۰^{a}	۷۰/۰۳^{a}	۴/۲۱	۰/۰۰۰۱
قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش	کنجاله سویا	۹۲/۵۲	۸۹/۳۶	۹۰/۴۰	۹۲/۵۷	۱/۳۸	۰/۳۲۷
	کنجاله کلزا	۷۴/۵۸^{b}	۸۵/۰۹^{a}	۸۳/۶۲^{ab}	۸۲/۷۳^{ab}	۳/۴۷	۰/۰۹۶

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p< ۰/۰۵).

آزمایش برون‌تنی

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش در مرحله مزرعه‌ای تحت تاثیر تیمارهای کنجاله سویا کپسوله‌شده با منابع مختلف چربی قرار گرفت (جدول ۷) (p<۰/۰۵). گوارش‌پذیری ماده خشک، پروتئین، چربی در تیمار سویا کپسوله شده با چربی امگا۳ (۸۶/۲۲، ۸۶/۵۲ و ۹۳/۶۰ درصد) نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود (p<۰/۰۵)، با این حال با میانگین‌های تیمار سویا اکسترود شده اختلاف معنی‌داری نداشتند. قابلیت هضم ظاهری الیاف شوینده خنثی در تیمار سویا کپسوله‌شده با چربی اشباع در کمترین میزان نسبت به تیمارهای دیگر بود (p<۰/۰۵)، با این حال این اختلاف با میانگین تیمار سویا کلسیمی و گروه شاهد معنی‌دار نبود. افزایش قابلیت هضم در تیمار سویا محافظت شده با چربی امگا۳ می‌تواند به‌دلیل کاهش مصرف خوراک در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر باشد (کاهش سه تا چهار کیلوگرمی ماده خشک نسبت به دیگر تیمارها). با افزایش مصرف خوراک قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیری کاهش می‌یابد (۳،۱۶).

پروفایل اسیدهای چرب رسیده به دئودنوم عامل بسیار مهم در قابلیت هضم اسیدهای چرب هستند (۲۰). مشخص شده است که اگر میزان اسیداستئاریک رسیده به دئودنوم افزایش یابد قابلیت هضم اسید استئاریک به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. همچنین قابلیت هضم اسیداولئیک بالاتر از اسیدپالمیتیک و اسیداستئاریک است (۱). اسیداولئیک دارای خاصیت آمفی‌فیلیک (ترکیب شیمیایی که هم دارای خاصیت آب دوستی و هم چربی دوستی است) بوده که اثبات شده اسیداولئیک به‌خاطر این خاصیت تأثیر مثبتی بر روی انحلال‌پذیری میسلی اسیداستئاریک دارد (۲۶).

اسیدهای چرب غیر اشباع نسبت به اسیدهای چرب اشباع قابلیت هضم بالاتری دارند (۵،۲۶). هرچند در جیره شاهد و جیره فول‌فت سویا نیز از چربی اشباع استفاده شده است اما می‌توان گفت بالاتر بودن میزان این چربی در تیمار سویا-چربی اشباع (۷/۲ درصد) نسبت به این دو تیمار باعث کاهش میزان قابلیت هضم آن شده است. در یک مطالعه فراتحلیلی مشاهده شد که نمک کلسیمی اسیدهای چرب پالم تاثیری بر روی قابلیت هضم NDF نداشت هرچند مکمل اسیدهای چرب اشباع حاوی مخلوطی از اسیدهای چرب پالمیتیک و اسیداستئاریک باعث افزایش قابلیت هضم NDF شد با این وجود این محققان این افزایش هضم را مربوط به کاهش مصرف ماده خشک در این تیمار دانستند (۲۷).

جدول ۷- اثر تیمارهای حاوی سویا پوشش‌دار شده با منابع مختلف چربی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش

Table 7. effect of protected soybean meal with different fat sources on apparent digestibility of nutrient in total tract

مورد	تیمارهای آزمایشی					SEM	P value
	شاهد	سویا اکسترود شده	سویا-w_3	سویا-کلسیمی	سویا-اشباع		
ماده خشک	۸۱/۹۹^{c}	۸۵/۸۴^{ab}	۸۶/۲۲^{a}	۸۲/۳۷^{bc}	۷۷/۸۷^{d}	۰/۸۹	۰/۰۰۰۱
پروتئین	۸۲/۴۶^{bc}	۸۶/۱۲^{ab}	۸۶/۵۲^{a}	۸۲/۵۰^{bc}	۷۸/۴۱^{c}	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱
چربی	۹۱/۳۷^{bc}	۹۳/۱۳^{ab}	۹۳/۶۰^{a}	۹۰/۵^{c}	۸۶/۰۰^{d}	۰/۵۷	۰/۰۰۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۷/۴۵^{abc}	۷۳/۱۹^{ab}	۷۵/۴۸^{a}	۶۹/۲۶^{abc}	۶۳/۱۲^{c}	۲/۰۲	۰/۰۰۱

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p< ۰/۰۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

استفاده از چربی‌ها به‌عنوان پوشش محافظتی منابع پروتئینی می‌تواند باعث کاهش تجزیه‌پذیری منابع پروتئینی در شکمبه و افزایش قابلیت هضم پروتئین در روده شود که بر بهره‌وری بهتر از پروتئین و بهبود تولید گاوهای شیرده اثرگذار خواهد بود. همچنین نشان داده شد که محافظت کنجاله سویا با چربی اشباع و چربی کلسیمی نسبت به چربی امگا۳ و محافظت کنجاله کلزا با چربی کلسیمی و امگا۳ نسبت به چربی اشباع عملکرد بهتری داشتند. می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌دار کردن کنجاله‌های پروتئینی با چربی باعث انتقال هضم پروتئین از شکمبه به روده و در نتیجه افزایش بخش RUP کنجاله پروتئینی خواهد شد.

منابع

1. Boerman, J.P., J.L. Firkins, N.R. St-Pierre and A.L. Lock. 2015. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta regression. Journal of Dairy Science, 98: 8889-8903.
2. Coblenrz, W., J. Fritz, R.Cochran, W. Rooney and K. Bolsen. 1997. Protein degradation in response to spontaneous heating in alfalfa hay by in situ and ficin methods. Journal of Dairy Science, 80: 700-713.
3. De Souza, J., J.L. Garver, C.L. Preseault and A.L. Lock. 2017. Short communication: Effects of prill size of a palmitic acid-enriched fat supplement on the yield of milk and milk components, and nutrient digestibility of dairy cows. Journal of Dairy Science, 100: 379-384.
4. Fatahnia, F., S.G. Mosavi, E. Abdi and A. Shokri. 2014. Effect of roasting and extruding on nitrogen fractions and ruminal degradability of soybean seed protein. Research On Animal Production, 5(10): 84-97 (In Persian).
5. Firkins, J.L. and M.L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. Journal of Dairy Science, 77, 2357-2366.
6. Gargallo, S., S. Calsamiglia and A. Ferret. 2006. A modified three-step in vitro procedure to determine intestinal digestion of proteins. Journal of animal science, 84, 2163-2167.
7. Getachew, G., E. Depeters, P. Robinson and S. Taylor. 2001. In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn oil and their potassium soaps. Animal Feed Science and Technology, 93: 1-15.
8. Hedayati, A.K., Y. Chashnidel, M.D. Banadaky and A.T. Yansari. 2017. Effects of different processing of soaybean meal on ruminal degradability parameters and intestinal digestibility of crude protein and amino acids in Holstein cows. Iranian Journal of Animal Science, 48(3): 353-362 (In Persian).
9. Ipharraguerre, I., J. Clark and D. Freeman. 2005. Rumen fermentation and intestinal supply of nutrients in dairy cows fed rumen-protected soy products. Journal of dairy science, 88: 2879-2892.
10. Kamalak, A., O. Canbolat, Y. Gurbuz and O. Ozay. 2005. Protected protein and amino acids in ruminant nutrition. Journal of Science and Engineering, 8: 84-88.
11. Kang, S., M. Wanapat, P. Pakdee, R. Pilajun and A. Cherdthong. 2012. Effects of energy level and Leucaena leucocephala leaf meal as a protein source on rumen fermentation efficiency and digestibility in swamp buffalo. Animal Feed Science and Technology, 174: 131-139.
12. Kononoff, P.J., S. Ivan and T.J. Klopfenstein. 2007. Estimation of the proportion of feed protein digested in the small intestine of cattle consuming wet corn gluten feed. Journal of dairy science, 90: 2377-2385.
13. Manterola, H.B., D.A. Cerda and J.J. Mira. 2001. Protein degradability of soybean meal coated with different lipid substances and its effects on ruminal parameters when included in steer rations. Animal feed science and technology, 92: 249-257.
14. Nia, S.M. and J. Ingalls. 1992. Effect of heating on canola meal protein degradation in the rumen and digestion in the lower gastrointestinal tract of steers. Canadian journal of animal science, 72: 83-88.
15. Nowak, W., S. Michalak and S. Wylegala. 2005. In situ evaluation of ruminal degradability and intestinal digestibility of extruded soybeans. Czech Journal Animal Science, 50: 281-287.
16. NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
17. Palizdar, M., H. Amanlou, H.R. Mohammadian-Tabrizi and A. Mirhadi. 2012. Effects of soybean meal coated with fat on in vitro organic matter fermentation and gas production. Journal of Animal and Veterinary Advances, 11: 171-180.
18. Palizdar, M., H. Sadeghipanah, H. Amanlou, K. Nazer and A. Mirhadi. 2011. In vitro organic matter digestibility and gas production of fish-meal coated with fat. African Journal of Biotechnology, 10: 248-2555.
19. Perfield J., A. Lock, A. Peeiffer and D. Bauman. 2004. Effects of amide-protected and lipid-encapsulated conjugated linoleic acid (CLA) supplements on milk fat synthesis. Journal of Dairy Science, 87: 3010-3016.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

20. Rico, J.E., J. de Souza, M.S. Allen and A.L. Lock. 2017. Nutrient digestibility and milk production responses to increasing levels of palmitic acid supplementation vary in cows receiving diets with or without whole cottonseed. Journal of Animal Science, 95: 436-446.
21. Sahraei-belverdy, M., A. Alamouti and A.A. Khadem. 2018. The effect of rumen protection of soybean meal by fats and zeolite on ruminal degradability and intestina digestibility of protein. Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 123: 335-348 (In Persian).
22. Sklan, D. 1989. In vitro and in vivo rumen protection of proteins coated with calcium soaps of long-chain fatty acids. The Journal of Agricultural Science, 112: 79-83.
23. Sklan, D. and M.Tinsky. 1993. Production and reproduction responses by dairy cows fed varying undegradable protein coated with rumen bypass fat. Journal of dairy science, 76: 216-223.
24. Vanzant, E.S., R.C. Cochran and E.C. Titgemeyer. 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. Journal of animal science, 76: 2717-2729.
25. Vatandoost, M., M. Didarkhah and F. Jamili. 2020. The effect of different levels of soybean oil, soybean and canola meal onproduction performance, rumination activity and nutrient digestibility in holstein dairy cows. Research On Animal Production, 10(26): 38-47 (In Persian).
26. Weiss W.P. and D.J. Wyatt. 2004. Digestible energy values of diets with different fatsupplements when fed to lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 87: 1446-1454.
27. Weld, K.A. and L.E. Armentano. 2017. The effects of adding fat to diets of lactating dairy cows on total-tract neutral detergent fiber digestibility: A meta-analysis. Journal of Dairy Science, 100: 1766-1779.
28. Wu, Z., J. Bernard, R. Eggleston and T. Jenkins. 2012. Ruminal escape and intestinal digestibility of ruminally protected lysine supplements differing in oleic acid and lysine concentrations. Journal of Dairy Science, 95: 2680-2684.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]

Investigation of Ruminal Degradability and Intestinal Digestibility in Soybean and Canola Meals Coated with Different Fat Sources

Mohsen Ebrahimzadeh[1], Mehdi Ganjkhanlu[2], Mehdi Dehghan Benadaki[3], Abolfazl Zali[4] and Kamran Reza Yazdi[5]

1- Ph.D. Student, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran (Corresponding author: ganjkhanlou@ut.ac.ir)
2- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
3- Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
4- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
5- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
Received: 1 August, 2020 Accepted: 7 October, 2020

Abstract

The aim of this study was to evaluate the in vitro effect of coating soybean meal and canola meal with different fat sources on ruminal degradability and intestinal digestibility, as well as, the in vivo digestibility. For this purpose, calcium salt of omega-3, calcium salts of unsaturated fatty acids and prilled fat were used for coating. To determine ruminal degradability, three lactating Holsteins cows fitted with rumen fistulas were used and ruminal degradability and intestinal digestibility of dry matter and crude protein were measured. In the in vivo experiment, 40 Holstein cows were randomly assigned to five treatments (control, full fat soybean, soybean-omega3, soybean-ca salt and soybean-prilled fat). The results of the present study showed that coating soybean meal and canola meal with different fats reduced the degradability of dry matter and protein in the rumen and increased their digestibility in the intestine ($p < 0.0001$). It was also shown that protection of soybean meal with prilled fat and calcium salts of unsaturated fatty acids was better than omega 3, but coating of canola meal with calcium salt and omega 3 fats was better than prilled fat ($p < 0.05$). The results of in vitro experiment showed that omega-3 coated soybean meal had the highest digestibility ($p=0.009$). It can be concluded that coating protein meal with fat will transfer protein digestion from rumen to intestine and thus increase the RUP portion of protein meal.

Keywords: Coating, Calcium fat, Digestibility, Omega 3, Protein meal

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1399.11.30.16.8]
[DOI: 10.52547/rap.11.30.57]