نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۳، تابستان ۱۳۹۸
ص‌ص: ۳۳۵~۳۴۸

اثر پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی های اشباع و زئولیت بر تجزیه پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای در شرایط برون تنی

- **محسن صحرائی بلوردی**
دانشجوی دکتری تغذیه نشخوارکنندگان، گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- **علی اسدی الموتی**(نویسنده مسئول)
استادیار گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
- **علی اکبر خادم**
استاد گروه علوم دام و طیور، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت : تیر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : مهر ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۸۲۷۹۹۸
Email: a.alamouti@ut.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ asj.2018.121187.1665

چکیده

هدف از این آزمایش بررسی اثر پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی‌های اشباع و زئولیت بر حلالیت پروتئین، تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین در شکمبه و قابلیت هضم روده‌ای پروتئین بود. تیمارها شامل: ۱) کنجاله سویای محافظت نشده، ۲) کنجاله سویای پوشش دار شده با ٤٠ درصد چربی، ۳) کنجاله سویای پوشش دار شده با ۳۸ درصد چربی و ۲ درصد زئولیت، ٤) کنجاله سویای پوشش دار شده با ٥٠ درصد چربی، ٥) کنجاله سویای پوشش دار شده با ٤٨ درصد چربی و ۲ درصد زئولیت بود. تعیین پروتئین قابل تجزیه در شکمبه پس از ١٦ ساعت شکمبه گذاری با روش کیسه‌های نایلونی و اندازه‌گیری قابلیت هضم روده‌ای به روش آزمایشگاهی سه مرحله‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی سبب کاهش حلالیت پروتئین می‌شود (P=٠/٠٠٢). با افزایش میزان چربی در محصول، میزان تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین کاهش یافت (P<٠/٠٥). استفاده از ۲ درصد زئولیت به طور معنی‌داری سبب کاهش (P<٠/٠٥) تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه شد. قابلیت هضم روده‌ای پروتئین بین کنجاله سویای محافظت نشده و تیمارهای محافظت شده مشابه بود. به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی‌های اشباع باعث کاهش تجزیه پذیری شکمبه ای ماده خشک و پروتئین می‌شود و با افزودن زئولیت به پوشش چربی، پروتئین قابل تجزیه در شکمبه کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: پوشش دار کردن؛ کنجاله سویا؛ پالمیتیک اسید؛ زئولیت؛ پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 123 pp: 335-348

The effects of rumen protecting of soybean meal by fats and zeolite on ruminal degradability and intestinal digestibility of protein

By: Mohsen Sahraei Belverdy,[1] Ali A. Alamouti ,[2*] Ali Akbar Khadem ,[3]
[1]PhD Student, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
[2] Assistant professor, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
[3] Full professor, Department of Animal and Poultry Science, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
[*]Corresponding author. Email: a.alamouti@ut.ac.ir

Received: July 2018 **Accepted: October 2018**

This study evaluated the effects of coating of soybean meal (SMB) with the fat enriched in saturated fatty acid (SFA) and zeolite on protein solubility, rumen degradable dry matter (RDDM), rumen degradable protein (RDP) and intestinal digestibility of protein. Treatments were (1) SBM, (2) SBM protected with 40% SFA, (3) SBM protected with 38% SFA and 2% zeolite, (4) SBM protected with 50% SFA, (5) SBM protected with 48% SFA and 2% zeolite. To obtain the RDP fraction, samples were ruminally incubated for 16 h. The intestinal digestibility of crude protein was performed by three-step *in vitro* procedure. The results showed that protection of SBM with SFA reduced protein solubility compared with untreated SBM (P=0.002). The RDDM and RDP were decreased (P<0.05) with increasing fat level in the product. Using 2 % zeolite significantly decreased (P<0.05) RDP. There were no significant differences between SBM and SBM protected treatments in intestinal digestibility. It was concluded that protection of SBM with SFA decreased of RDDM and RDP, while RDP values showed more decrease with the inclusion of zeolite in the fat matrix.

Key words: Rumen Protecting; Soybean Meal; Palmitic Acid; Zeolite; Undegradable Protein.

مقدمه

گاوهای شیرده پرتولید علاوه بر پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه به مقادیر بیشتری از پروتئین باکیفیت نیازمندند (NRC[1], 2001). این بخش از پروتئین را می‌توان با افزایش میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه فراهم کرد. کنجاله سویای حاصل از روغن کشی با حلال از با کیفیت‌ترین منابع پروتئینی به شمار می‌رود و بخش قابل توجهی از نیتروژن آن جهت تأمین نیاز میکروارگانیسم‌های شکمبه مورد استفاده قرار می‌گیرد که با اتلاف قابل توجه نیتروژن همراه است (Tice و همکاران، 1993). پروتئین‌های سویا غنی از آمینو اسیدهای لیزین و هیستدین و از نظر متیونین دارای کمبود هستند (NRC, 2001). با توجه به اینکه این ترکیبات در جیره گاوهای شیرده پرتولید جزء آمینو اسیدهای محدود کننده به شمار می‌روند (Lee و همکاران، 2012؛ Giallongo و همکاران، 2016)، لذا تجزیه پذیری بالا توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه سبب کاهش ارزش کنجاله سویا برای تأمین آمینو اسیدهای مورد نیاز حیوان می‌شود. در نتیجه، ارزش بالای پروتئین سویا و همچنین نیاز دام‌های پرتولید به منابع پروتئین عبوری با کیفیت سبب گسترش چندین روش مختلف شیمیایی و فیزیکی جهت کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین‌های کنجاله سویا در شکمبه شده است.

فرآوری کنجاله سویا با حرارت و استفاده همزمان از حرارت و

قندهای احیاء کننده نمونه‌هایی از متداول‌ترین فرآیندهای شیمیایی هستند (Ipharraguerre and Clark, 2005). کاهش تجزیه پذیری پروتئین در این روش‌ها به وقوع واکنش میلارد بین گروه‌های آلدهیدی قندها و گروه‌های آزاد آمینواسیدها نسبت داده می شودکه منجر به ایجاد کمپلکس قند-آمین می گردد (Van Soest, 1982). بر خلاف فرآوری شیمیایی، در فرآوری فیزیکی معمولاً هیچ گونه واکنشی شیمیایی رخ نمی‌دهد (Broderick و همکاران، 1991). پوشش‌دار کردن منابع پروتئینی با چربی یکی از روش‌های فیزیکی به منظور افزایش پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه به شمار می‌رود. چندین مطالعه از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب برای کاهش حلالیت پروتئین و افزایش میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه استفاده کرده اند (Kowalski و همکاران، 1997؛ Rossi و همکاران، 1999). از معایب این روش می‌توان به وجود مقادیر بالای کلسیم در محصول اشاره کرد که سبب کاهش غلظت انرژی محصول نهایی می‌شود (Kowalski و همکاران، 1997). علاوه بر این، اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در نمک‌های کلسیمی تحت pH پایین در محیط شکمبه، از یون کلسیم جدا می شوند که دارای اثرات سمی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. (Harvatine and Allen, 2006). پوشش دار کردن فرآیندی است که در آن ماده هسته‌ای با حالت جامد، مایع یا گاز توسط پوشش خنثی احاطه می‌شود. طبق تعریف ذرات با اندازه کمتر از ۱۰۰۰ میکرومتر به عنوان ربز ذره، ریز کپسول یا میکروسفر نام گذاری می‌شوند (Ghosh, 2006). نشان داده شده است که در فرآیند پوشش دار کردن آمینو اسیدها و ویتامین-ها، افزودن ترکیبات جاذب به ماتریکس چربی سبب بهبود بازده پوشش‌دار کردن محصول می‌شود. زئولیت‌ها ترکیباتی کریستاله و جامدات منفذدار بر پایه سیلیکا هستند که به طور وسیعی به عنوان ترکیبات جاذب و تبادله‌گر یون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wright and Lozinska, 2011). از نظر تئوریکی، ترکیبات جاذب حاوی منافذی هستند که قادر به جذب مایعات بوده و می‌تواند تجزیه پذیری عامل هسته‌ای را در شکمبه به تأخیر بیندازند (Chander, 1996).

فرض ما این بود که پوشش دار کردن کنجاله سویا با مخلوطی از چربی های اشباع به همراه زئولیت می تواند سبب افزایش پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه شود. بنابراین، هدف از انجام آزمایش حاضر بررسی تأثیر پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی غنی از اسیدهای چرب اشباع و زئولیت بر خصوصیات فیزیکی محصول، حلالیت در بافر خنثی، تجزیه پذیری شکمبه‌ای و قابلیت هضم روده‌ای پروتئین در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها

به منظور پوشش دار کردن کنجاله سویا از مکمل چربی غنی از اسیدهای چرب اشباع (Energizer RP-10, IFFCO, Johor, Malaysia) و زئولیت (آنزیمیت، افرند توسکا، تهران، ایران) استفاده شد. پروفایل اسیدهای چرب موجود در منبع چربی مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. کنجاله سویای مورد استفاده در آزمایش از منابع داخل کشور (بهپاک، مازندران، ایران) تهیه گردید که با روش حلال روغن کشی شده بود. تیمارها شامل:۱) کنجاله سویای فاقد پوشش، ۲) تیمار حاوی کنجاله سویا و چربی به نسبت ۶۰:۴۰، ۳) تیمار حاوی کنجاله سویا، چربی و زئولیت به نسبت ۶۰:۳۸:۲، ۴) تیمار حاوی کنجاله سویا و چربی به نسبت ۵۰:۵۰، ۵) تیمار حاوی کنجاله سویا، چربی و زئولیت به نسبت ۵۰:۴۸:۲، بود. در فرآیند ساخت نمونه ها ابتدا چربی تا دمای ۹۰ درجه سانتیگراد گرم شده و ذوب گردید. سپس، مخلوط کنجاله سویا و زئولیت به تدریج به چربی ذوب شده اضافه شد و توسط همزن (Kenwood, HM320, China) با سرعت۱۴۰۰ دور در دقیقه در مدت زمان ۱۰ دقیقه فرآیند دیسپرسیون[۲] انجام شد. دیسپرسیون جزء روش‌های رایج در ریزپوشانی است که منجر به تشکیل میکروسفر با ساختار ماتریکسی می‌شود. در اینجا منظور فرآیندی است که طی آن فاز هسته‌ای جامد شامل کنجاله سویا در فاز روغن به صورت پراکنده در می‌آید و عمل پوشش دار کردن انجام می‌شود. در مرحله بعدی، مخلوط همگن سرد شد و برای انجام آزمایش های بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- پروفایل اسیدهای چرب موجودر در پودر چربی مورد استفاده به منظور پوشش دار کردن کنجاله سویا

نوع اسید چرب	درصد اسید چرب
C۱۲:۰	۰/۱۹
C۱۴:۰	۲/۱۳
C۱۴:۱	شناسایی نشده
C۱۵:۰	شناسایی نشده
C۱۵:۱	شناسایی نشده
C۱۶:۰	۸۸/۰۴
C۱۶:۱	۰/۲۲
C۱۷:۰	۰/۱۲
C۱۷:۱	۰/۰۴
C۱۸:۰	۱/۷۳
ترانس C۱۸:۱	۰/۰۳
سیس C۱۸:۱	۶/۲۶
ترانس C۱۸:۲	۰/۰۴
سیس C۱۸:۲	۱/۲
ترانس C۱۸:۳	شناسایی نشده
سیس C۱۸:۳	شناسایی نشده
سایر	۰/۰۱
مجموع	۱۰۰

تعیین خصوصیات فیزیکی

میزان ۱۰۰ گرم از هر یک از چهار تیمار ساخته شده به همراه کنجاله سویای بدون پوشش با سه تکرار روی الک بالایی مجموعه‌ای از الک‌ها (الک دماوند، تهران، ایران) که به ترتیب قطر منفذ الک از بزرگتر به کوچکتر چیده شده بود، ریخته شد. اندازه منفذ الک‌های مورد استفاده به ترتیب ۹۰۰، ۶۰۰، ۳۰۰، ۱۵۰ و ۴۰ میکرومتر بود. مجموعه الک‌ها به مدت ۱۰ دقیقه روی دستگاه شیکر قرار داده شد. نهایتاً وزن توده باقی‌مانده روی هر الک ثبت شد. میانگین هندسی اندازه ذرات نمونه و انحراف استاندارد هندسی اندازه ذرات محاسبه شد (ASAE, 2003). چگالی حجمی نمونه‌ها توسط روش شرح داده شده توسط Mania و همکاران (2004) اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمایش، نمونه با ۳ تکرار توسط قیف شیشه‌ای به داخل استوانه مدرج اضافه گردید و به تدریج کل فضای استوانه پر شد. سپس وزن نمونه اندازه‌گیری شد و با دانستن حجم استوانه، چگالی نمونه بر حسب kg/m^{-3} محاسبه گردید.

تعیین خصوصیات شیمیایی

حلالیت ماده خشک و پروتئین خام با انکوباسیون یک گرم از هر یک از پنج تیمار فوق با سه تکرار در بافر بورات-فسفات به مدت ۲۴ ساعت تحت دمای ۳۹ درجه سانتیگراد تعیین شد (Krishnamoorty و همکاران، 1983). در پایان انکوباسیون، بخش نامحلول در بافر روی کاغذ صافی واتمن (شماره ۴۴) جمع آوری و در آون با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شد. اندازهِ‌گیری نیتروژن توسط روش کلدال صورت گرفت.

انکوباسیون شکمبه ای

از ۳ رأس گوسفند نر نژاد زندی مجهز به فیستولای شکمبه‌ای با میانگین وزنی ۲/۶±۵۶/۴ کیلوگرم به منظور تعیین تجزیه پذیری شکمبه ای تیمارهای تحت آزمون استفاده شد. تمام مراحل آزمایش مورد تأیید کمیته مراقبت از حیوانات دانشگاه تهران قرار گرفت. کلیه دام ها در قفس‌های متابولیکی انفرادی نگهداری و با جیره کاملاً مخلوط به میزان ۵۰ گرم ماده خشک به ازای هر کیلوگرم وزن متابولیکی بدن به منظور تأمین انرژی مورد نیاز نگهداری در دو وعده صبح و عصرتغذیه می شدند (NRC, 2007). مدت یک هفته دوره عادت‌پذیری به جیره غذایی و شرایط قفس در نظر گرفته شد. جیره گوسفندان بر اساس جداول احتیاجات تغذیه‌ای NRC (2007) با نسبت علوفه به کنسانتره ۷۰ به ۳۰ تنظیم شد. مواد خوراکی مورد استفاده و آنالیز شیمیایی جیره آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. در طول دوره آزمایش آب تمیز و کافی در اختیار دام ها قرار گرفت.

جدول ۲- اجزاء و ترکیب شیمیایی جیره غذایی پایه گوسفندان تحت آزمون

مواد خوراکی	مقدار
اجزاء جیره (٪ ماده خشک)	
یونجه خشک	۵۰
کاه گندم	۲۰
دانه جو آسیاب شده	۲۰
دانه ذرت آسیاب شده	۹/۲۵
مکمل معدنی-ویتامینی[1]	۰/۵
نمک	۰/۲۵
ترکیب شیمیایی[2]	
ماده خشک (٪ وزن تر)	۸۹/۴۰
انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری/ کیلوگرم)	۲/۲۴
پروتئین خام (٪ ماده خشک)	۱۱/۳۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (٪ ماده خشک)	۴۷/۲۵
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (٪ ماده خشک)	۳۲/۴۲
عصاره اتری (٪ ماده خشک)	۲/۲۰
کلسیم (٪ ماده خشک)	۰/۶۳
فسفر (٪ ماده خشک)	۰/۳۰

۱-در هر کیلوگرم مکمل: ۴۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۵۰ گرم کلسیم، ۳۰ گرم فسفر، ۳۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۴۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۴۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۵۰ میلی‌گرم ید، ۱۵ میلی‌گرم کبالت و ۵۰۰ میلی‌گرم آنتی اکسیدان

۲-مقادیر ترکیب شیمیایی به‌صورت محاسباتی هستند (NRC, 2007)

مقدار سه گرم از هر یک از تیمارهای های تحت آزمون با دو تکرار به مدت ۱۶ ساعت برای هر گوسفند شکمبه گذاری شد. انتخاب این مدت زمان به دلیل میانگین زمان ماندگاری ۱۶ ساعت در شکمبه برای کنجاله‌های پروتئینی بود (Calsamiglia و Stern، 1995). کیسه‌های مورد استفاده از جنس پلی استر و در ابعاد ۱۴×۷ سانتیمتر با قطر منافذ ۴۰ میکرومتر بود. تمامی کیسه‌ها در ساعت ۵ عصر و قبل از خوراک دهی در شکمبه قرار داده شدند. پس از طی شدن مدت انکوباسیون، کیسه‌های حاوی نمونه از شکمبه خارج و توسط جریان آب سرد تا زمان خروج آب زلال و شفاف از کیسه‌ها شستشو و پس از خشک شدن در آون در درجه حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت توزین شدند. بخش‌های ماده خشک و پروتئین تجزیه پذیر با توجه به اختلاف مقدار ماده خشک و پروتئین خام نمونه‌ها قبل و بعد از انکوباسیون در شکمبه محاسبه شد (Wu و همکاران، 2012).

تعیین قابلیت هضم روده‌ای پروتئین

قابلیت هضم روده‌ای پروتئین کنجاله سویای فاقد پوشش و چهار تیمار کنجاله سویای پوشش دار با روش Calsamiglia و Stern (1995) بدون پیش انکوباسیون نمونه‌ها در شکمبه انجام شد. دلیل عدم پیش انکوباسیون نمونه‌ها این بود که نتایج تحقیقات مختلف نشان دادند که انکوباسیون کنجاله‌ی سویا تا زمان ۱۶ ساعت در شکمبه در مقایسه با عدم انکوباسیون آن اختلافی در قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام ایجاد ننمود (Calsamiglia و Stern، 1995؛ Gargallo و همکاران، 2006). به این منظور هر یک از تیمارها به میزان ۱۵ میلی‌گرم نیتروژن با سه تکرار به داخل لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. همچنین از دو عدد لوله به منظور تصحیح سهم نیتروژن با منشأ آنزیمی استفاده شد. مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول پپسین-هیدروکلریک اسید (میزان یک گرم پپسین در یک لیتر اسید کلریک ۰/۱ نرمال حل شد) به هر یک از لوله‌ها افزوده شد. سپس هر یک از لوله‌ها ورتکس شده و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۳۹ درجه سانتیگراد انکوبه گردید. پس از انکوباسیون، نیم میلی‌لیتر از محلول سدیم هیدروکسید یک نرمال به هر یک از لوله‌ها افزوده و مجدداً ورتکس شد. در ادامه ۱۳/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات-پانکراتین به دورن هر لوله افزوده شد. لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در حمام آب گرم نگهداری شدند. پس از پایان انکوباسیون، میزان سه میلی‌لیتر از محلول تری کلرو استیک اسید به منظور متوقف نمودن فعالیت آنزیمی و رسوب بخش پروتئین هضم نشده به داخل هر لوله اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. در مرحله بعدی، مایع رویی توسط سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه، جداسازی و به منظور اندازه‌گیری نیتروژن محلول تجزیه شیمیایی شد.

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها توسط رویه‌ی GLM نرم افزار SAS (2002) انجام شد. برای این منظور آنالیز صفات مربوط به خصوصیت فیزیکی و شیمیایی، محلولیت در بافر بورات-فسفات و قابلیت هضم روده‌ای پروتئین در شرایط آزمایشگاهی در قالب طرح کاملاً تصادفی و بصورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ انجام شد. مدل آماری شامل سطح چربی، سطح زئولیت، اثر متقابل سطح چربی × سطح زئولیت بود. در مورد فراسنجه‌های شکمبه‌ای، تجزیه پذیری ماده خشک و پروتئین، اثر حیوان به عنوان اثر تصادفی وارد مدل شد. همچنین از مقایسات متعامد به منظور ارزیابی تأثیر کنجاله سویای فاقد پوشش در مقایسه با نمونه‌های کنجاله سویای پوشش دار روی صفات مختلف انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون توکی صورت گرفت. مقادیر $P<0/05$ معنی‌دار و $0/05 \leq P \leq 0/10$ بصورت تمایل به معنی-داری در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی

خصوصیات فیزیکی کنجاله سویای فرآوری نشده و نمونه‌های محافظت شده کنجاله سویا در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی های اشباع و زئولیت در مقایسه با کنجاله سویای فاقد پوشش سبب افزایش وزن نمونه باقی مانده روی الک‌های با قطر منفذ ۹۰۰ و ۶۰۰ میکرومتر شد اما مقدار ذرات باقی مانده روی الک‌های با اندازه منفذ ۱۵۰و ۴۰ میکرومتر و سینی پایینی را کاهش داد ($P<0/001$). میانگین هندسی اندازه ذرات در تیمار کنجاله سویا بدون پوشینه ۲۵۳ میکرومتر و برای تیمارهای پوشینه‌دار شده در محدود ۳۷۸ تا ۴۸۸ میکرومتر بود. در این زمینه محافظت کنجاله سویا با چربی منجر به

افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۰۱) میانگین هندسی اندازه ذرات در مقایسه با کنجاله سویای عمل آوری نشده شد و با افزایش سطح چربی در ماتریکس از ۴۰ به ۵۰ درصد این افزایش بیشتر شد (P<۰/۰۰۱). اگرچه افزودن زئولیت به پوشش چربی سبب کاهش معنی‌دار (P=۰/۰۰۱) میانگین هندسی اندازه ذرات شد. بیشترین میزان چگالی حجمی مربوط به کنجاله سویای فاقد پوشش بود و مقایسات متعامد نشان داد که پوشش دار کردن کنجاله سویا سبب کاهش معنی‌دار(P<۰/۰۰۱) چگالی حجمی شد. بر مبنای نتایج آزمایش فاکتوریل اثر سطح چربی روی چگالی حجمی معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱)، به طوری که سطح ۵۰ درصد چربی در مقایسه با سطح ۴۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار (P<۰/۰۰۱) چگالی حجمی محصول شد. با این وجود، اختلاف معنی داری بین سطوح ۰ و ۲ درصد زئولیت برای چگالی حجمی مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، اندازه ذرات کنجاله سویا در محدوده استاندارد به منظور آماده سازی نمونه‌ها در فرایند پوشینه دار کردن قرار داشت. افزایش اندازه ذرات در تیمارهای حاوی چربی احتمالاً ناشی از خصوصیات چسبندگی چربی‌هاست که با چسبیدن به ذرات سویا سبب ایجاد بافت دانه‌ای و در نتیجه افزایش اندازه ذرات می‌شود. با توجه به این نتایج، ذرات با قطر بیشتر در نمونه‌های پوشش دار شده با چربی دارای چگالی حجمی کمتری بودند. ذرات بزرگتر در مقایسه با ذرات کوچکتر به دلیل داشتن طبیعت حجیم منافذ بیشتری را در خود جای می‌دهند (Mania و همکاران، 2004). اندازه ذره و جرم حجمی لحظه‌ای خوراکها در جیره نقش مهمی در تعیین میزان تجزیه پذیری شکمبه‌ای و همچنین سرعت عبور ذرات خوراکی از شکمبه دارد. نشان داده شده است که رابطه معکوسی بین اندازه ذره و سرعت عبور آن از شکمبه و همچنین بین اندازه ذره و جرم حجمی لحظه-ای آن وجود دارد (Dijkstra و همکاران، 2005).

حلالیت ماده خشک در بافر خنثی در تیمارهای کنجاله سویای پوشش دار شده در مقایسه با کنجاله سویای فاقد پوشش تمایل به کاهش نشان داد (P=۰/۰۷)، در حالی که این کاهش برای حلالیت پروتئین معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۲، جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که سطح ۵۰ درصد چربی در مقایسه با ۴۰ درصد تمایل (P<۰/۱۰) به کاهش حلالیت ماده خشک و پروتئین خام در بافر بورات-فسفات داشت؛ هرچند بین سطوح صفر و دو درصد زئولیت اختلافی برای این صفات مشاهده نشد. علاوه بر این، اثر متقابل بین سطح چربی×سطح زئولیت نیز معنی دار نشد. کاهش حلالیت نیتروژن در بافر بورات-فسفات برای تیمارهای حاوی چربی نشان می‌دهد که پوشش دار کردن کنجاله سویا با چربی منجر به ایجاد حفاظت مؤثر فیزیکی عامل هسته‌ای شده است. سیستم پروتئین و کربوهیدرات خالص کرنل (CNCPS) با یک زیر مدل هضمی نرخ تجزیه پذیری خوراک-ها در شکمبه را پیش‌بینی کرده است. بر مبنای این مدل، بخش‌های A و B۱ پروتئین در بافر بورات-فسفات محلول و به سرعت در شکمبه تجزیه می‌شوند (Sniffen و همکاران، 1992). بنابراین، کاهش حلالیت پروتئین در تیمارهای حاوی کنجاله سویای پوشش دار شده با چربی می‌تواند تصدیق نماید که میزان پروتئین سریع‌التجزیه در شکمبه با کاهش مواجه شده است. از طرفی کاهش نیتروژن سریع‌التجزیه منابع پروتئینی باکیفیت مانند کنجاله سویا می‌تواند منجر به بهبود بازدهی استفاده از نیتروژن در نشخوارکنندگان شود.

جدول ۳. تأثیر استفاده از سطوح مختلف چربی و زئولیت در پوشش دار کردن کنجاله سویا بر ماده خشک باقی مانده روی الک‌ها (درصد) و چگالی حجمی (کیلوگرم در متر مکعب)کنجاله سویای بدون پوشینه و پوشینه دار شده

تیمار		اندازه الک (میکرومتر)								
سطح چربی	سطح زئولیت	۹۰۰	۶۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۴۰	صفحه	Dgw[۲]	Sgw[۳]	چگالی حجمی
کنجاله سویا (۰)	-	۰	۱	۴۱/۵	۴۵/۹	۱/۸۰	۹/۷۷	۲۵۳	۱/۴۷	۰/۸۰۱
۴۰ درصد	۰ درصد	۰/۵۳۹	۱۵/۸	۶۳/۶	۱۹/۷	۰/۱۰۳	۰/۱۹۲	۴۱۴	۱/۵۲	۰/۷۷۴
	۲ درصد	۰/۵۰۸	۱۴/۱	۵۶/۶	۲۷/۳	۰/۴۵۲	۰/۹۰۸	۳۷۸	۱/۵۶	۰/۷۶۰
۵۰ درصد	۰ درصد	۱۹/۴	۱۵/۹	۳۸/۷	۲۵/۶	۰/۱۰۸	۰/۲۳۱	۴۸۸	۱/۹۰	۰/۶۹۱
	۲ درصد	۱۹/۱	۱۵/۲	۳۲	۳۲	۰/۵۵۴	۱/۰۴	۴۵۳	۱/۹۵	۰/۶۸۲
SEM		۰/۴۱۷	۰/۷۷۹	۱/۱۵	۰/۸۱۵	۰/۰۴۲	۰/۲۷۷	۴/۳۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸
میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی[۱]										
سطح چربی										
۴۰ درصد		۰/۵۲۳[b]	۱۴/۹	۶۰/۱[a]	۲۳/۵[b]	۰/۲۷۷	۰/۵۵۰	۳۹۶[b]	۱/۵۴[b]	۰/۷۶۷[a]
۵۰ درصد		۱۹/۲[a]	۱۵/۵	۳۵/۳[b]	۲۸/۸[a]	۰/۳۳۱	۰/۶۳۵	۴۷۰[a]	۱/۹۳[a]	۰/۶۸۶[b]
سطح زئولیت										
صفر درصد		۹/۹۶	۱۵/۸	۵۱/۱[a]	۲۲/۶[b]	۰/۱۰۵[b]	۰/۲۱۱[b]	۴۵۱[a]	۱/۷۱[b]	۰/۷۳۲
۲ درصد		۹/۸۰	۱۴/۶	۴۴/۳[b]	۲۹/۶[a]	۰/۵۰۳[a]	۰/۹۷۴[a]	۴۱۵[b]	۱/۷۵[a]	۰/۷۲۱
P values										
سطح چربی		<۰/۰۰۱	۰/۵۶	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۲۳	۰/۶۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
سطح زئولیت		۰/۷۳	۰/۲۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۲۶
سطح چربی×سطح زئولیت		۰/۷۷	۰/۵۷	۰/۹۱	۰/۵۱	۰/۲۳	۰/۷۸	۰/۸۷	۰/۵۸	۰/۷۷
کنجاله سویای فاقد پوشش در برابر تیمارهای پوشش دار		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

۱- [a,b] برای اثرات اصلی، داخل هر تیمار (سطح چربی یا سطح زئولیت) بین میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ردیف تفاوت معنی دار وجود دارد(P<۰/۰۵).

۲- Dgw : میانگین هندسی اندازه ذرات، ۳- Sgw: انحراف استاندارد هندسی اندازه ذرات

تجزیه پذیری در شکمبه و قابلیت هضم روده ای

تجزیه واریانس ماده خشک و پروتئین قابل تجزیه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که پوشینه‌دار کردن کنجاله سویا با چربی سبب ایجاد مقادیر بالاتری (P<۰/۰۰۱) از ماده خشک و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه در مقایسه با کنجاله سویای فاقد پوشش شد. همچنین بین سطوح چربی اختلاف معنی داری وجود داشت به نحوی که سطح ۵۰ درصد چربی در مقایسه با ۴۰ درصد چربی سبب افزایش معنی‌دار(P<۰/۰۵) ماده خشک و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه شد. افزودن دو درصد زئولیت

به پوشش چربی سبب افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه شد، در حالی که تأثیری بر ماده خشک غیر قابل تجزیه نداشت. اثر متقابل بین سطح چربی و سطح زئولیت بر ماده خشک و پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه معنی‌دار نشد.

جدول ٤. تأثیر استفاده از سطوح مختلف چربی و زئولیت در پوشش دار کردن کنجاله سویا بر حلالیت و تجزیه پذیری شکمبه‌ای (١٦ ساعت) ماده خشک و پروتئین خام

تیمار	ماده خشک			پروتئین خام	
سطح چربی	سطح زئولیت	حلالیت (درصد)	تجزیه پذیری شکمبه‌ای+ (درصد)	حلالیت (درصد)	تجزیه پذیری شکمبه‌ای (درصد)
کنجاله سویا (۰)	-	۲۸/۷	۷۴/۹	۱۵/۴	۶۴/۳
۴۰ درصد	۰ درصد	۲۶/۸	۶۲/۲	۸/۷۰	۵۵/۲
	۲ درصد	۲۵/۳	۵۹/۶	۷/۹۰	۵۲/۷
۵۰ درصد	۰ درصد	۲۰/۳	۵۷/۶	۷	۴۷/۵
	۲ درصد	۱۸/۵	۵۵/۹	۶/۱۵	۳۵
SEM		۲/۳۰	۱/۵۳	۱/۲۹	۲/۸۷
میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی[1]					
سطح چربی					
۴۰ درصد		۲۶	۶۰/۹[a]	۸/۲۹	۵۳/۹[a]
۵۰ درصد		۱۹/۴	۵۶/۷[b]	۶/۵۷	۴۱/۲[b]
سطح زئولیت					
۰ درصد		۲۳/۶	۵۹/۹	۷/۸۴	۵۱/۳[a]
۲ درصد		۲۱/۹	۵۷/۷	۷/۰۲	۴۳/۸[b]
P values					
سطح چربی		۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۰۰۱
سطح زئولیت		۰/۵۳	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۰۲
سطح چربی×سطح زئولیت		۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۹۸	۰/۱۱
کنجاله سویای فاقد پوشش در برابر تیمارهای پوشش دار		۰/۰۷	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱

[a,b] برای اثرات اصلی، داخل هر تیمار (سطح چربی یا سطح زئولیت) بین میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ردیف تفاوت معنی دار وجود دارد(P <۰/۰۵).

نتایج قابلیت هضم روده‌ای پروتئین در شرایط آزمایشگاهی مربوط به تیمارهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. قابلیت هضم روده‌ای پروتئین تفاوت معنی‌داری را بین کنجاله سویای فاقد پوشش و کنجاله سویای پوشش دار نشان نداد. همچنین قابلیت هضم روده‌ای پروتئین در شرایط آزمایشگاهی بین سطوح مختلف چربی و زئولیت اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵). علاوه بر این، هیچ گونه اثر متقابلی بین سطح چربی وسطح زئولیت این صفت مشاهده نشد.

جدول ۵. تأثیر استفاده از سطوح مختلف چربی و زئولیت در پوشش دار کردن کنجاله سویا بر قابلیت هضم روده ای پروتئین در شرایط آزمایشگاهی

تیمار		
سطح چربی	سطح زئولیت	قابلیت هضم روده‌ای پروتئین خام (درصد)
کنجاله سویا (۰)	-	۷۹
۴۰ درصد	۰ درصد	۸۲/۳
	۲ درصد	۸۱/۲
۵۰ درصد	۰ درصد	۸۴/۹
	۲ درصد	۸۲/۲
SEM		۳/۳۶
میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی		
سطح چربی		
۴۰ درصد		۸۱/۷
۵۰ درصد		۸۳/۵
سطح زئولیت		
۰ درصد		۸۳/۶
۲ درصد		۸۱/۷
P values		
سطح چربی		۰/۶۱
سطح زئولیت		۰/۵۹
سطح چربی×سطح زئولیت		۰/۸۱
کنجاله سویای فاقد پوشش در برابر تیمارهای پوشش دار		۰/۳۴

بر مبنای نتایج آزمایش حاضر، بازدهی پوشش دار کردن پروتئین تحت تأثیر سطح چربی در محصول قرار می‌گیرد. به نحوی که سطوح ۴۰ و ۵۰ درصد چربی به ترتیب سبب افزایش بیشتر پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه به میزان ۲۵ و ۴۷ درصد در مقایسه با کنجاله سویای فاقد پوشش شد. با توجه به اینکه میکروارگانیسم-های شکمبه توانایی شکستن زنجیره کربنی اسیدهای چرب موجود در خوراک را ندارند (NRC, 2001)، لذا افزایش میزان چربی در اطراف ذرات پروتئینی سبب بیشتر شدن میزان پروتئین غیر قابل تجزیه کنجاله سویا می‌شود. در چندین مطالعه از پوشش چربی به منظور عبوری کردن کنجاله پروتئینی از تخمیر شکمبه استفاده نمودند اما نوع چربی به کار برده شده در هیچکدام از این آزمایش ها مشابه با آزمایش حاضر نبود. Manterola و همکاران (2001) گزارش کردند که پوشش‌دار کردن کنجاله سویا با سطح ۲۰ درصد چربی پیه سبب کاهش حلالیت پروتئین در بافر بورات-فسفات شد. با این وجود در مطالعه آنها بخش نامحلول پروتئین تحت تأثیر پوشش‌دار کردن کنجاله سویا با چربی قرار نگرفت. میزان افزایش پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه پس از ۱۶ ساعت شکمبه گذاری در تحقیق حاضر مطابق با نتایج آزمایش Rossi و همکاران (1999) بود که با هدف پوشانندگی کنجاله سویا با سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب

انجام شد. با این وجود Kowalski و همکاران (1997) با استفاده از نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب به میزان ۵۰ درصد، مقادیر بالاتری از پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه را پس از ۱۶ ساعت شکمبه گذاری گزارش نمودند.

بر مبنای اطلاعات نویسندگان مقاله، مطالعه حاضر نخستین آزمایشی است که از زئولیت برای بیشتر عبوری کردن کنجاله سویا از تخمیر شکمبه استفاده می‌کند. با این وجود، توسط سایر محققین خاصیت ممانعت کنندگی ترکیبات جاذب از تخریب پروتئین گزارش شده است (Armstrong و همکاران، 1964؛ Britton و همکاران، 1978). موافق با نتایج آزمایش حاضر، پژوهش های فوق نشان دادند که واکنش بین پروتئین و جاذب بنتونیت می تواند تجزیه پذیری آنزیمی توسط میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و شکمبه را کاهش دهد.

به منظور آگاهی از محافظت احتمالی بیش از حد پروتئین توسط چربی، قابلیت هضم روده‌ای پروتئین نمونه‌ها بایستی اندازه‌گیری می‌شد. با استناد به نتایج به دست آمده، پوشش دار کردن کنجاله سویا تا سطح ۵۰ درصد چربی تاثیر منفی بر قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای پروتئین بر جای نداشت. این نتایج مشابه با سایر پژوهش هایی بود که از چربی برای پوشانندگی کنجاله‌های پروتئینی استفاده شده بود (Rossi و همکاران، 1999؛ Kowalski و همکاران، 1997). در مطالعه حاضر قابلیت هضم روده‌ای کنجاله سویا ۷۹ درصد بود که در محدوده نتایج گزارش شده توسط سایر محققان با استفاده از روش هضم سه مرحله‌ای بود (Danesh Mesgaran and Stern, 2005 ؛ Can و همکاران، 2011). در مغایرت با این نتایج، Castro و همکاران (2007) و Calsamiglia و Stern (1995) مقادیر قابلیت هضم روده‌ای پروتئین را توسط روش مشابه بین ۸۵ تا ۹۰ درصد گزارش نمودند. تفاوت در واریته گیاه سویا یا فرآیند روغن کشی سویا می‌تواند بر ترکیب شیمیایی آن اثر گذار باشد که نهایتاً قابلیت هضم پروتئین کنجاله سویا را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Grieshop و همکاران، 2003؛ Wang و همکاران، 2015).

جیره گاوهای شیرده پرتولید معمولاً حاوی ۳ تا ۳/۵ درصد چربی خام در ماده خشک می باشد. با توجه به اینکه چربی بیش از ۷ درصد در ماده خشک جیره برای گاوهای شیرده محدودیت دارد (Loften و همکاران، 2014) بنابراین برای جبران کسری انرژی جیره ها می توان از ۳/۵ الی ۴ درصد مکمل چربی خنثی از نظر شکمبه ای در جیره ها استفاده کرد. در صورتی که بخشی از جیره را دانه‌های روغنی تشکیل دهند، مکمل چربی می تواند بین ۱/۵ تا ۲/۵ درصد چربی جیره را به خود اختصاص دهد (NRC, 2001). با فرض میانگین ۲۵ کیلوگرم ماده خشک مصرفی روزانه، مکمل چربی از نظر شکمبه‌ای خنثای مورد نیاز حیوان معادل ۳۷۵ تا ۶۲۵ گرم در روز خواهد بود. با توجه به نتایج این پژوهش در صورتی که از تیمار کنجاله سویای پوشش دار شده با ۴۰ درصد چربی اشباع استفاده گردد، ۹۰۰ تا ۱۵۵۰گرم در روز از این محصول محافظت شده به جیره قابل افزودن خواهد بود. این مقدار ضمن پیشگیری از اثرات منفی چربی ها و حفظ حاشیه امن، حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ گرم پروتئین قابل متابولیسم را در روده تأمین خواهد کرد. بر مبنای محاسبه قیمت روز کنجاله سویا و مکمل چربی، تأمین هر واحد از پروتئین قابل متابولیسم از منابع باکیفیت دیگر مانند پودر ماهی و کنجاله گلوتن ذرت نسبت به این محصول گران‌تر خواهد بود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش دار کردن کنجاله سویا با منبع چربی اشباع بدون تأثیر منفی بر قابلیت هضم روده‌ای پروتئین سبب کاهش حلالیت پروتئین و افزایش میزان پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه می‌شود. همچنین سطح ۵۰ درصد چربی در مقایسه با سطح ۴۰ درصد چربی بازده پوشش دار کردن کنجاله سویا را افزایش می دهد. علاوه بر این، استفاده از زئولیت در ترکیب با پوشش چربی سبب افزایش میزان پروتئین غیر قابل تجزیه از شکمبه شد.

پاورقی

۱- National Research Council
۲- Dispersion

منابع

Armstrong, D.E. and Chesters, G. (1964). Properties of protein-bentonite complexes as influenced by equilibration conditions. *Soil Science.* 98: 39- 52.

ASAE. (2003). Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving ANSI/ASAE S319.3 FEB03. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, USA.

Borucki Castro, S.I., Phillip, L.E., Lapierre, H., Jardon, P.W. and Berthiaume, R. (2007). Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in treated soybean meal products. *Journal of dairy Science.* 90: 810–822.

Britton, R.A., Coiling, D.P. and Klopfenstein, T.J. (1978). Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea/N in vitro ruminal ammonia release and nitrogen utilization in ruminants. *Journal of animal science.* 46: 1738- 1747.

Broderick, G.A., Wallace, R.J. and Qrskov, E.R. (2012). Control of rate and extent of protein degradation. pp: 542-591, In: Tsuda, T., Y. Sasaki and R. Kawashima (eds). *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*: Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology. Academic Press.

Calsamiglia, S. and Stern, M.D. (1995). A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *Journal of animal science.* 73: 1459–1465.

Can, A., Hummel, J., Denek, N. and Südekum, K.H. (2011). Effects of non-enzymatic browning reaction intensity on in vitro ruminal protein degradation and intestinal protein digestion of soybean and cottonseed meals. *Animal feed science and technology.* 163:255–259.

Chander, P.J. (1996). Animal feed stuffs and additives. *Patent* WO 09608, 168 A1. pp: 1-10.

Danesh Mesgaranan, M. and Stern, M.D. (2005). Ruminal and post-ruminal protein disappearance of various feeds originating from Iranian plant varieties determined by the in situ mobile bag technique and alternative methods. *Animal feed science and technology*. 118: 31–46.

Dijkstra, J., Forbes, J.M. and France, J. (2005). Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CABI publishing, pp: 681-706.

Gargallo, S., Calsamiglia, S. and Ferret, A. (2006). Technical note: A modified three-step *in vitro* procedure to determine intestinal digestion of proteins. *Journal of animal science.* 84:2163−2167.

Ghosh, S.K. (2006). Functional coating and microencapsulation: A general perspective. WILEY-VCH Verlag Gmbh & Co. pp: 1-28.

Giallongo, F., Harper, M.T., Oh, J., Lopes, J.C., Lapierre, H., Patton, R.A., Parys, C., Shinzato, I. and Hristov, A.N. (2016). Effects of rumen-protected methionine, lysine, and histidine on lactation performance of dairy cows. *Journal of dairy science*, *99*: 4437-4452.

Grieshop, C.M., Kadzere, C.T., Clapper, G.M., Flickinger, E.A., Bauer, L.L., Frazier, R.L. et al. (2003). Chemical and nutritional characteristics of United States soybeans and soybean meals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. *51*: 7684-7691.

Harvatine, K.J. and Allen, M.S. (2006). Effects of fatty acid supplements on ruminal and total tract nutrient digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. *89*:1092-1103.

Ipharraguerre, I.R. and Clark, J.H. (2005). Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows. *Journal of dairy science.* 88: 22-37.

Kowalski, Z.M., Marszalek, A. and Mills, C.R. (1997). The use of Ca salts of rape seed fatty acids to protect protein against degradation in the rumen. *Animal feed science and technology*. 65: 265-274.

Krishnamoorty, U., Sniffen, C.J, Stern, M.D. and Van Soest, P.J. (1983). Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. *British journal of nutrition*. 50: 555-568.

Lee, C., Hristov, A.N., Cassidy, T.W., Heyler, K.S., Lapierre, H., Varga, G.A., De Veth, M.J., Patton, R.A. and Parys, C. (2012). Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *Journal of dairy science*. *95*: 6042-6056.

Loften J.R., Linn, J.G., Drackley, K., Jenkins, T.C., Soderholm, C.G. and Kertz, A.F. (2014). *Invited review:* Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 97: 4661–4674.

Mania, S., Lope, G., Tabila, L.G. and Sokhansanj, S. (2004). Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switch grass. *Biomass and bioenergy*. 27: 339 –352.

Manterola, H.B., Cerda, D.A. and Mira, J.J. (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.

National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, DC.

National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle (7^{th}rev. edn). National academy press, Washington, DC.

Rossi, F., Fiorentini, L., Masoero, F. and Piva, G. (1999). Effect of fat coating on rumen degradation and intestinal digestibility of soybean meal. *Animal feed science and technology.* 81: 309-318.

SAS Institute. (2002). SAS User's Guide. Statistics. Version 9.01. SAS Institute Inc., Car, NC.

Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soes,t P.J., Fox, D.G. and Russel,l J.B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of animal science.* 70: 3562–3577.

Tice, E.M., Eastridge, M.L. and Firkins, J.L. (1993). Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes. 1. Digestibilityand utilization by lactating cows. *Journal of Dairy Science.* 76: 224−235.

Van Soest, P.J. (1982). Nutritional ecology of the ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolitic fermentation and the chemistry of forage and plant fibers. Cornell University Press. pp: 156-176.

Wang, Y., Zhang, Y.G., Liu, X., Kopparapu, N.K., Xin, H., Liu, J and et al. (2015). Measurement of the intestinal digestibility of rumen undegraded protein using different methods and correlation analysis. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 28: 1454- 1464.

Wright, P.A. and Lozinska, M. (2011). Structural chemistry and properties of zeolites. P: 1-36, In: Marinez, C. and J.P. Pariente (eds). Zeolites and ordered porous solids: fundamentals and applications.

Wu, Z., Bernard, J.K., Eggleston, R.B. and Jenkins, T.C. (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.