نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۱۴۹-۱۳۸

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 3, No. 2, Summer 2011, p. 138-149

اثرات اندازه ذرات علوفه یونجه و مکمل روغن سویا بر مصرف خوراک، قابلیّت هضم، رفتار جویدن و عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل شیردهی

مهدی خلیل ارجمندی[۱]- اسدا... تیموری یانسری[۲*]

تاریخ دریافت:۸۹/۵/۲۳
تاریخ پذیرش:۹۰/۶/۲۹

چکیده

از هشت رأس گاو هلشتاین با میانگین روزهای شیردهی ۱۰±۶۰ در قالب یک طرح چرخشی ۴×۴ طی چهار دوره ۲۱ روزه به منظور بررسی اثرات اندازه ذرات علوفه یونجه و مکمل روغن سویا در جیره بر مصرف خوراک، قابلیّت هضم، فعّالیّت جویدن، تولید و ترکیبات شیر استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره بدون روغن سویا با یونجه بلند، ۲) جیره حاوی ۴ درصد روغن سویا و یونجه بلند، ۳) جیره بدون روغن سویا با پودر یونجه و ۴) جیره حاوی ۴ درصد روغن سویا و پودر یونجه بود، به صورت کاملاً مخلوط به ترتیب حاوی۲۰،۲۰ و۶۰ درصد ذرت سیلویی، علوفه یونجه و کنسانتره تغذیه شد. مکمل روغن تأثیری بر ماده خشک مصرفی نداشت، اما قابلیّت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، چربی خام و خاکستر را کاهش و قابلیّت هضم پروتئین خام را افزایش داد. با کاهش اندازه ذرات علوفه، مصرف ماده خشک و ماده آلی افزایش و قابلیّت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، چربی خام و خاکستر کاهش یافت. کاهش اندازه ذرات و مکمل‌سازی روغن، زمان نشخوار و کل فعّالیّت جویدن را کاهش داد. با افزودن روغن به پودر یونجه یک اثر همکوشی بر کاهش زمان مصرف خوراک، نشخوار و کل فعّالیّت جویدن مشاهده شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه با کاهش اندازه ذرات علوفه و افزودن روغن کاهش یافت. کاهش اندازه ذرات سبب افزایش نرخ عبور و کاهش میانگین زمان ماندگاری شکمبه‌ای گردید، اما تحت تأثیر مکمل روغن قرار نگرفت. مکمل روغن تولید شیر را افزایش و درصد چربی و پروتئین آن را کاهش داد. با کاهش اندازه ذرات، تولید شیر فقط در تیمارهای حاوی مکمل روغن افزایش یافت، اما به طور کلی درصد چربی و پروتئین شیر تحت تأثیر اندازه ذرات قرار نگرفت. مکمل‌سازی روغن در جیره نه تنها سبب افزایش چربی شیر نشد، بلکه سبب کاهش معنی‌دار هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و چربی شیر گردید.

واژه‌های کلیدی: اندازه ذرات، روغن سویا، الیاف موثر، الیاف موثر فیزیکی، گاوهای شیرده

مقدمه

الیاف موثر[۳]، نشان‌دهنده توانایی یک ماده خوراکی جایگزین علوفه یا مواد خشبی است که سبب حفظ چربی شیر در سطحی برابر، هنگام مصرف آن علوفه یا ماده خشبی گردد (۱۹). الیاف موثر بخشی از ماده خوراکی است که سبب می‌شود چربی شیر کاهش نیابد و از نظر شیمیایی بخش‌های متفاوتی غیر از الیاف نامحلول در شوینده خنثی[۴] را در بر می‌گیرد. مثلاً به نظر می‌رسد با افزودن چربی به جیره نشخوارکنندگان، چربی شیر افزایش یافته و یا حفظ شود، یا افزایش نمره بدنی گاو و یا کربوهیدرات‌های محلول و پروتئین هم باعث بهبود در تولید شیر و محتوی چربی آن گردد، هرچند همه این عوامل به عنوان بخشی از الیاف محسوب نمی‌شوند، اما از نظر مفهوم تغذیه-ای در اندازه‌گیری الیاف موثر نقش دارند (۴ و ۱۹). الیاف موثر فیزیکی[۵]، بخشی از الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره است که فعّالیّت جویدن و نشخوار دام را تحریک می‌کند و با غلظت الیاف، اندازه ذرات جیره یا علوفه، توزیع اندازه ذرات در شکمبه، تشکیل

۱و۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: astymori@yahoo.com)

3- Effective fiber

4- Neutral detergent fiber (NDF)

5-Physically effective fiber(peNDF)

سقف شکمبه‌ای (تله الیافی)، سلامت دام، محتوی چربی شیر، pH شکمبه و ترشح بزّاق همبستگی دارد و با ضرب محتوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی ذرات باقی مانده بر الک با قطر منفذ ۱/۱۸ میلی‌متر پس از الک کردن خشک در مقدار آن به دست می‌آید (۱۹). اغلب اندازه الیاف موثر بزرگ‌تر از الیاف موثر فیزیکی است، اما حساسیت کم‌تری در مقایسه با آن دارد (۱۹). هر چند آزمایش‌های زیادی در رابطه با الیاف موثر فیزیکی انجام شده است، اما تحقیق معدودی در رابطه با تعیین احتمال وجود اثر متقابل بین اندازه ذرات علوفه و مولفه‌های الیاف موثر صورت گرفته است.

از طرفی اندازه ذرات علوفه از چند طریق رابطه نزدیکی با متابولیسم چربی در شکمبه دارد که عبارتند از: افزایش اندازه و پایداری سقف شکمبه‌ای، افزایش میانگین زمان ماندگاری مواد جامد چربی، قابلیّت دسترسی آن برای اتصال میکروبی و کاهش نرخ هیدرولیز و بیوهیدروژناسیون چربی که می‌تواند آزادسازی اسیدهای ضد میکروبی را کاهش دهد (۱۷). کاهش اندازه ذرات سبب افزایش ماده خشک مصرفی، تولید شیر، پروتئین شیر و کاهش فعّالیّت جویدن، نشخوار، pH شکمبه، درصد چربی شیر و قابلیّت هضم الیاف می‌شود (۱۶،۸ و ۲۸). در مقابل، معمولاً چربی برای افزایش تراکم انرژی به جیره‌های گاوهای شیرده افزوده می‌شود که سبب تغییر در جمعیت میکروبی و اختلال در تخمیر شکمبه و نهایتاً کاهش هضم شکمبه‌ای الیاف می‌گردد (۷). اثرات مکمل چربی بر تولید و ترکیبات شیر به منبع، ترکیب اسیدهای چرب و مقدار مکمل چربی بستگی دارد (۱۳). افزودن چربی مکمل به جیره، درصد چربی و پروتئین شیر را کاهش و تولید شیر را افزایش می‌دهد (۱۳ و ۱۸). چربی‌های غیراشباع نسبت به چربی‌های اشباع اثرات کاهنده بیشتری بر قابلیّت هضم الیاف دارند (۱۱). به هر حال، جنکینز و همکاران (۱۳)، گزارش کردند زمانی که پیه به جیره‌های حاوی علوفه کوتاه افزوده شده بود، شیر تصحیح شده بر اساس چربی میل به افزایش داشت.

به نظر می رسد که نوع و اندازه الیاف هم پاسخ‌های دام به مکمل چربی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۷). به هر حال، از آن جایی که آزمایش‌های معدودی در رابطه با تعیین احتمال وجود اثر متقابل بین اندازه ذرات علوفه و مولفه‌های الیاف موثر مانند چربی مکمل، ترکیبات بافری و پروتئین مکمل صورت گرفته است. این آزمایش به منظور بررسی اثرات اندازه ذرات علوفه یونجه و مکمل روغن سویا بر مصرف خوراک و قابلیّت هضم مواد مغذّی، فعّالیّت جویدن، تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل شیردهی طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان ۱۳۸۷ در مزرعه پرورش گاو شیری مجتمع آموزشی گاودشت بابل، وابسته به مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان مازندران انجام شد. هشت راس گاو شیرده هلشتاین زایش ششم با میانگین وزن ۲۵±۷۵۰ کیلوگرم و شیردهی ۱۰±۶۰ روز، با میانگین تولید۲±۲۸ کیلوگرم در قالب یک طرح چرخشی ۴×۴، در طی ۴ دوره، با چهار جیره متفاوت از نظر سطح مکمل روغن و اندازه ذرات علوفه یونجه تغذیه شدند. هر دوره ۲۱ روزه شامل ۱۴ روز دوره عادت‌پذیری، ۵ روز برای نمونه‌گیری مدفوع و خوراک (تعیین قابلیّت هضم) و ۲ روز آخر هر دوره برای اندازه‌گیری چشمی فعّالیّت جویدن و نمونه‌گیری شیر بود. در طول آزمایش گاوها در جایگاه‌های انفرادی ولی به طور آزاد نگهداری شدند. گاوها با ۴جیره کاملاً مخلوط به ترتیب حاوی ۲۰، ۲۰و ۶۰ درصد ذرت سیلویی، علوفه یونجه و کنسانتره، ۲ بار در روز (۸ صبح و ۸ شب) تغذیه شدند (جدول ۱). بر اساس سطح روغن و اندازه ذرات علوفه یونجه چهار تیمار شامل: ۱) جیره بدون روغن سویا با یونجه بلند، ۲) جیره حاوی ۴ درصد روغن سویا و یونجه بلند، ۳) جیره بدون روغن سویا با پودر یونجه و ۴) جیره حاوی ۴ درصد روغن سویا و پودر یونجه مورد آزمون قرار گرفتند. جیره‌های آزمایشی با استفاده از جداول استاندارد تغذیه‌ای NRC (۲۰۰۱) تنظیم گردید.

علوفه یونجه در حدود ۱۵ درصد گل‌دهی، درطی یک روز از یک مزرعه برداشت و باروش هوا خشک در طی سه روز خشک گردید. یونجه‌ها با یک چاپر (جکوار شماره ۶۲، شرکت کلاس، آلمان) به طول برش فرضی ۱۹ میلی‌متر به عنوان یونجه بلند آماده گردید. به علاوه، یونجه ریز نیز با ریز کردن یونجه با یک علوفه ریزکن دارای قطر الک ۲ میلی متری آماده گردید. توزیع و اندازه ۲ نوع علوفه و جیره‌های آزمایشی با استفاده از الک‌های جدید ایالت پنسیلوانیا تعیین شد (۱۵) (جدول۲). میانگین هندسی و انحراف معیار میانگین هندسی اندازه ذرات بر اساس روش ASAE (۲۰۰۲) تعیین گردید (جدول ۲). مقدار الیاف موثر فیزیکی با ضرب مقدار ذرات باقی‌مانده روی الک ۱/۱۸ میلی‌متر در محتوی الیاف نامحلول در شوینده‌خنثی آن‌ها محاسبه شد (جدول ۲). خوراک مصرفی، باقی مانده خوراک و مقدار مدفوع روزانه به مدت ۵ روز در هر دوره جمع‌آوری گردید و پس از تعیین ترکیبات شیمیایی ضرایب قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، پروتئین خام، چربی-خام، کربوهیدرات غیرالیافی تعیین شد (جدول ۳). در روز ۱۹ آزمایش، سه ساعت پس از مصرف خوراک، با استفاده از سوند مری مایع شکمبه اخذ و پس از صاف کردن با پارچه متقال ۸ لا، pH آن تعیین گردید و مقدار ۱۰ میلی‌متر آن برای اندازه‌گیری نیتروژن در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه با استفاده از دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری نیتروژن شرکت فوس آلمان (Kjeltec Analyzer Unit,۲۳۰۰) اندازه‌گیری شد (AOAC (۵)) (جدول ۶). هم‌چنین حدود ۳ ساعت پس از تغذیه، از ورید وداج خون-

گیری انجام شد و فراسنجه‌های خونی بـا روش AOAC (۵) انـدازه-گیری گردید (جدول ۴).

برای اندازه‌گیری نرخ عبور مواد جامد و زمان ماندگاری از نشـانگر کاه گندم آغشته به کروم که به روش یـودن و همکـاران (۲۹)، تهیـه شده بود، استفاده شد. ۲۰۰ گرم نشانگر به ازای هر رأس گاو به همراه یک کیلوگرم کنسانتره و مقـداری مـلاس چغنـدر، بـرای اطمینـان از مصرف کامل، قبل از وعده صبح به دام‌ها خورانده شد.

جمع آوری نمونه‌های مدفوع دام‌ها، با روش توش رکتال، در طـی ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲، ۹۶، ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت بعـد از تغذیـه نشانگر، انجام شد. نمونه‌های مدفوع هوا خشک شده و پس از آسـیاب شدن با الک دارای قطـر منفـذ یـک میلـی‌متـری و هضـم بـا اسـید نیتریک/اسید پرکلریـک، بـا اسـتفاده از اسپکتروسـکوپ جـذب اتمـی (Perkin-Elmer City, CA; ۲۳۹۰) محتوی کروم آن‌ها اندازه‌گیری شد (AOAC، ۲۰۰۲).

جدول ۱- اقلام مواد خوراکی و ترکیب مواد مغذّی جیره کاملاً مخلوط مورد استفاده در آزمایش

	صفر درصد روغن سویا	٤ درصد روغن سویا
اقلام خوراکی (درصد در ماده خشک)		
علوفه یونجه	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰
سیلاژ ذرت	۲۰/۰۰	۲۰/۰۰
تفاله چغندرقند	۷/۵۰	۷/۸۰
دانه جو	۳۰/۰۰	۲۶/۵۰
سبوس گندم	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰
کنجاله تخم پنبه	۱۱/۰۰	۱۰/۰۰
روغن سویا[۱]	۰/۰۰	۴/۰۰
دی کلسیم فسفات	۰/۶۰	۰/۶۰
مکمل ویتامینه و مواد معدنی	۰/۴۰	۰/۴۰
نمک	۰/۳۰	۰/۵۰
اوره	۰/۲۰	۰/۲۰
ترکیب مواد مغذّی (درصد در ماده خشک)		
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳۲/۰۰	۳۱/۵۳
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۱۹/۰۰	۱۸/۶۵
کربوهیدرات‌های غیرالیافی	۴۲/۱۳	۴۰/۸۴
پروتئین خام	۱۶/۲۱	۱۵/۷۴
چربی خام	۳/۲۵	۶/۵۷
خاکستر خام	۶/۴۱	۵/۳۲
انرژی خالص برای شیردهی	۱/۶۲	۱/۶۷

۱- روغن سویای غنچه از کارخانه کشت و صنعت شمال حاوی ۱۱ درصد اسید چرب اشباع، ۲۴ درصد اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه و ۶۵ درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه تهیه گردید.

جدول۲- توزیع اندازه ذرات علوفه یونجه و جیره کاملاً مخلوط با الک‌های جداکننده جدید ایالت پنسیلوانیا

	ماده خشک باقی مانده روی هر الک (درصد)			
	پودر یونجه	یونجه بلند	جیره حاوی یونجه بلند	جیره حاوی پودر یونجه
الک ۱۹ میلی‌متر	۰/۰۰[b]	۱۶/۶۰[a]	۱۲/۰۰[a]	۴/۳۰[b]
الک ۸ میلی‌متر	۶/۰۰[b]	۱۰/۲۱[a]	۶/۰۰	۷/۲۳
الک ۱/۱۸ میلی‌متر	۵۰/۰۰[b]	۶۶/۴۰[a]	۶۶/۷۰	۶۲/۰۰
صفحه زیرین	۴۴/۰۰[b]	۶/۸۴[b]	۱۵/۳۲[b]	۲۶/۵۰[a]
میانگین هندسی (میلی‌متر)	۲/۰۵[b]	۵/۳۳[a]	۴/۰۴[a]	۲/۹۵[b]
انحراف استاندارد (میلی‌متر)	۲/۳۷[b]	۲/۱۱[a]	۲/۶۴۶	۲/۴۹
الیاف مؤثّر فیزیکی (درصد)	۲۹/۱۰[b]	۴۸/۵۰[a]	۲۷/۱۰[a]	۲۳/۱۸[b]

جدول ۳- مقدار مصرف ماده خشک و مواد مغذّی و قابلیّت هضم آن‌ها در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح مختلف اندازه ذرات یونجه و روغن سویا

اندازه ذرات	تیمارهای آزمایشی				انحراف استاندارد	احتمال معنی‌داری		
	یونجه بلند		یونجه ریز					
درصد چربی مکمل	۰/۰	٤	۰/۰	٤		تیمار	دوره	گاو
مقدار مصرف (کیلوگرم)								
ماده خشک	۲۱/۳۲^{b}	۲۱/۲۰^{b}	۲۲/۶۵^{a}	۲۳/۲۸^{a}	۰/۱۲۸	۰/۰۰۶۲	۰/۰۸۱۰	۰/۳۷۹۵
ماده آلی	۱۹/۷۸^{b}	۱۹/۷۳^{b}	۲۰/۸۹^{a}	۲۱/۵۴^{a}	۰/۱۳۴	۰/۰۱۳۰	۰/۱۲۱۱	۰/۵۱۰۱
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶/۹۹	۷/۰۹	۷/۰۱	۷/۷۰	۰/۰۹۴	۰/۰۸۹۰	۰/۳۴۳۲	۰/۴۰۳۸
الیاف موثر فیزیکی[1]	۵/۹۶^{a}	۵/۶۶^{b}	۵/۵۱^{c}	۵/۳۷^{d}	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۸۴	۰/۳۰۹۶
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۴/۷۶	۴/۱۶	۴/۶۳	۴/۸۴	۰/۱۱۹	۰/۲۷۲۵	۰/۳۵۲۱	۰/۹۱۲۱
پروتئین خام	۳/۳۲^{bc}	۳/۲۸^{c}	۳/۵^{ab}	۳/۶۰^{a}	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵۲	۰/۳۵۷۴	۰/۴۲۳۵
چربی خام	۰/۷۵^{c}	۱/۳۸^{b}	۰/۷۹^{c}	۱/۵۱^{a}	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۰۷	۰/۱۸۸۱
خاکستر خام	۱/۵۵	۱/۴۷	۱/۷۶	۱/۷۴	۰/۰۵۰	۰/۲۹۱۹	۰/۶۰۹۷	۰/۶۸۷۰
کربوهیدرات غیرالیافی	۸/۷۳^{ab}	۷/۹۸^{b}	۹/۶۰^{a}	۸/۷۳^{ab}	۰/۱۱۶	۰/۰۴۴۱	۰/۵۲۶۳	۰/۹۹۷۰
قابلیت هضم(درصد)								
ماده خشک	۶۹/۹۴^{a}	۶۷/۸۴^{a}	۶۴/۳۲^{b}	۶۳/۳۵^{b}	۰/۴۲۷	۰/۰۰۹۷	۰/۴۶۰۶	۰/۳۸۳۷
ماده آلی	۷۴/۲۹^{a}	۷۴/۱۸^{a}	۶۷/۸۵^{b}	۶۹/۰۹^{b}	۰/۵۹۳	۰/۰۳۲۵	۰/۳۷۷۴	۰/۳۶۷۴
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۱/۲^{a}	۵۵/۹۳^{b}	۵۶/۰۱^{b}	۴۸/۸۳^{c}	۰/۵۵۶	۰/۰۰۲۶	۰/۵۵۰۳	۰/۴۷۰۹
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۵۳/۳۳^{a}	۴۷/۰۹^{c}	۴۹/۴۸^{b}	۴۵/۳۴^{c}	۰/۳۱۳	۰/۰۰۱۱	۰/۹۸۹۵	۰/۵۵۸۳
پروتئین خام	۶۸/۶^{b}	۷۴/۴۳^{a}	۶۸/۰۰^{b}	۷۴/۰۰^{a}	۱/۰۶۴	۰/۰۰۰۱	۰/۶۷۰۹	۰/۵۴۸۹
چربی خام	۶۶/۰۲^{a}	۶۲/۰۸^{b}	۶۴/۱۲^{ab}	۵۴/۱۸^{c}	۰/۲۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۱۴۰۷	۰/۰۵۵۹
خاکستر خام	۴۷/۲۷^{a}	۵۵/۱۸^{c}	۶۱/۶۲^{b}	۴۹/۶۰^{d}	۰/۳۹۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۷۱	۰/۹۲۶۵
کربوهیدرات غیرالیافی	۷۷/۳۰^{a}	۸۱/۴۰^{a}	۷۱/۰۳^{b}	۷۸/۶۹^{a}	۰/۷۲۶	۰/۰۴۴۱	۰/۳۳۱۵	۰/۴۹۴۷

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$)

۱- مقدار الیاف موثر فیزیکی با ضرب کردن مقدار ذرات باقی مانده روی الک ۱/۱۸ میلی‌متر در مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی آن‌ها محاسبه گردید.

جدول ٤- اسیدیته، متابولیت‌ها و فراسنجه‌های هضم شکمبه‌ای در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح مختلف اندازه ذرات یونجه و روغن سویا.

اندازه ذرات	تیمارها				انحراف معیار	احتمال معنی‌داری
	یونجه بلند		یونجه ریز			
درصد چربی مکمل	۰/۰	٤	۰/۰	٤		
اسیدیته مایع شکمبه	۶/۳۶^{a}	۶/۴۱^{a}	۵/۷۹^{c}	۶/۱۳^{b}	۰/۰۱۹	۰/۰۰۴۳
نیتروژن آمونیاکی مایعات شکمبه (میلی‌گرم در دسی لیتر)	۱۲/۳۵^{a}	۹/۲۴^{c}	۱۰/۷۰^{b}	۸/۶۰^{d}	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۱
نرخ عبور مواد جامد ازشکمبه (درصد در ساعت)	۴/۰۶^{b}	۴/۰۴^{b}	۴/۵۱^{a}	۴/۶۴^{a}	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱۲
نرخ عبور مواد جامد از قسمت تحتانی دستگاه گوارش (درصد در ساعت)	۴/۷۵	۴/۶۲	۴/۶۱	۴/۷۶	۰/۱۲۵	۰/۰۵۴۶
زمان ماندگاری شکمبه ای (ساعت)	۲۴/۶۳^{a}	۲۴/۷۵^{a}	۲۲/۱۷^{b}	۲۱/۵۵^{b}	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۱
زمان ماندگاری قسمت تحتانی دستگاه گوارش (ساعت)	۲۱/۰۵	۲۱/۶۵	۲۱/۷۰	۲۱/۰۱	۰/۱۲۵	۰/۰۵۴۶
زمان تأخیر نشانگر (ساعت)	۲۳/۱۴^{b}	۲۴/۲۱^{a}	۱۸/۵۴^{d}	۲۱/۲۲^{c}	۰/۲۳۲	۰/۰۰۰۱
کل زمان ماندگاری (ساعت)	۶۸/۸۲^{b}	۷۰/۶۱^{a}	۶۲/۴۱^{d}	۶۳/۷۸^{c}	۰/۳۵۲	۰/۰۰۰۱

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<۰/۰۵$)

فعّالیّت‌های خوردن و نشخوار گاوها طی ۲ روز آخر هر دوره به صورت چشمی (۲۸) (جدول ۶) و تولید روزانه شیر در روزهای ۱۵ تا

۲۱ام هر دوره ثبت شد. در دو روز آخر هر دوره، ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های شیر صبح و عصر با هم مخلوط شده و به منظور تعیین چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد غیر چربی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (AOAC (۵)) (جدول ۷).

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نرخ عبور بخش جامد شکمبه با استفاده از رویه رگرسیون NLIN با استفاده از روش مارکوارت با برنامه آماری SAS (۲۰۰۱) بر اساس مدل گرووم و ویلیامز (۱۲) جهت تخمین فراسنجه‌های هضمی آنالیز شدند (جدول ۶). داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۱) و مدل آماری زیر آنالیز شد:

$$Y_{(i)jk(l)n} = \mu + T_i + S_j + cow_{k(j)} + period_{j(l)} + e_{(i)jk(l)n}$$

که در آن $Y_{(i)jk(l)n}$، متغیر وابسته؛ μ، میانگین جامعه آماری؛ T_i، اثر تیمار؛ S_j، اثر تصادفی مربع زام؛ $cow_{k(j)}$، اثر تصادفی گاوها؛ $period_{j(l)}$، اثر دوره آزمایشی و $e_{(i)jk(l)n}$،اثر خطای آزمایشی می‌باشند. نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از رویه MIXED برنامه آماری SAS (۲۰۰۲) آنالیز شد. تفکیک میانگین‌ها با استفاده از رویه PDIFF در سطح معنی‌داری P <۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع اندازه ذرات و الیاف مؤثّر فیزیکی

پودر یونجه و یونجه بلند به ترتیب دارای میانگین هندسی و انحراف استاندارد میانگین اندازه ذرات برابر با۲/۰۵، ۲/۳۷ و ۵/۳۳، ۲/۱۱ میلی‌متر بودند. محتوی الیاف مؤثّر فیزیکی آن‌ها نیز به ترتیب ۲۹/۱۰ و ۴۸/۵ درصد بود. توزیع اندازه ذرات بین دو جیره آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقدار ماده خشک باقی‌مانده روی الک ۱۹ میلی‌متری با گنجاندن پودر یونجه در جیره به طور معنی‌داری کاهش یافت و در مقابل، مقدار ماده خشک موجود در صفحه زیرین را افزایش داد، هرچند اثر معنی‌داری بر مقدار ماده خشک باقی‌مانده روی الک‌های ۸ و ۱/۱۸ میلی‌متر نداشت (جدول ۲). اثر معنی‌داری اندازه ذرات علوفه بر توزیع اندازه ذرات جیره‌ها منجر به بروز تغییر معنی‌دار میانگین هندسی و محتوی الیاف مؤثّر فیزیکی آن گردید.

مصرف خوراک و قابلیّت هضم مواد مغذّی

مقدار ماده خشک مصرفی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار داشت (P =۰/۰۰۶۲؛ جدول ۳). افزودن روغن سویا تأثیری بر مصرف ماده خشک و ماده آلی نداشت، اما کاهش اندازه ذرات، سبب افزایش مصرف ماده خشک و ماده آلی شد. کاهش اندازه ذرات یونجه و هم‌چنین افزودن روغن سویا مصرف الیاف موثر فیزیکی را به طور معنی‌داری کاهش داد. مقدار مصرف الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی[1] تحت تاثیر تیمار قرار نگرفت. در مقابل مصرف چربی خام و الیاف موثر فیزیکی متعاقب اعمال تیمارهای آزمایشی به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. مصرف کربوهیدرات غیرالیافی نیز تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳).

قابلیّت هضم ماده خشک، ماده آلی و سایر مواد مغذی بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی داری داشت. مکمل‌سازی روغن تاثیر معنی‌داری بر قابلیّت هضم ماده خشک، ماده آلی در جیره‌های حاوی یونجه بلند و ریز نداشت، اما کاهش اندازه ذرات از قابلیت هضم هر دوی آن‌ها کاست. در مقابل کاهش اندازه ذرات و افزودن روغن سویا به جیره‌های حاوی یونجه بلند و ریز قابلیّت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، چربی خام و خاکستر را کاهش داد، اما قابلیّت هضم پروتئین خام را افزایش داد (جدول ۳).

در این آزمایش افزودن مکمل چربی، تأثیری بر ماده خشک مصرفی نداشت که نتایج حاصل با نتایج کانال و همکاران (۱۰)، جنکینز و همکاران (۱۳)، موزلی و همکاران (۲۰)، و آلزاحال و همکاران (۲)، مطابقت دارد. این امر می‌تواند به واسطه ماهیت علوفه یونجه و خوشخوراکی جیره حاصل از روغن سویا باشد. آلن (۱)، دلیل اصلی کاهش ماده خشک مصرفی به دنبال مصرف روغن سویا را کاهش قابلیّت هضم بخش الیاف جیره و افزایش ماندگاری شکمبه‌ای و تشدید اثر پرکنندگی فیزیکی شکمبه بیان کرد. مکانیسمی که طی آن مکمل چربی مصرف خوراک را کاهش می دهد، مشخص نیست، اما ممکن است به اثرات چربی بر تخمیر شکمبه‌ای و تحرک دستگاه گوارش، مقبولیت جیره‌های حاوی چربی، آزادسازی هورمون‌های دستگاه گوارش مانند کوله سیستوکینین که اثر هایپوفاژیک[2] بر کبد دارد و اکسیداسیون چربی در کبد مربوط باشد. باافزایش درجه غیراشباعیت و طول زنجیره (دراکلی و همکاران، ۱۹۹۲) یا افرایش عدد یدی (فیرکینز و استریج، ۱۹۹۴)، مصرف ماده خشک به طور خطی کاهش یافت. باتمن و جنکینز (۶)، گزارش کردند که افزودن روغن سویا مصرف ماده خشک و ماده آلی را کاهش و مصرف اسید چرب را افزایش داد. آن‌ها مشاهده کردند که روغن سویا بر قابلیّت هضم ماده خشک، ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، و نیتروژن تأثیری نداشت، اما قابلیّت هضم اسیدهای چرب را کاهش داد. مکمل چربی و کاهش اندازه ذرات سبب کاهش قابلیّت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی جیره شدند، که این یافته‌ها با نتایج تاکت و همکاران (۲۷)، و استریج و فرکینز (۱۱)، هم‌خوانی دارد. کاهش قابلیّت هضم الیاف جیره بیشتر مربوط به اثر پوشانندگی چربی‌ها، تغییر و یا کاهش جمعیت میکروبی به ویژه باکتری‌های سلولولیتیک است (۱۷). علت افزایش قابلیّت هضم پروتئین خام به

1-Acid detergent fiber (ADF)

2- Hypophagic effect

دنبال مصرف روغن سویا به این علت است که با افزایش pH شکمبه، تجزیه‌پذیری پروتئین‌ها افزایش می‌یابد که به دنبال آن افزایش ناپدید شدن نیتروژن نیز اتفاق می‌افتد (۱۳)، و از آن جایی که یونجه کلسیم بالایی دارد و کلسیم حاصل از صابونی شدن در شکمبه به افزایش pH شکمبه کمک می‌کند، لذا قابلیّت هضم شکمبه‌ای پروتئین خام افزایش می‌یابد (۶). به نظر می‌رسد مکمل روغن سویا و کاهش اندازه ذرات اثر منفی یکدیگر روی قابلیّت هضم را افزایش می‌دهند. افزایش اندازه ذرات نیز با افزایش پرکنندگی شکمبه و کاهش نرخ عبور مواد خوراکی (۲۸)، و هم‌چنین افزایش قدرت انتخاب برای ذرات کوچک‌تر در زمان مصرف خوراک، ماده خشک مصرفی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). افزایش اندازه ذرات علوفه به ترتیب سبب افزایش و کاهش مصرف الیاف موثر فیزیکی و مصرف خوراک گردید که با نتایج کونوناف و هنریچز (۱۶)، تیموری و همکاران (۲۸)، و یانگ و بوچمین (۳۱)، هم‌خوانی دارد. بوچمین و همکاران (۸)، دریافتند که عدم تأثیر اندازه ذرات بر ماده خشک مصرفی ممکن است با سطح علوفه جیره مرتبط باشد. احتمالاً کاهش قابلیّت هضم مواد مغذّی به دنبال کاهش اندازه ذرات علوفه، مربوط به کاهش ماندگاری شکمبه-ای و افزایش نرخ عبور مواد خوراکی ریز از شکمبه است. در مقابل، کونوناف و هنریچز (۱۶)، تأثیری مبنی بر کاهش قابلیّت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی با کاهش اندازه ذرات علوفه مشاهده نکردند. به نظر می‌رسد با بروز نوعی اثر متضاد بین کاهش اندازه ذرات و مکمل‌سازی روغن (کاهش زمان ماندگاری و افزایش نرخ عبور با کاهش اندازه ذرات و پوشانندگی مواد خوراکی و کاهش قابلیت هضم و در نهایت افزایش ماندگاری مواد جامد در شکمبه به دنبال مکمل سازی روغن) تغییرات در مصرف ماده خشک، مواد مغذی و قابلیت هضم تغییر یابد. بدیهی است با انجام آزمایش‌های دقیق به روش فاکتوریل این اثرات قابل تفکیک هستند، به لحاظ ماهیت این آزمایش این اثرات قابل تفکیک نیستند. هم‌چنین، روغن‌های غیراشباع مثل روغن سویا نسبت به چربی‌های اشباع، مثل پیه سبب افت بیشتری در هضم الیاف می‌گردند. به هر حال، به نظر می‌رسد برای مطالعه اثر چربی بر هضم کربوهیدرات ساختمانی باید تحقیقات بیشتری انجام شود. چربی‌ها سبب افزایش پروپیونات، کاهش استات، بوتیرات، پروتوزوآها، تولید متان و آمونیاک شده، ولی بر pH شکمبه تاثیری ندارند و در کل سبب تغییر مکان هضم کربوهیدرات‌ها از شکمبه به روده می‌شوند، که این عمل قابلیت هضم مواد خوراکی یا بخش‌های با قابلیت هضم پایین را بیشتر کاهش می‌دهد.

متابولیت‌ها و فراسنجه‌های هضم شکمبه‌ای

اسیدیته مایع شکمبه، نیتروژن آمونیاکی مایعات شکمبه، نرخ عبور مواد جامد از شکمبه، نرخ عبور مواد جامد از قسمت تحتانی دستگاه گوارش، زمان ماندگاری شکمبه‌ای، زمان تأخیر نشانگر و کل زمان ماندگاری در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار داشت، اما زمان ماندگاری قسمت تحتانی دستگاه گوارش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). افزودن روغن سویا و هم‌چنین کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه گردید (P=۰/۰۰۰۱). نرخ عبور و زمان ماندگاری مواد جامد در شکمبه و قسمت انتهایی دستگاه گوارش تحت تأثیر افزودن مکمل روغن سویا قرار نگرفت، اما زمان تأخیر نشانگر و کل زمان ماندگاری مواد جامد با افزودن مکمل روغن سویا به جیره افزایش یافت. با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه، نرخ عبور مواد جامد از شکمبه افزایش و زمان ماندگاری شکمبه‌ای، کل زمان ماندگاری و زمان تأخیر نشانگر کاهش یافت (جدول ۶).

کاهش اندازه ذرات در جیره‌های پر انرژی، به علت عدم تحریک نشخوار و ترشح بزاق کافی، به سبب تجزیه و تخمیر سریع مواد آلی سبب می‌شود تا pH مایع شکمبه کاهش یابد (۱۹ و ۲۸). در مقابل، تغذیه چربی به طور قابل ملاحظه‌ای pH شکمبه را تغییر نمی‌دهد. بتمن و جنکینز (۶)، با افزایش درصد مکمل روغن سویا از صفر تا ۸ درصد ماده خشک جیره تغییری در pH شکمبه مشاهده نکردند. لوایس و همکاران (۱۷)، با افزودن ۵ درصد پیه به جیره حاوی علوفه‌های بلند و ریز تأثیری روی pH شکمبه را گزارش نکردند. در جیره‌های حاوی ۵ درصد صابون کلسیمی یک مخلوط روغن گیاهی، pH شکمبه نیز تغییری نکرد (اوهاجوروکا وهمکاران، ۱۹۹۱). مرتنز (۱۹)، نشان داد pH مطلوب برای تجزیه الیاف بین ۶/۱ و ۷/۱ می‌باشد و در pH ۶ الی ۶/۴ هضم الیاف به ترتیب ۶۵ تا ۸۰ درصد کاهش یافت. در این آزمایش با کاهش اندازه ذرات pH به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما pH شکمبه با افزودن مکمل روغن در تیمار ۴ که حاوی پودر یونجه و ۴ درصد روغن بود در مقایسه تیمار ۳ به طور معنی‌داری افزایش یافت.

نتایج حاصل از آزمایش در رابطه با کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه به دنبال مصرف روغن سویا با نتایج باتمن و جنکینز (۶)، و لور و همکاران (۱۸)، مطابقت داشت ولی با نتایج اونتی و همکاران (۲۲)، هم‌خوانی نداشت. لور و همکاران (۱۸)، کاهش نیتروژن آمونیاکی شکمبه به دنبال مصرف روغن سویا را به کاهش جمعیت پروتوزوآی شکمبه نسبت دادند. یانگ و بوچمین (۳۰)، دریافتند که کاهش اندازه ذرات، غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه را کاهش داد، در حالی که کونوناف و هنریچز (۱۶)، بوچمین و همکاران (۸)، تیموری و همکاران (۲۸)، و یانگ و بوچمین (۳۱)، کاهش معنی-داری را به دنبال کاهش اندازه ذرات علوفه بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه مشاهده نکردند. بوش و همکاران (۹)، اظهار کردند که افزودن پیه به جیره گوساله‌های شیری سرعت تخلیه شیردان را کاهش داد. نتایج نشان می‌دهد که نرخ عبور شکمبه‌ای در تیمارهای حاوی پودر یونجه با یا بدون روغن به ترتیب ۱۵ و ۱۱ درصد بیشتر از

تیمارهای حاوی یونجه بلند می‌باشد، که کاهش زمان تأخیر را توجیه می‌کند (۱۴). گزارشات کمی در رابطه با تأثیر مکمل روغن سویا بر نرخ عبور وجود دارد. کاهش اندازه ذرات سبب افزایش نرخ عبور و کاهش زمان ماندگاری شکمبه‌ای شد. از آن‌جایی که ذرات کوچک‌تر زودتر به اندازه بحرانی یا آستانه‌ای[1] یعنی ۱/۱۸ میلی‌متر می‌رسند، لذا سریع‌تر از منفذ شکمبه- نگاری عبور کرده و به همین دلیل مصرف خوراک افزایش می‌یابد، زیرا اثر پرکنندگی شکمبه با کاهش اندازه ذرات کاهش می‌یابد (۱ و ۲۸). اگرچه کاسکه و انگلهاردت (۱۴)، بیان کردند که همواره ذرات بزرگ‌تر نسبت به ذرات کوچک‌تر زمان بیشتری برای عبور از شکمبه نیاز دارند، اما به نظر می‌رسد علت افزایش نرخ عبور از شکمبه، افزایش ماده خشک مصرفی هم باشد (۱۶). تیموری و همکاران (۲۸)، گزارش کردند که با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه نرخ عبور شکمبه‌ای افزایش، زمان ماندگاری شکمبه‌ای، کل میانگین ماندگاری و زمان تأخیر نشانگر کاهش یافت. کاهش قابلیّت هضم الیاف جیره با کاهش اندازه ذرات به دلیل افزایش نرخ عبور و کاهش زمان ماندگاری شکمبه‌ای است، زیرا الیاف جیره در بخش‌های بعدی دستگاه گوارش هضم نمی‌شود. برخلاف تصور، کاهش قابلیّت هضم الیاف متعاقب مصرف روغن، تأثیری بر نرخ عبور و زمان ماندگاری شکمبه‌ای نداشت.

فراسنجه‌های خونی

تفاوت معنی‌دار بین غلظت گلوکز، نیتروژن اوره خون، کراتینین، کلسترول، لیپوپروتئین با دانسیته بالا[2] و پایین[3]، کلسیم و فسفر بین تیمارها وجود داشت، اما تفاوت معنی‌داری در غلظت تری‌گلیسرید خون بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (جدول ۵). روند مشخصی بین تیمارهای آزمایشی وجود ندارد. البته افزودن روغن سویا در تیمارهای حاوی یونجه بلند سبب افزایش و در تیمارهای حاوی پودر یونجه سبب کاهش غلظت گلوکز پلاسما شد. غلظت تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با دانسیته بالای پلاسما تحت تأثیر مکمل چربی قرار نگرفت، اما با افزودن روغن، غلظت لیپوپروتئین با دانسیته کم و کلسترول پلاسما به طور معنی‌داری افزایش یافت.

در جیره‌های حاوی یونجه بلند افزودن مکمل چربی تأثیری بر غلظت نیتروژن اوره خون نداشت. با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه، غلظت نیتروژن اوره خون افزایش یافت، اما غلظت‌های کلسترول، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با دانسیته بالا تحت تأثیر قرار نگرفت. تغییرات غلظت گلوکز و کراتینین با کاهش اندازه ذرات علوفه یونجه مشابه بود، به طوری که در تیمارهای حاوی روغن سویا با کاهش اندازه ذرات غلظت آن‌ها کاهش و در تیمارهای بدون روغن افزایش یافت (جدول ۵). در جیره‌های حاوی یونجه بلند، افزودن مکمل روغن سویا سبب افزایش غلظت کلسیم خون شد، اما تأثیری بر غلظت فسفر نداشت. در جیره‌های دارای پودر یونجه، افزودن مکمل روغن سویا سبب افزایش غلظت فسفر پلاسما شده، اما تأثیری بر غلظت کلسیم خون نداشت.

پالمیکوئیست و موزر (۲۴)، بیان کردند که مکمل سازی جیره با چربی محافظت شده سبب افزایش غلظت‌های کل لیپیدهای پلاسما و کاهش گلوکز و انسولین خون می‌شود. پالمیکوئیست و کونارد (۲۳)، دریافتند که جیره‌های با چربی بالا سبب مهار انسولین در تحریک مصرف گلوکز توسط بافت‌های مختلف می‌شوند که منجر به افزایش غلظت گلوکز پلاسما و در نتیجه افزایش تولید شیر می‌گردند. در واقع افزایش گلوکز خون سبب افزایش ساخت لاکتوز در بافت پستانی می‌شود. از آن جایی که لاکتوز کنترل کننده فشار اسمزی شیر و تنظیم کننده حجم شیر تولیدی می‌باشد، نهایتاً سبب افزایش تولید شیر می‌گردد. پالمیکوئیست و کونارد (۲۳)، دریافتند که با افزایش سطح چربی غلظت تری‌گلیسرید و اسید چرب غیراستریفیه افزایش یافت، که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. هم‌چنین، افزودن مکمل روغن سویا سبب افزایش غلظت کلسترول پلاسما گردید. با توجه به این که افزودن مکمل چربی به جیره‌ها، بدون توجه به اندازه ذرات علوفه یونجه، غلظت لیپوپروتئین با دانسیته بالا و پایین که ناقلین اصلی تری‌گلیسریدهای پلاسمایی هستند را به صورت درجه یک افزایش داد، به نظر می‌رسد فراهمی پروتئین برای بافت پستانی کاهش یابد. بنابراین این فرضیه قوّت می‌گیرد که با افزودن مکمل چربی به جیره‌ها غلظت پروتئین شیر کاهش یابد. اطلاعات ما درباره تأثیر اندازه ذرات علوفه یونجه بر فراسنجه‌های خونی گاوهای شیری کم بوده و گزارشاتی مبنی بر آن مشاهده نگردید. کانال و همکاران (۱۰)، بیان کردند که مکمل‌سازی جیره‌ها با چربی تأثیری بر نیتروژن اوره خون ندارد، اما نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن مکمل روغن سویا در جیره‌های حاوی پودر یونجه، نیتروژن اوره خون را کاهش داد، که با نتایج رومو و همکاران (۲۵)، مطابقت دارد.

رفتار جویدن

زمان مصرف خوراک، زمان نشخوار و کل فعّالیّت جویدن و هم‌چنین فعّالیّت جویدن به ازاء مواد مغذّی مختلف بین تیمارها تفاوت معنی داری داشتند (جدول ۶). مکمل‌سازی چربی حدوداً سبب ۷ درصد کاهش در کل فعّالیّت جویدن دام شد. کاهش اندازه ذرات علوفه در جیره تأثیری بر زمان صرف شده برای خوردن نداشت، اما زمان نشخوار و کل فعّالیّت جویدن گاوها به طور معنی‌داری کاهش یافت. زمان نشخوار برای گاوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی

1-Critical size
2-High density lipoprotein (HDL)
3- Low density lipoprotein (LDL)

یونجه بلند و روغن سویا و یا بدون روغن سویا نسبت به گاوهای تغذیه شده با پودر یونجه به ترتیب ۶۹ و ۷۸ دقیقه افزایش داشت. کاهش اندازه ذرات در جیره‌های حاوی روغن و بدون روغن به ترتیب سبب ۱۶ و ۱۷/۳ درصد کاهش فعّالیّت جویدن شد (جدول ۶).

کاهش اندازه ذرات یونجه زمان مصرف خوراک و نشخوار به ازای مصرف هر واحد ماده خشک، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، کربوهیدرات غیرالیافی، پروتئین و چربی خام را کاهش داد. در مورد کل فعّالیّت جویدن نیز روند تغییرات مشابه نتایج زمان های مصرف خوراک و نشخوار بود. با افزودن روغن سویا و کاهش اندازه ذرات علوفه، زمان صرف شده برای خوردن به ازای مصرف هر واحد الیاف موثر فیزیکی کاهش یافت. زمان نشخوار و کل فعّالیّت جویدن به ازای مصرف هر واحد الیاف موثر فیزیکی با کاهش اندازه ذرات، افزایش و با افزودن روغن سویا کاهش یافت. مکمل چربی تأثیر معنی‌داری بر فعّالیّت جویدن نداشت. به هر حال گزارش‌های کمی در این رابطه وجود دارد. به نظر می‌رسد بیشترین عامل موثر بر فعّالیّت جویدن در این پژوهش اندازه ذرات باشد، نه مکمل چربی. برای تحریک فعالیت جویدن و تشکیل سقف شکمبه‌ای و پایداری آن، ذرات باید در شکمبه بمانند تا موثر شوند (۲۸). کاهش اندازه ذرات سبب کاهش فعّالیّت نشخوار و کل فعّالیّت جویدن شد، در نتیجه سبب ماندگاری شکمبه‌ای، هضم الیاف و درصد چربی شیر گردید. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج کونوناف و هنریچز (۱۶)، بوچمین و همکاران (۸)، تیموری و همکاران (۲۸)، و یانگ و بوچمین (۳۱)، هم خوانی دارد. کاهش اندازه ذرات یونجه بر زمان مصرف خوراک تأثیری نداشت، که می‌تواند به کم‌تر بودن اندازه ذرات مواد خوراکی از اندازه آستانه‌ای مورد نیاز قبل از بلعیدن خوراک مربوط باشد (۸). بیشترین و کم‌ترین مقدار فعّالیّت جویدن (زمان مصرف خوراک و نشخوار) به ترتیب مربوط به تیمار حاوی یونجه بلند بدون روغن و تیمار حاوی یونجه بلند و روغن مشاهده شد.

تولید و ترکیبات شیر

مقدار شیر تولیدی، مقدار و درصد چربی، مقدار و درصد پروتئین و مقدار مواد جامد شیر بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری داشتند، اما مقدار شیر تصحیح شده بر اساس ۴ درصد چربی، مقدار پروتئین، درصد لاکتوز، درصد مواد جامد شیر بین تیمارها یکسان بود (جدول ۷). کاهش اندازه ذرات یونجه در تیمارهای حاوی روغن سویا تولید شیر را افزایش داد، هر چند اثر دوره و گاو نیز بر تولید شیر معنی‌دار بوده است (جدول ۷). اندازه ذرات و مکمل روغن سویا تأثیری بر تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۴ درصد چربی، تولید پروتئین شیر (کیلوگرم در روز)، درصد لاکتوز و مواد جامد شیر نداشتند. اگرچه کاهش اندازه ذرات علوفه سبب کاهش عددی درصد چربی شیر شد، اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. کاهش اندازه ذرات نیز بر درصد پروتئین و تولید مواد جامد شیر تأثیری نداشت، اما افزودن روغن سویا درصد چربی، تولید چربی و درصد پروتئین شیر را کاهش داده و بیشترین کاهش درصد چربی شیر مربوط به تیمار حاوی روغن سویا و پودر یونجه بوده است (جدول ۷).

افزودن روغن سویا، تولید شیر را افزایش و درصد چربی و پروتئین شیر را کاهش داده است. احتمالاً افزایش تولید شیر به واسطه افزایش مصرف انرژی است (۲). مکمل روغن سویا با مهار تخمیر شکمبه‌ای و کاهش هضم الیاف در شکمبه، کاهش فراهمی استات برای غده پستان و افزایش تولید شکمبه‌ای اسیدهای چرب ترانس می‌شود که این موارد درصد چربی شیر را کاهش می‌دهند (۷).

افزایش تولید شیر و افت پروتئین شیر در جیره‌های حاوی روغن سویا، بدون توجه به طول ذرات علوفه یکسان بود، که این یافته‌ها با نتایج تاکت و همکاران (۲۷)، و جنکینز و همکاران (۱۳)، هم خوانی دارد.

جدول ۵- متابولیت‌های خونی در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح مختلف اندازه ذرات یونجه و روغن سویا

اندازه ذرات	تیمارهای آزمایشی				انحراف استاندارد	احتمال معنی‌داری		
	یونجه بلند		یونجه ریز					
درصد چربی مکمل	۰/۰	٤	۰/۰	٤		تیمار	دوره	گاو
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۳۰/۷۵^{c}	۴۲/۷۵^{b}	۵۱/۰۰^{a}	۳۲/۷۵^{c}	۰/۴۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۶۴۸۳	۰/۲۳۱۵
نیتروژن اوره خون (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۱/۲۰^{c}	۱۲/۰۰^{c}	۱۴/۰۰^{a}	۱۳/۰۰^{b}	۰/۱۳۳	۰/۰۰۷۴	۰/۰۲۴۳	۰/۳۱۶۱
کراتینین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۰/۹۳^{b}	۱/۴۱^{a}	۱/۲۶^{a}	۱/۳۷^{a}	۰/۰۳۰	۰/۰۰۷۲	۰/۹۸۱۶	۰/۹۶۰۳
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۷۳/۴۷^{b}	۱۹۸/۵۰^{a}	۱۱۰/۰۰^{b}	۲۳۱/۳۰^{a}	۱۱/۱۸۸	۰/۰۱۲۳	۰/۴۴۹۱	۰/۵۱۳۰
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۲۱/۷۵	۲۷/۷۵	۲۳/۰۰	۲۶/۰۰	۱/۲۳۵	۰/۳۱۴۲	۰/۴۶۸۶	۰/۶۰۲۶
لیپوپروتئین با دانسیته بالا (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۸۲/۹۰^{c}	۱۳۷/۳^{ab}	۸۷/۰۰^{bc}	۱۴۱/۰۰^{a}	۶/۹۲۱	۰/۰۲۲۸	۰/۴۲۱۴	۰/۲۶۴۸
لیپوپروتئین با دانسیته پایین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۳۸/۰۰^{c}	۶۴/۰۰^{b}	۲۸/۰۰^{d}	۹۲/۷۵^{a}	۱/۱۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۴۵۱۷	۰/۶۸۲۴
کلسیم (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۸/۶۰^{c}	۱۰/۳۸^{a}	۹/۱۰^{bc}	۹/۳۳^{b}	۰/۰۷۸	۰/۰۰۲۲	۰/۷۳۶۳	۰/۴۵۸۷
فسفر (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۶/۲۸^{a}	۶/۳۰^{a}	۴/۱۷^{b}	۵/۸۳^{a}	۰/۰۶۴	۰/۰۰۰۵	۰/۲۶۵۰	۰/۹۸۰۲

جدول ٦- فعّالیّت جویدن در گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح مختلف اندازه ذرات یونجه و روغن سویا

اندازه ذرات	تیمارهای آزمایشی				انحراف استاندارد	احتمال معنی داری		
	یونجه بلند		یونجه ریز					
درصد چربی مکمل	۰/۰	٤	۰/۰	٤		تیمار	دوره	گاو
زمان مصرف خوراک(دقیقه در روز)	۲۷۸/۳۲^{a}	۲۶۰/۱۰^{ab}	۲۲۵/۰۰^{ab}	۲۱۰/۰۰^{b}	۷/۴۴۹	۰/۰۵۶۲	۰/۲۵۰۰	۰/۱۰۹۹
زمان نشخوار(دقیقه در روز)	۴۷۲/۵۰^{a}	۴۳۸/۷۰^{ab}	۳۹۶/۰۰^{bc}	۳۷۰/۲۰^{c}	۷/۱۰۹	۰/۰۱۲۲	۰/۰۶۶۳	۰/۰۶۴۰
کل فعّالیّت جویدن (دقیقه در روز)	۷۵۰/۸۲^{a}	۶۹۸/۸۰^{ab}	۶۲۱/۰۰^{bc}	۵۸۰/۲۰^{c}	۱۳/۶۶۳	۰/۰۱۹۹	۰/۱۱۸۱	۰/۰۶۹۸
فعّالیّت جویدن به ازای مواد مغذّی مختلف (دقیقه در روز)								
زمان مصرف خوراک								
ماده خشک مصرفی	۱۳/۱۲^{a}	۱۲/۲۳^{ab}	۹/۹۳^{bc}	۹/۰۱^{c}	۰/۳۷۷	۰/۰۳۱۶	۰/۴۰۶۷	۰/۱۶۰۸
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۴۰/۰۰^{a}	۳۶/۴۸^{ab}	۳۲/۲۰^{bc}	۲۷/۳۰^{c}	۱/۰۲۲	۰/۰۲۵۱	۰/۴۱۹۷	۰/۱۲۴۱
الیاف موثر فیزیکی[1]	۴۶/۵۰^{b}	۴۲/۰۰^{c}	۴۵/۰۰^{a}	۴۰/۵۰^{d}	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۳۰۴
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۵۸/۷۶	۶۴/۵۶	۴۸/۷۳	۴۳/۷۵	۳/۲۸۴	۰/۲۰۱۵	۰/۴۰۱۷	۰/۳۸۴۸
کربوهیدرات غیرالیافی	۳۲/۱۵^{a}	۳۲/۵۴^{a}	۲۳/۵۰^{b}	۲۳/۹۶^{b}	۱/۰۰۵	۰/۰۳۸۰	۰/۴۱۰۴	۰/۱۳۳۸
پروتئین خام	۸۴/۴۱^{a}	۷۹/۱۰^{ab}	۶۴/۳۴^{bc}	۵۸/۴۱^{c}	۲/۶۰۲	۰/۰۴۳۲	۰/۴۰۱۸	۰/۱۸۵۲
چربی خام	۳۷۳/۱۷^{a}	۱۸۸/۲۰^{c}	۲۸۴/۷۴^{b}	۱۳۸/۸۰^{c}	۸/۷۷۴	۰/۰۰۰۸	۰/۵۲۰۴	۰/۲۵۳۷
زمان نشخوار								
ماده خشک مصرفی	۲۲/۲۱^{a}	۲۰/۷۰^{a}	۱۷/۵۱^{b}	۱۵/۹۱^{b}	۰/۳۱۲	۰/۰۰۲۷	۰/۱۰۴۵	۰/۰۵۶۶
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۷/۶۴^{a}	۶۱/۷۱^{b}	۵۶/۷۱^{b}	۴۸/۱۱^{c}	۰/۸۰۰	۰/۰۰۱۵	۰/۱۵۶۷	۰/۰۲۵۴
الیاف موثر فیزیکی	۷۷/۵۳^{b}	۴۸/۹۲^{d}	۷۹/۳۲^{a}	۷۱/۹۱^{c}	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲۰	۰/۵۳۰۴
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۹۹/۳۳^{ab}	۱۰۸/۷۱^{a}	۸۵/۹۳^{ab}	۷۷/۱۱^{b}	۴/۰۳۳	۰/۱۲۳۹	۰/۱۸۰۸	۰/۳۷۲۶
کربوهیدرات غیرالیافی	۵۴/۳۸^{a}	۵۵/۰۰^{a}	۴۱/۳۵^{b}	۴۲/۲۷^{b}	۰/۹۸۵	۰/۰۰۷۸	۰/۱۲۱۶	۰/۰۷۶۷
پروتئین خام	۱۴۲/۷۵^{a}	۱۳۳/۶۲^{a}	۱۱۳/۲۱^{b}	۱۰۲/۹۲^{b}	۲/۲۴۱	۰/۰۰۴۷	۰/۱۰۲۲	۰/۰۷۲۳
چربی خام	۶۳۱/۰۴^{a}	۳۱۸/۰۰^{c}	۵۰۱/۰۴^{b}	۲۴۴/۵۶^{d}	۵/۷۲۲	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۶۰	۰/۰۵۲۰
کل فعّالیّت جویدن								
ماده خشک مصرفی	۳۵/۳۲^{a}	۳۲/۹۰^{a}	۲۷/۴۰^{b}	۲۴/۹۲^{b}	۰/۶۶۸	۰/۰۰۸۰	۰/۲۲۹۹	۰/۰۹۳۵
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۱۰۷/۶۴^{a}	۹۸/۱۵^{ab}	۸۸/۹۰^{b}	۷۵/۴۰^{c}	۱/۷۱۹	۰/۰۰۴۷	۰/۲۸۳۰	۰/۰۵۱۸
الیاف موثر فیزیکی	۱۲۳/۴۱^{b}	۱۰۸/۰۰^{d}	۱۲۶/۰۰^{a}	۱۱۲/۷۱^{c}	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۴۰۳
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی	۱۵۸/۱۲	۱۷۳/۲۵	۱۳۴/۶۰	۱۲۰/۸۶	۷/۲۷۴	۰/۱۵۱۹	۰/۲۶۳۴	۰/۳۷۹۱
کربوهیدرات غیرالیافی	۸۶/۵۳^{a}	۸۷/۵۱^{a}	۶۴/۸۴^{b}	۶۶/۲۴^{b}	۱/۹۲۹	۰/۰۱۴۵	۰/۲۲۸۵	۰/۰۹۳۸
پروتئین خام	۳/۳۲^{bc}	۳/۲۸^{c}	۳/۵۰^{ab}	۳/۶۰^{a}	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵۲	۰/۳۵۷۴	۰/۴۲۳۵
چربی خام	۹۹۸/۸۵^{a}	۵۰۶/۲۰^{c}	۷۸۵/۸۰^{b}	۳۸۳/۳۲^{d}	۹/۸۷۷	۰/۰۰۰۱	۰/۳۴۹۱	۰/۱۲۶۳

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < ۰/۰۵$).

۱- الیاف موثر فیزیکی با ضرب کردن محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی نسبت ذرات باقی مانده روی الک با قطر منفذ ۱/۱۸ میلی‌متر به دنبال الک کردن خشک در مقدار آن به دست می‌آید.

علت کاهش درصد پروتئین شیر به دنبال مصرف روغن سویا ممکن است این باشد که با افزودن روغن سویا اسیدهای چرب زیادی وارد خون شده و با توجه به این که ناقلین اصلی آن‌ها لیپوپروتئین‌ها هستند که برای ساخت نیاز به پروتئین دارند، لذا با غده پستان برای دریافت پروتئین‌های پلاسما رقابت می‌کنند. به همین دلیل پروتئین کم‌تری به سطح پستان رسیده و پروتئین شیر کاهش می‌یابد. آلزاحال و همکاران (۲)، بیان کردند که تقریباً در بیشتر موارد افزایش تولید شیر با کاهش درصد پروتئین شیر همراه است و دریافتند که کاهش پروتئین شیر بیشتر به اثر رقیق شدن آن مربوط است تا به کاهش در تولید پروتئین شیر. کاهش اندازه ذرات یونجه تولید شیر را فقط در تیمارهای حاوی روغن افزایش داد که می‌تواند به واسطه افزایش انرژی مصرفی حاصل از روغن در جیره‌های حاوی پودر یونجه باشد، که با نتایج یانگ و بوچمین (۳۱)، هم‌خوانی دارد. در مقابل کونوناف و هنریچز (۱۶)، بوچمین و همکاران (۸)، و تیموری و همکاران (۲۸)،

دریافتند که اندازه ذرات علوفه تأثیری بر تولید شیر ندارد.

جدول ۷- تولید و ترکیب شیر گاوهای شیرده تغذیه شده با جیره‌های کاملاً مخلوط دارای سطوح مختلف اندازه ذرات یونجه و روغن سویا

اندازه ذرات	تیمارهای آزمایشی				انحراف استاندارد	احتمال معنی‌داری		
	یونجه بلند		یونجه ریز					
درصد چربی مکمل	۰/۰	٤	۰/۰	٤		تیمار	دوره	گاو
شیر تولیدی (کیلوگرم در روز)	۲۶/۸^{c}	۲۸/۷^{b}	۲۷/۹^{bc}	۳۰^{a}	۰/۲۴۵	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷
شیر تصحیح شده براساس ۴ درصد چربی (کیلوگرم در روز)[1]	۲۴/۴۷	۲۴/۲۲	۲۴/۸۶	۲۳/۷	۰/۱۶۸	۰/۰۱۴۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳
چربی شیر (درصد)	۳/۴۲^{a}	۲/۹۶^{b}	۳/۲۸^{a}	۲/۷^{b}	۰/۰۴۳	۰/۰۰۷۵	۰/۰۱۶۲	۰/۴۱۷۱
چربی شیر (کیلوگرم در روز)	۰/۹۲^{a}	۰/۸۵^{ab}	۰/۹۲^{a}	۰/۷۸^{b}	۰/۰۰۹	۰/۰۳۵۹	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۲۵
پروتئین شیر (درصد)	۳/۰۵^{a}	۲/۷۹^{b}	۲/۹۷^{a}	۲/۸۱^{b}	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۴۵	۰/۰۰۱۷
پروتئین شیر (کیلوگرم در روز)	۰/۸۱	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۰۱۰	۰/۲۰۷۶	۰/۰۰۵۶	۰/۰۳۴۱
لاکتوز (درصد)	۴/۳	۴/۲۳	۴/۲۸	۴/۱۴	۰/۰۴۱	۰/۵۱۷۴	۰/۶۲۴۵	۰/۱۴۹۱
مواد جامد شیر (درصد)	۷/۰۸	۷/۹۳	۸/۰۵	۷/۸۷	۰/۰۳۴	۰/۱۲۸۶	۰/۱۰۱۹	۰/۰۰۶۸
مواد جامد شیر (کیلوگرم در روز)	۲/۱۵^{b}	۲/۲۸^{ab}	۲/۲۴^{ab}	۲/۳۶^{a}	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۷

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < ۰/۰۵$).

۱- FCM (کیلوگرم) = تولید شیر (کیلوگرم) × ۰/۴ + مقدار تولید چربی شیر در روز × ۱۵

کاهش اندازه ذرات یونجه درصد چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد غیرچربی شیر را تحت تأثیر قرار نداد، که با نتایج تیموری و همکاران (۲۸)، و کونوناف و هنریچز (۱۶)، هم‌خوانی داشت، اما بوچمین و همکاران (۸)، گزارش دادند که اندازه ذرات علوفه تأثیری بر ترکیب شیر ندارد. تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۴ درصد چربی برای همه تیمارها یکسان بود، چون روغن سویا تولید شیر را افزایش و درصد چربی شیر را کاهش داد. چند عامل عدم پاسخ چربی شیر به اندازه ذرات جیره (الیاف موثر فیزیکی) را تشریح می‌کند. اولاً میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره‌ها که بالاتر از حداقل (۲۵ درصد) توصیه NRC (۲۰۰۱) می‌باشد (تقریباً ۳۲ درصد)، اگرچه بخش الیاف نامحلول در شوینده خنثی علوفه‌ای جیره‌ها در سطح توصیه شده بود (۱۹ درصد). ثانیاً کم‌ترین محتوی الیاف موثر فیزیکی جیره‌ها (۲۳/۱۸درصد) که به صورت ذرات باقی مانده روی الک با قطر منافذ ۱/۱۸ میلی متری محاسبه شد، برابر با توصیه مرتنز (۱۹)، به منظور حفظ چربی شیر در سطح ۳/۴ درصد برای گاوهای اوایل تا اواسط شیردهی، بود. با توجه به تعریف الیاف موثر درصد چربی شیر باید حفظ شده و یا افزایش یابد، اما در این پژوهش با افزودن روغن سویا درصد چربی شیر کاهش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که نمی‌توان از مکمل چربی غیراشباع به عنوان مؤلفه‌ای از الیاف موثر در جیره‌های گاو شیری بهره جست. اما با کاهش اندازه ذرات یونجه به دلیل کاهش فعّالیّت جویدن و نشخوار، کاهش pH شکمبه، کاهش قابلیّت هضم الیاف، کاهش نسبت استات به پروپیونات، عدم تشکیل سقف شکمبه‌ای پایدار و افزایش نرخ عبور، درصد چربی شیر کاهش می‌یابد (۱۹،۱ و ۲۸). کاهش اندازه ذرات سبب افزایش ماده خشک مصرفی شده و در نتیجه سبب افزایش تولید شیر می‌شود. کونوناف و هنریچز (۱۶)، با کاهش اندازه ذرات علوفه تغییری در ترکیب شیر مشاهده نکردند، ولی افزایش اندازه ذرات تنها سبب کاهش پروتئین شیر شد.

نتیجه گیری

استفاده از مواد خوراکی در تغذیه نه تنها ویژگی‌های شیمیایی و غلظت مواد مغذّی مهم بوده، بلکه ویژگی‌های فیزیکی مواد خوراکی نیز از اهمیّت به سزایی برخوردار است. به نظر می‌رسد که ذرات بلند علوفه می‌تواند با تشکیل سقف شکمبه‌ای پایدار، تحریک فعّالیّت جویدن، افزایش ترشح بزّاق، سبب بهبود محیط شکمبه و تجزیه بیشتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و سرانجام بهبود چربی شیر گردند که منبع خوبی از الیاف موثر فیزیکی می‌باشند. با بهره گیری از اندازه مناسب ذرات (الیاف موثر فیزیکی) بخش حجیم جیره و مکمل‌های مطلوب انرژی (انواع چربی‌ها) در مواقع بحرانی مانند اوایل شیردهی، تولید شیر بالا و تنش حرارتی، می توان به حفظ سلامت میکروارگانیسم‌های شکمبه و دام کمک شایانی نمود. در حالی که انتظار داشتیم روغن در جیره‌ها به عنوان مولفه الیاف موثر عمل کرده و چربی شیر را افزایش دهد یا حداقل سبب حفظ آن گردد، اما به دلیل کاهش قابلیّت هضم شکمبه‌ای الیاف نامحلول در شوینده خنثی، مقدار چربی شیر کاهش یافت. بررسی اثرات اندازه ذرات علوفه یونجه

و مکمل روغن سویا بر مصرف خوراک، قابلیّت هضم مواد مغذی، رفتار جویدن و عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین در اوایل شیردهی نشان می‌دهد که احتمال وجود اثرات متقابل بین این ویژگی‌ها وجود دارد، لذا مطالعه دقیق این اثرات با طراحی انجام آزمایش‌های دیگر توصیه می‌شود.

منابع

1- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 1598–1624.
2- AlZahal, O., N. E. Odongo, T. Mutsvangwa, M. M. Or-Rashid, T. F. Duffield, R. Bagg, P. Dick, G. Vessie, and B. W. McBride. 2008. Effect of monensin and dietary soybean oil on milk fat percentage and milk fatty acid profile in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 91:1166–1174.
3- American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 2002. Method of determining and expressing particle size of chopped forage (S424.1). Am. Soc. Agric. Eng., 70th ed. St. Joseph, MI.
4- Armentano, L., and M. Pereira. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. J. Dairy Sci. 80: 1416-1425.
5- Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official Methods of Analysis. Vol. 1. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
6- Bateman, H. G., and T. C. Jenkins. 1998. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 81:2451–2458.
7- Bauman, D. E., and J. M. Griinari. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low- fat milk syndrome. Livestock Prod. Sci. 70:15-29.
8- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, and L. M. Rode. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, rumen fermentation, and milk production. J. Dairy Sci. 86:630–643.
9- Bush, L. Y, J. D. Schuh, N. B. Tennille, and G. R. Waller. 1963. Effects of dietary fat minerals incidence of diarrhea and rate of passage of diets in the digestive tract of dairy calves. 46:703-709.
10- Canale, C. J., P. L. Burgess, L. D. Muller, and G. A. Varga. 1990. Calcium salts of fatty acids in diets that differ in neutral detergent fiber: effect on lactation performance and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 73:1031-1038.
11- Eastridge, M. L., and J. L. Firkins. 1991. Feeding hydrogenated fatty acids and triglycerides to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 74:2610–2616.
12- Grovum, W. L., and V. J. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of markers through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from changes in concentration of markers in feces. Br. J. Nutr. 30:231–242.
13- Jenkins, T. C., J. A. Bertrand, and W. C. Bridges, Jr. 1998. Interactions of tallow and hay particle size on yield and composition of milk from lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 81:1396–1402.
14- Kaske, J., and W. Von Englehardt. 1990. The effect of size and density on mean retention time of particles in the gastrointestinal tract of sheep. Br. J. Nutr. 63:457-465.
15- Kononoff, P. J. 2002. The effect of ration particle size on dairy cows in early lactation. Ph.D. Thesis. The Pennsylvania State Univ.
16- Kononoff P. J., and A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. J. Dairy Sci. 86:1445–1457.
17- Lewis W. D., J. A. Bertrand, and T. C. Jenkins. 1999. Interaction of tallow and hay particle size on ruminal parameters. J. Dairy Sci. 82:1532-1537.
18- Loor, J. J., J. H. Herbin, and T. C. Jenkins. 2002. Nutrient digestion, biohydrogenation, and fatty acid profiles in blood plasma and milk fat from lactating Holstein cows fed canola oil or canolamide. J. Anim. Feed Sci. Technol. 97:65-82.
19- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463-1481.
20- Mosley, S. A., E. E. Mosley, B. Hatch, J. I. Szasz, A. Carato, N. Zacharias, D. Howes, and M. A. McGuire. 2007. Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. J. Dairy Sci. 90:987-993.
21- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
22- Onetti, S. G., R. D. Schaver, and M. A. Mcguire. 2001. Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed corn silage-based diets. J. Dairy Sci. 84:2751-2759.
23- Palmquist, D. L., and H. R. Conrad. 1978. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. J. Dairy Sci. 61:890-901.
24- Palmquist, D. L., and E. A. Moser. 1981. Dietary fat effects on blood insulin, glucose utilization, and milk protein

content of lactating cows. J. Dairy Sci. 64:1664-1670.
25- Romo, G. A., R. A. Erdman, B. B. Teter, J. Sampugna, and D. P. Casper. 2000. Milk composition and apparent digestibilities of dietary fatty acids in lactating dairy cows abomasally infused with cis or trans fatty acids. J. Dairy Sci. 83:2609-2619.
26- SAS User's Guide: Statistics Version 8 Edition. 2001. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
27- Tackett, V. L., J. A. Bertrand, T. C. Jenkins, F. E. Pardue, and L. W. Grimes. 1996. Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 79:270–275.
28- Teimouri Yansari, A., R. Valizadeh, A. Naserian, D. A. Christensen, P. Yu, and F. Eftekhari Shahroodi. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 87:3912-3924.
29- Uden, P., E. Colucci, and P. J. Van Soest. 1980. Investigation of chromium, cerium, and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. J. Sci. Food Agric. 31:625–632.
30- Yang, W. Z., and K. A. Beauchemin. 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. J. Dairy Sci. 89:217-228.
31- Yang, W. Z., and K. A. Beauchemin. 2009. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: chewing and ruminal pH. J. Dairy Sci. 92: 1603–1615.