تولیدات دامی
دوره ۲۲ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۹
صفحه‌های ۲۶۹-۲۵۹

بررسی تأثیر فضای آخور و اندازه ذرات خوراک بر قابلیت هضم و فراسنجه‌های مدفوعی در گوساله‌های ماده هلشتاین

ایوب محمدی[۱]، فرهنگ فاتحی[۲*]، ابوالفضل زالی[۳]، مهدی گنج‌خانلو[۳]، امیرحسین سرزعیم[۱]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۰

چکیده

اثر فضای آخور و اندازه ذرات خوراک بر مقدار مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی جیره با استفاده از ٤٠ راس گوساله در حال رشد هلشتاین با میانگین وزن ۳۲/۸±۲۹۵/٦ کیلوگرم در طرح چرخشی با آرایه فاکتوریل ۲×۲ (با چهار تیمار، چهار دوره و چهار بهاربند) شامل فاکتور فضای آخور (۲٤ و ٤٨ سانتی‌متر) و فاکتور اندازه ذرات علوفه (٤/٦ و ۷/۱ میلی‌متر) بررسی شد. تیمارها در این آزمایش شامل ۱) تیمار با ۲٤ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٤/٦ میلی‌متر (۲٤/ریز)، ۲) تیمار با ۲٤ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ۷/۱ میلی‌متر (۲٤/درشت)، ۳) تیمار با ٤٨ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٤/٦ میلی‌متر (٤٨/ریز)، ٤) تیمار با ٤٨ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ۷/۱ میلی‌متر (٤٨/ درشت) بود. در رابطه با اثرات متقابل نشان داده شد که قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمار ٤٨/درشت در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت از تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). در نهایت این‌که تغذیه گوساله‌های ماده در حال رشد با جیره حاوی علوفه‌های با اندازه درشت، ضمن کمک به ایجاد محیط شکمبه‌ای سالم‌تر، قابلیت هضم مواد مغذی را افزایش می دهد.

کلیدواژه‌ها: اندازه ذرات علوفه، فضای آخور، فراسنجه‌های مدفوعی، قابلیت هضم مواد مغذی، گوساله.

The study of effects of feed bunk space and forage particle size on digestibility and fecal properties in Holstein female calves

Ayub Mohammadi[1], Farhang Fatehi[2*], Abofazl Zali[3], Mehdi Ganjkhanlou[3] and Amir Hossein Sarzaeem[1]
1. M.Sc. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Received: October 13, 2018 Accepted: November 1, 2019

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of feed bunk space and forage particle size on feed intake and nutrient digestibility in growing Holstein female calves. Fourty Holstein female calves with an average age of 8-12 months (295.6 ± 32.8 kg) were used in a 2×2 factorial change-over design (with four treatments, four periods and four stalls), in which 10 calves were allocated to each stall. The current experiment lasted 4 months as one month allocated to each period. The experimental treatments were included: 1) 24 cm of feed bunk space and average forage particle size of 4.6 mm (24/fine); 2) 24 cm of feed bunk space and average forage particle size of 7.1 mm (24/coarse); 3) 48 cm of feed bunk space and average forage particle size of 4.6 mm (48/fine); 4) 48 cm of feed bunk space and average forage particle size of 7.1 mm (48/coarse). The results of this study showed that the apparent digestibilities of DM, CP and NDF for the 48/Coarse treatment was the highest, the treatment of 24/Coarse had an intermediate state, and for the treatment of 48/fine and 24/fine were the lowest. Also, apparent digestibilities of DM, CP and NDF were higher for treatments including coarse forage particles than treatments with fine forage particle size. Finally, it seems that feeding growing Holstein heifers with diets containing coarse forage particle size could result in better nutrient digestibility.

Keywords: Calves, Fecal Characteristic, Feed bunk space, Forage particle size, Nutrient digestibility

* نویسنده مسئول Email: fatehif@ut.ac.ir

مقدمه

گاوهای شیری چهار تا هفت ساعت در روز را صرف خوردن خوراک و متناسب با ترکیب و بافت فیزیکی خوراک، حدود پنج تا نه ساعت در روز را صرف نشخوار می‌کنند. هم‌چنین گاوهایی که از محدودیت فضای جایگاه برخوردار هستند ۱۵ تا ۳۰ درصد احتیاجات غذایی بیش‌تری دارند [۱، ۱٦، ۲٤ و ۲۸]. گزارش شده است که مدت زمان صرف‌شده برای خوردن خوراک در تلیسه‌های در حال رشد که با خوراک با اندازه ذرات ریز تغذیه می‌شوند، در محدوده یک الی دو ساعت در روز [۱۵] بوده و برای خوراک با اندازه ذرات درشت‌تر روزانه درحدود پنج الی شش ساعت بوده است [۱٤]. اعتقاد کلی بر این است که با توجه به این‌که تلیسه‌ها مدت زمان کم‌تری از شبانه روز را به مصرف خوراک می‌گذرانند، به همین دلیل فضای آخور در این دام‌ها از اهمیت چندانی برخوردار نمی‌باشد، اما این دام‌ها از لحاظ رفتار تغذیه‌ای تمایل زیادی به بروز هم‌زمانی دارند. به این معنی که تمامی دام‌های بهاربند تمایل دارند که هم‌زمان به‌صورت گروهی فعالیت خوراک خوردن، نشخوار و یا استراحت‌کردن را انجام دهند [٦]. ازآنجایی‌که اوج مصرف خوراک معمولاً در زمان‌های خاصی از روز مانند زمان عرضه خوراک در آخور اتفاق می‌افتد، بنابراین محدودبودن فضای آخور می‌تواند به افزایش بروز رفتار رقابتی تغذیه‌ای به‌ویژه در طول ساعات اوج مصرف خوراک منتهی گردد [۵].

اندازه قطعات جیره که به‌عنوان الیاف مؤثر فیزیکی (peNDF) بیان می‌شود با قابلیت هضم ماده مغذی ارتباط مستقیمی دارد [۲٤]. اما در مطالعه‌ای مشاهده گردید که طول قطعات علوفه بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی اثر نداشته و افزایش قابلیت هضم ماده خشک در کل بخش‌های دستگاه گوارش به افزایش قابلیت هضم پس از شکمبه‌ای کل کربوهیدرات‌های غیرساختمانی در مقابل اثر قابلیت هضم فیبر، ارتباط دارد [۱۷]. به‌نظر می‌رسد که تفاوت در پاسخ متفاوت گاوها از لحاظ قابلیت هضم مواد مغذی به مقدار الیاف مؤثر فیزیکی در جیره‌ها مرتبط باشد [۱۷]. هم‌چنین برخی از پژوهش‌گران نشان دادند که کاهش اندازه قطعات اگرچه میزان مصرف را افزایش می‌دهد ولی قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی را کاهش می‌دهد [۲٤].

برای بهبود عملکرد شکمبه و تشکیل لایه الیافی آن نیاز به یک حداقل علوفه با اندازه قطعات مناسب وجود دارد. مطالعات زیادی در گذشته در رابطه با اثرات اندازه ذرات خوراک بر قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیرده انجام شده است [۱۰، ۱۱، ۱۸ و ۲۹]. مطالعات کمی در مورد اثرات اندازه ذرات علوفه روی قابلیت هضم مواد مغذی در تلیسه‌های در حال رشد صورت گرفته است. بنابراین بررسی اهمیت اندازه ذرات خوراک در کنار میزان دسترسی به فضای آخور می‌تواند درک صحیح‌تری از قابلیت هضم مواد مغذی این دام‌ها فراهم نماید. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هم‌زمان فضای آخور و اندازه ذرات علوفه بر مقدار مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی موجود در جیره در گوساله‌های ماده نژاد هلشتاین در حال رشد یود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ایستگاه آموزشی- پژوهشی گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج به‌مدت ۱۰۰ روز در چهار دوره ۲۵ روزه (هر دوره ۱٤ روز عادت‌دهی و ۱۱ روز نمونه‌برداری) انجام شد. در این مطالعه هر بهاربند به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. گوساله‌ها با توجه به سن و وزن به بهاربندها اختصاص داده شدند، برای این

منظور ٤٠ راس از گوساله‌های ماده هلشتاین در حال رشد بین هشت تا ١٢ ماه انتخاب و در هر بهاربند ١٠ راس گوساله به‌صورت گروهی قرار داده شد.

یونجه خشک و کاه گندم با استفاده از خرمن‌کوب با قطر توری قابل تنظیم (دهانه توری برای جیره ریز و درشت به‌ترتیب سه و شش سانتی‌متر) خرد شد. توزیع اندازه ذرات و میانگین هندسی یونجه خردشده، کاه خردشده و خوراک کامل در مطالعه حاضر (جدول ١) نشان داده شده است. تیمارها در این آزمایش شامل ١) تیمار با ٢٤ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٤/٦ میلی‌متر (٢٤/ریز)، ٢) تیمار با ٢٤ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٧/١ میلی‌متر (٢٤/درشت)، ٣) تیمار با ٤٨ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٤/٦ میلی‌متر (٤٨/ریز)، ٤) تیمار با ٤٨ سانتی‌متر فضای آخور و میانگین اندازه ذرات علوفه ٧/١ میلی‌متر (٤٨/ درشت) بود. جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی NRC (2001) برای تأمین احتیاجات گوساله‌های در حال رشد [٢٤] تنظیم شدند (جدول ٢). جیره‌ها از لحاظ انرژی، پروتئین خام و سایر مواد مغذی و معدنی یکسان و تفاوت آن‌ها در اندازه ذرات یونجه و کاه گندم مصرفی بود. جیره‌ها روزانه به‌صورت مصرف آزاد (تنظیم‌شده برای پنج تا ١٠ درصد باقی‌مانده خوراک) و به‌صورت کاملاً مخلوط در دو نوبت (٩:٠٠ صبح و ١٧:٣٠ بعد از ظهر) در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت.

نمونه‌گیری از خوراک و پس آخور در روزهای ١٥، ١٧، ١٩و ٢١ هر دوره انجام شد. مقدار ماده خشک مصرفی و مواد خوراکی مصرفی برای هر بهاربند به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین از مدفوع هر یک از گوساله‌ها به‌طور جداگانه سه روز در هر دوره (روزهای ١٦، ١٨ و ٢٠)، نمونه‌برداری شد. لازم به ذکر است که قبل از نمونه‌برداری از مدفوع، امتیازدهی مدفوع براساس سیستم نمره‌دهی ١ تا ٥ پیشنهادشده [١٢] انجام شد به‌طوری‌که نمره یک برای مدفوع بسیار سفت و نمره پنج برای مدفوع آبکی و بسیار شل در نظر گرفته شد. نمونه‌های خوراک و مدفوع به‌مدت ٤٨ ساعت در آون ٧٠ درجه خشک شد و ماده خشک سپس نمونه‌ها با آسیاب با توری یک میلی‌متر آسیاب شدند. در نمونه‌های به‌دست‌آمده، ماده خشک، پروتئین خام، خاکستر خام و ماده آلی براساس روش‌های مرسوم آزمایشگاهی [٣]، و مقادیر الیاف نامحلول در شوینده خنثی براساس روش توصیه‌شده [٢٧] اندازه‌گیری شدند.

جدول ١. توزیع اندازه ذرات و میانگین هندسی یونجه، کاه و خوراک کامل در جیره‌های آزمایشی

	اندازه منفذ	یونجه		کاه		جیره کاملاً مخلوط	
الک	(میلی‌متر)	سه سانتی‌متر	شش سانتی‌متر	سه سانتی‌متر	شش سانتی‌متر	سه سانتی‌متر	شش سانتی‌متر
الک بالایی	١٩	١٧	٢٠	١٥	١٩	١١/٧	٣٠/٣
الک میانی	٨	٢٣	٣٦	٣٠	٣٨	٣٧/٨	٣٤/٧
الک پایینی	١/١٨	٣٠	٣٠	٢٩	٣١	٣١/٥	٢٢/٦
تشتک	٠	٣٠	١٤	٢٦	١٢	١٩/٠	١٢/٥
میانگین هندسی (میلی‌متر)		٤/٦	٧/١	٤/٨	٧/٣	٥/٦	٩/٠
الیاف نامحلول در شوینده خنثی		٤٥/٤	٤٥/٤	٦٥/٢	٦٥/٢	٤٩/٧	٥٠/٧
الیاف مؤثر فیزیکی		١٨/٤	٢٥/٣	٢٩/٣	٣٧/٠	٢٤/٦	٣٣/٠

جدول ۲. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره تلیسه‌های هلشتاین در حال رشد

اقلام خوراکی	درصد ماده خشک
یونجه خشک[1]	۱۶/۲۱
سیلاژ ذرت	۳۶/۶۳
کاه گندم[1]	۲۱/۰۸
جو	۷/۸۳
سبوس گندم	٤/۱۷
سبوس برنج	۵/۲۲
کنجاله سویا	۵/۷٤
پودر گوشت	۱/۳۰
مکمل مواد معدنی و ویتامینی[2]	۰/۵۲
نمک	۰/۲٦
کربنات کلسیم	۰/۲٦
زئولیت	۰/۷۳
توکسین بایندر[3]	۰/۰۵
ترکیبات شیمیایی (در ماده خشک)	
انرژی خالص (مگاکالری بر کیلوگرم)	۱/۳۲
پروتئین خام (درصد)	۱۲/۷۹
پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (درصد پروتئین خام)	٦٦/۷٦
چربی خام (درصد)	۳/۳۹
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	۵۰/۱۹
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (درصد)	۳۰/٦۸
کربوهیدرات‌های غیر فیبری (درصد)	۲۵/۲۲
نشاسته (درصد)	۱۳/۹۲
کلسیم (درصد)	۰/۸۵
فسفر (درصد)	۰/۵۲

۱. مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی در یونجه خشک و کاه گندم به‌ترتیب برابر با ٤۵/٤ و ٦۵/۲ درصد بود.

۲. هر کیلوگرم از مخلوط مواد معدنی و ویتامین شامل موارد زیر است: ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی از ویتامین A، ۱۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی از ویتامین D3، ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی از ویتامین E، ۱٦۰ میلی‌گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۳۰ گرم گوگرد، ۳۰ گرم سدیم، ٤۰ گرم منیزیم، ٤۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۷۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰۰ میلی‌گرم مس، ٦۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۸۰ میلی‌گرم ید، ۵۰ میلی‌گرم کبالت و ۲۰۰۰ میلی‌گرم آنتی اکسیدانت.

۳. توگسین بایندر مورد استفاده در این مطالعه از نوع مایکوسورب بود.

در این مطالعه نشاسته موجود در نمونه‌های خوراک و مدفوع براساس روش توصیه‌شده [۷] اندازه‌گیری شدند. قابلیت هضم مواد مغذی براساس روش نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (AIA) اندازه‌گیری شد [۲٦].

در مطالعه حاضر، توزیع اندازه ذرات روی الک‌های پنسیلوانیا با استفاده از نمونه خوراک‌های جمع‌آوری‌شده طی روزهای ۱۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۱ محاسبه گردید و غلظت الیاف مؤثر فیزیکی جیره‌ها با استفاده از الیاف نامحلول در شوینده خنثی جیره‌ها و مقدار خوراک باقی‌مانده روی الک‌های بالایی محاسبه گردید به‌طوری‌که الیاف مؤثر فیزیکی دو

غربالی (مجموع مقدار باقی‌مانده روی الک‌های ۱۹ و هشت میلی‌متر) [۱۹] با استفاده از رابطه (۱) و الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی (مجموع مقدار باقی‌مانده روی الک‌های ۱/۱۸، ۸ و ۱۹ میلی‌متر) [۱٦] با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

رابطه ۱) = الیاف مؤثر فیزیکی (دو غربالی)
(درصد ذرات باقی مانده روی الک ۱۹ میلی‌متر + درصد ذرات باقی مانده روی الک ۸ میلی‌متر) × درصد دیواره سلولی جیره کاملاً مخلوط (براساس ماده خشک)

رابطه ۲) = الیاف مؤثر فیزیکی (سه غربالی)
(درصد ذرات باقی‌مانده روی الک ۱۹ میلی‌متر + درصد ذرات باقی‌مانده روی الک ۸ میلی‌متر + درصد ذرات باقی‌مانده روی الک ۱/۱۸ میلی‌متر) × درصد دیواره سلولی جیره کاملاً مخلوط (براساس ماده خشک)

هم‌چنین توزیع اندازه ذرات مدفوع و میانگین هندسی ذرات مدفوع به‌وسیله تکنیک الک تر (مدل Retsch, VS 1000, Germany) و با الک‌های با قطر منافذ ۱۲۵۰، ٦۳۰ و ۲۰۰ میکرون اندازه‌گیری شد [۷]. مدت زمان الک‌کردن ۱۰ دقیقه، شدت جریان آب چهار لیتر به‌ازای دقیقه، تعداد نوسانات شیکر ۳۰۰۰ در دقیقه و شدت آمپلی ۹۲ میلی‌متر بود. در نهایت برای اندازه‌گیری میانگین هندسی ذرات مدفوع از روش توصیه‌شده [۷] استفاده شد (رابطه ۳).

رابطه ۳) $$d_{gw} = Log^{-1}\frac{\sum(W_i\ Log\ d_j)}{\sum W_i}$$

در این رابطه، dgw، میانگین هندسی ذرات مدفوع (میلی‌متر)؛ dj، قطر منفذ الک (میلی‌متر) و Wi، درصد تجمعی ماده روی هر الک است.

برای بررسی اثرات تیمارها، هر بهاربند به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که شاخص‌هایی نظیر ماده خشک مصرفی به‌ازای هر بهاربند (میزان خوراک مصرفی برای ۱۰ راس گوساله داخل هر بهاربند) محاسبه شد. برای محاسبه شاخص‌های رفتار تغذیه‌ای برای هر بهاربند میزان این فعالیت‌ها برای هر یک از گوساله‌های درون هر بهاربند ارزیابی و در نهایت میانگینی برای هر بهاربند محاسبه شد.

داده‌های حاصل با استفاده از رویه آماری Mixed نرم‌افزار SAS (9.4) با درنظرگرفتن دوره نمونه‌گیری به‌عنوان عامل زمان و روز به عنوان عامل تکرار برای مدل‌های (٤) و (۵) تجزیه شدند [۱۳].

رابطه ٤) $$Y_{ijkm} = \mu + T_i + D_j + U_k + (T_i * D_j) + \varepsilon_{ijkm}$$

Y_{ijkm}، مشاهده ijkm؛ μ، میانگین کل؛ T_i، اثر i امین اثر تیمار؛ D_j، اثر j امین دوره؛ U_k، اثر تصادفی بهاربند (واحد آزمایشی)؛ $(T_i * D_j)$، اثر متقابل i امین تیمار و j امین دوره آزمایشی و ε_{ijkm}، اثر خطای آزمایشی.

رابطه ۵) $$Y_{ijkm} = \mu + T_i + D_j + (T_i * D_j) + \varepsilon_{ijkm}$$

Y_{ijkm}، مشاهده ijkm؛ μ، میانگین کل؛ T_i، اثر i امین اثر اصلی؛ D_j، اثر j امین دوره؛ $(T_i * D_j)$، اثر متقابل i امین اثر اصلی و j امین دوره آزمایشی و ε_{ijkm}، اثر خطای آزمایشی.

نتایج و بحث

تفاوت معنی‌داری بین تیمارها برای ماده خشک مصرفی وجود نداشت. مقدار ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی مصرفی برای تیمارهای ۲٤/ریز و ٤۸/ریز در مقایسه با تیمارهای ۲٤/درشت و ٤۸/درشت بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). مقدار الیاف مؤثر فیزیکی باقی‌مانده روی دو غربال هشت و ۱۹ میلی‌متر (الیاف مؤثر فیزیکی دو غربالی) و هم‌چنین الیاف مؤثر فیزیکی باقی‌مانده روی سه غربال ۱/۱۸، هشت و ۱۹ میلی‌متر (الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی) مصرفی برای تیمارهای ۲٤/درشت و ٤۸/درشت در مقایسه

با تیمارهای ۲٤/ریز و ٤۸/ریز بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). در واقع میزان مصرف الیاف مؤثر فیزیکی با افزایش اندازه ذرات علوفه افزایش یافت (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که حضور یک ماده حجیم (از جمله کاه و یونجه) با اندازه ذرات درشت در جیره سبب ماندگاری بیش‌تر خوراک در شکمبه شده و در نتیجه میکروارگانیسم‌ها می‌توانند مواد خوراکی را به‌طور کارآمدتر مورد هضم و تجزیه قرار دهند. با توجه به نتایج مربوط به تجزیه اثرات اصلی فضای آخور و اندازه ذرات علوفه، تفاوت در فراسنجه‌های مذکور به‌طور عمده مربوط به اثرات اندازه ذرات علوفه بوده است و عامل فضای آخور تأثیر معنی‌داری بر هیچ‌یک از این فراسنجه‌ها نداشته است (جدول ٤).

تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ قابلیت هضم ظاهری نشاسته وجود نداشت که می‌تواند به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله پایین‌بودن غلظت نشاسته در جیره گوساله‌ها در مطالعه حاضر باشد. با توجه به این‌که میزان ماده خشک مصرفی و سرعت عبور مواد خوراکی از دستگاه گوارش در دام‌های در حال رشد (برحسب ضریبی از ماده خشک مورد نیاز برای نگهداری) در مقایسه با گاوهای شیرده پایین‌تر می‌باشد [٤ و ۲۰]. بنابراین حصول مقادیر حداکثری قابلیت هضم نشاسته در دام‌های در حال رشد در مطالعه حاضر دور از انتظار نیست، به‌طوری‌که در این آزمایش میزان قابلیت هضم نشاسته برای تمامی تیمارها بیش از ۹٦ درصد می‌باشد.، میزان قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمار ٤۸/درشت در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (P<۰/۰۵؛ جدول ۳). باتوجه به نتایج مربوط به اثرات فضای آخور و اندازه ذرات علوفه، هر دو عامل مذکور برروی قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی اثر داشتند. به‌طوری‌که درصد قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت نسبت به تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ٤)، که علت آن می‌تواند به تشکیل لایه الیافی ضخیم در این تیمارها و در نتیجه نشخوار بیش‌تر، ترشح بزاق بیش‌تر و محیط شکمبه‌ای متعادل‌تر در کنار ماندگاری بیش‌تر مواد خوراکی در شکمبه نسبت داد [۱٦ و ۲۸]. هم‌چنین درصد قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و نشاسته برای تیمارهای دارای فضای آخور آزاد (٤۸ سانتی‌متر) در مقایسه با تیمارهای دارای فضای آخور محدود (۲٤ سانتی‌متر) نیز به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ٤)، که علت آن را می‌توان در پایین‌تربودن شدت رقابت و در نتیجه رفتار تغذیه‌ای طبیعی‌تر در مقایسه با تیمار دارای محدودیت در فضای آخور نسبت داد [۲۳]. در واقع در بخش دیگری از نتایج این مطالعه که به بررسی رفتار تغذیه‌ای گوساله‌ها پرداخته و در نشریه علوم دامی ایران [۲۲] به چاپ رسیده است به وضوح نشان داده شده است که قابلیت هضم مواد مغذی در دستگاه گوارش گوساله‌های در حال رشد می‌تواند تحت تأثیر فضای آخور قرار گیرد، به‌طوری‌که میانگین مدت زمان خوراک‌خوردن بر پایهٔ دقیقه در روز به‌ازای هر کیلوگرم مادهٔ خشک مصرفی و هم‌چنین به‌ازای هر کیلوگرم دیوارهٔ سلولی مصرفی برای بهاربندهای دارای فضای آخور آزاد (٤۸ سانتی‌متر) در مقایسه با بهاربندهای دارای فضای آخور محدود (۲٤ سانتی‌متر) بیش‌تر بود (p<۰/۰۵). در واقع نتایج این بررسی نشان داد، هرچه فضای آخور محدود باشد، گوساله‌ها تلاش می‌کنند تا در مدت زمان کم‌تری خوراک مورد نیاز خود را دریافت کنند و این بدین معنی است که گوساله‌ها در واقع سریع‌تر خوراک خود را می‌خورند تا این‌که بتوانند در شدت رقابتی که دارند پیروزتر باشند [۱۵].

جدول ۳. اثرات متقابل فضای آخور و اندازه ذرات علوفه بر مصرف و قابلیت هضم مواد مغذی

فراسنجه	تیمارها				SEM	P-value
	۲۴/ ریز	۲۴/ درشت	۴۸/ ریز	۴۸/ درشت		
مصرف (کیلوگرم در روز)						
ماده خشک	۸/۰۲	۷/۶۰	۷/۸۴	۷/۷۰	۰/۱۲۱	۰/۰۹۹
ماده آلی	۷/۳۲ a	۶/۹۴ c	۷/۱۵ ab	۷/۰۲ bc	۰/۰۴۶	<۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۱/۰۲ a	۰/۹۷ b	۱/۰۱ a	۰/۹۸ b	۰/۰۰۸	<۰/۰۰۰۱
نشاسته	۱/۱۳ a	۱/۰۵ b	۱/۱۰ ab	۱/۰۶ b	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳/۹۸ a	۳/۸۵ c	۳/۸۹ bc	۳/۹۰ b	۰/۰۱۷	<۰/۰۰۰۱
الیاف مؤثر فیزیکی دو غربالی[1]	۱/۹۷	۲/۵۵ a	۱/۸۷ b	۲/۴۳ a	۰/۱۰۰	<۰/۰۰۰۱
الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی[1]	۳/۳۰ ab	۳/۴۱ a	۳/۱۷ b	۳/۴۰ a	۰/۰۵۰	۰/۰۰۷
قابلیت هضم ظاهری (درصد)						
ماده خشک	۶۳/۱۳ c	۶۴/۷۵ b	۶۲/۳۵ c	۶۷/۸۸ a	۰/۴۵۲	<۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۶۵/۸۲ c	۶۷/۵۳ b	۶۵/۶۲ c	۷۰/۷۱ a	۰/۴۵۰	<۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۷۱/۷۷ b	۷۱/۷۹ b	۷۰/۶۸ b	۷۳/۹۰ a	۰/۴۲۸	۰/۰۰۴
نشاسته	۹۶/۶۵	۹۶/۵۰	۹۷/۱۹	۹۶/۸۴	۰/۵۹۲	۰/۸۵۶
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۵/۶۳ c	۶۸/۲۹ b	۶۵/۲۶ c	۷۰/۶۴ a	۰/۵۳۳	<۰/۰۰۰۱

a-c: تفاوت میانگین‌ها با حروف نامشابه در یک سطر معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

۱. الیاف مؤثر فیزیکی (الیاف مؤثر فیزیکی دو غربالی (مجموعه مقدار باقی‌مانده روی الک ۸ و ۱۹ میلی‌متر) و الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی (مجموعه مقدار باقی‌مانده روی الک‌های ۱/۱۸، ۹ و ۱۸ میلی‌متر).

جدول ۴. اثرات اصلی فضای آخور و اندازه ذرات علوفه بر مصرف مواد و قابلیت هضم مواد مغذی

فراسنجه	فضای آخور[1]		SEM	P-value	اندازه ذرات[1]		SEM	P-value
	۲۴	۴۸			ریز	درشت		
مصرف (کیلوگرم در روز)								
ماده خشک	۷/۸۱	۷/۷۷	۰/۰۸۵	۰/۶۲۷	a۷/۹۳	b۷/۶۵	۰/۰۸۵	۰/۰۰۴
ماده آلی	۷/۱۳	۷/۰۹	۰/۰۳۳	۰/۴۰۳	a۷/۲۴	b۶/۹۸	۰/۰۳۳	<۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۰۰۶	۰/۵۲۲	a۱/۰۲	b۰/۹۷	۰/۰۰۶	<۰/۰۰۰۱
نشاسته	۱/۰۹	۱/۰۸	۰/۰۱۱	۰/۶۸۶	a۱/۱۱	b۱/۰۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۶
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۳/۹۲	۳/۹۰	۰/۰۱۵	۰/۱۰۶	a۳/۹۴	b۳/۸۸	۰/۰۱۵	<۰/۰۰۰۱
الیاف مؤثر فیزیکی دو غربالی[2]	۲/۲۶	۲/۱۵	۰/۰۶۹	۰/۲۷۹	b۱/۹۲	a۲/۴۹	۰/۰۶۹	<۰/۰۰۰۱
الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی[2]	۳/۳۶	۳/۲۹	۰/۰۳۵	۰/۱۷۴	b۳/۲۴	a۳/۴۱	۰/۰۳۵	۰/۰۰۲
قابلیت هضم ظاهری (درصد)								
ماده خشک	۶۳/۹۴ b	۶۵/۱۲ a	۰/۳۹۶	۰/۰۰۲	b۶۲/۴ ۷	a۶۶/۳۱	۰/۳۹۶	<۰/۰۰۰۱
ماده آلی	۶۶/۶۸ b	۶۸/۱۶ a	۰/۳۷۷	۰/۰۰۰۳	b۶۵/۷۲	a۶۹/۱۲	۰/۳۷۷	<۰/۰۰۰۱
پروتئین خام	۷۱/۷۸	۷۲/۲۹	۰/۳۰۳	۰/۲۳۸	b۷۱/۲۳	a۷۲/۸۴	۰/۳۰۳	۰/۰۰۰۳
نشاسته	۹۶/۵۷	۹۷/۰۲	۰/۳۹۸	۰/۴۵۲	۹۶/۹۲	۹۶/۶۷	۰/۳۹۸	۰/۶۶۲
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	۶۶/۹۶ b	۶۷/۹۵ a	۰/۴۵۰	۰/۰۲۴	b۶۴/۴۴	a۶۹/۴۷	۰/۴۵۰	<۰/۰۰۰۱

a-c: با مقایسه آزمون توکی، میانگین‌هایی که در یک سطر حروف مشترک ندارند با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

۱. اثرات اصلی: فضای آخور (۲۴ و ۴۸ سانتی‌متر به‌ازای هر راس گوساله)، اندازه ذرات جیره (۴/۶ و ۷/۱ میلی‌متر).

۲ .الیاف مؤثر فیزیکی (الیاف مؤثر فیزیکی دو غربالی (مجموعه مقدار باقی‌مانده روی الک ۸ و ۱۹ میلی‌متر) و الیاف مؤثر فیزیکی سه غربالی (مجموعه مقدار باقی‌مانده روی الک‌های ۱/۱۸، ۹ و ۱۸ میلی‌متر).

برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه‌ای که با هدف تأثیر اندازه ذرات سیلاژ یونجه با رطوبت پایین (میانگین هندسی اندازه ذرات کوتاه ٤/١، نسبتاً کوتاه ٤/٨، نسبتاً بلند ٥/٧ و بلند ٦/٨ میلی‌متر) بر قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام در گاوهای اوایل شیردهی انجام گرفت، نشان داده شد که قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین خام با افزایش اندازه ذرات کاهش یافت [٢٥]. در مطالعه دیگری اثر الیاف مؤثر فیزیکی بر رفتار تغذیه‌ای، قابلیت هضم خوراک در تلیسه‌های جایگزین هلشتاین هشت تا ١٠ ماهه موردبررسی قرار گرفت. قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه قطعات سه و پنج سانتی‌متر در مقایسه با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه قطعات یک و هفت سانتی‌متر بیش‌تر بود [٢٨]. در مطالعه‌ای اثر اندازه ذرات یونجه (٣١، ٦٣ و ١٠٠ میلی‌متر) روی مصرف و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گاوهای شیری انجام گرفت، نشان داده شد که قابلیت هضم با افزایش اندازه ذرات علوفه کاهش یافته است [٢].

بین تیمارها از لحاظ نمره مدفوع تفاوت وجود داشت (P<٠/٠٥) و میزان آن برای تیمارهای ٤٨/درشت ٢٤/درشت در مقایسه با تیمارهای ٤٨/ریز و ٢٤/ریز بیش‌تر بود (جدول ٥). با توجه به تفکیک اثرات اصلی واضح است که فضای آخور تأثیری روی اسکور مدفوع نداشته است، درحالی‌که اثر اندازه ذرات معنی‌دار بوده است (P <٠/٠٥) به‌طوری‌که برای تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت بیش‌تر بود (جدول ٦). هم‌چنین بین ماده خشک مدفوع تیمارها تفاوت مشاهده شد (P<٠/٠٥) و میزان آن برای تیمارهای ٤٨/درشت و ٢٤/درشت در مقایسه با تیمارهای ٤٨/ریز و ٢٤/ ریز بیش‌تر بود (جدول ٥). مشابه با نتایج اسکور مدفوع، فضای آخور تأثیری بر ماده خشک مدفوع نداشت، درحالی‌که اندازه ذرات علوفه تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک مدفوع داشت (P<٠/٠٥). علت پایین‌تربودن اسکور مدفوع و ماده خشک مدفوع در تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات ریز را می‌توان به بالاتربودن سرعت عبور مواد از دستگاه گوارش در مقایسه با تیمارهای حاوی علوفه با اندازه ذرات درشت و دارای لایه الیافی شکمبه‌ای ضخیم‌تر نسبت داد [١٤ و ٢٦]. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ غلظت نشاسته، پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مدفوع مشاهده نگردید (جدول ٥).

در رابطه با توزیع اندازه ذرات در مدفوع باید بیان داشت که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ درصد ذرات باقی‌مانده روی الک‌های با قطر منافذ مختلف (١٢٥٠، ٦٣٠ و ٢٠٠ میکرومتر) وجود نداشت. هم‌چنین میانگین هندسی ذرات مدفوع برای تیمار ٤٨/ریز بالاتر و برای تیمار ٢٤/ریز پایین‌تر (٢/٨٥ در مقابل ٢/٧٠ میلی‌متر) بود (P </٠٥ ؛ جدول ٥). اما تفکیک اثرات اصلی نشان داد که میانگین هندسی ذرات مدفوع تحت تأثیر فضای آخور و اندازه ذرات (جدول ٦) علوفه قرار نگرفت. هم‌چنین در مطالعه‌ای که با هدف بررسی اثرات اندازه قطعات ذرات یونجه در جیره تلیسه‌های هلشتاین انجام گرفت، گزارش شد که اندازه ذرات مدفوع براساس میکرومتر در جیره‌های حاوی علوفه ریز بیش‌تر از جیره حاوی علوفه درشت‌تر بود (به‌ترتیب برای تیمارهای بلند، ٢٠٠٠ میکرومتر و ١٥٠٠ میکرومتر علف یونجه شامل ٢٢٧، ٢٩٠ و ٢٩٧ میکرومتربود) [٢٠].

لازم به ذکر است که ماده خشک مدفوع نیز همانند اسکور مدفوع تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت (P< ٠/٠٥)، به‌طوری‌که ماده خشک مدفوع برای جیره حاوی علوفه ریز در مقایسه با جیره حاوی علوفه درشت

کم‌تر بود (۱٤/۸۹ در مقابل ۱۵/٤۵ درصد). دلیل احتمالی پایین‌تربودن ماده خشک مدفوع در جیره‌های حاوی علوفه ریز را می‌توان به عبور سریع‌تر مواد از دستگاه گوارش و به‌درستی تشکیل‌نشدن مت شکمبه‌ای مرتبط دانست. طی مطالعه‌ای که گریتر و همکاران (۲۰۱۰) با مقایسه نوع دریافت جیره به‌صورت کاملاً مخلوط یا به‌صورت سرک روی رفتار تغذیه‌ای تلیسه‌های در حال رشد هلشتاین انجام دادند مشاهده کردند که اسکور در صورت سرک‌دادن قسمتی از جیره نسبت به جیره کاملاً مخلوط کاهش می‌یابد [۸]. در مطالعه دیگری تأثیر علوفه‌های مختلف در جیره گاوهای اوایل شیردهی روی فراسنجه‌های مدفوع مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که علوفه‌های مختلف ماده خشک مدفوع و NDF مدفوع را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد [۲۱].

جدول ۵. اثرات متقابل فضای آخور و اندازه ذرات علوفه روی خصوصیات و توزیع اندازه ذرات در مدفوع گوساله‌های ماده هلشتاین

خصوصیات مدفوع	تیمارها[1]				SEM	p-value
	۲٤/ریز	۲٤/درشت	٤۸/ریز	٤۸/درشت		
نمره مدفوع (نمره ۱ تا ۵)	۳/۸٤[b]	۳/۹۷[ab]	۳/۸۷[b]	٤/۰۷[a]	۰/۰٤٤	۰/۰۰۱
ماده خشک (درصد)	۱٤/۷۸[b]	۱۵/۵٦[a]	۱۵/۰۰[ab]	۱۵/۳۵[ab]	۰/۱۷٤	۰/۰۰٤
پروتئین خام (درصد)	۹/۹۸	۱۰/۰۵	۱۰/۳۲	۹/۹۹	۰/۱۵٦	۰/٤۷۳
نشاسته (درصد)	۱/۲۷	۱/۲۷	۱/۲٤	۱/۲۰	۰/۱۹۳	۰/۹٦۷
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	٤٦/۲۱	٤۵/۵۳	٤۵/۷٤	٤٦/۱۷	۰/۲۸۸	۰/۲۷۱
توزیع اندازه ذرات مدفوع						
الک ۱۲۵۰(میلی‌متر)	۲۱/۸۲	۲۰/۰۳	۱۹/۹۰	۲۰/٤۲	۰/٦۵۵	۰/۱٤۹
الک ٦۳۰(میلی‌متر)	۳۱/۳۱	۳۰/۸۷	۳۱/۷۷	۳۰/۹۷	۰/۵۱۳	۰/۵۹۹
الک ۲۰۰(میلی‌متر)	٤٦/۸۷	٤۹/۱۰	٤۸/۳۳	٤۸/٦۱	۰/۷۷	۰/۲۱۰
میانگین هندسی اندازه ذرات (میلی‌متر)	۲/۷۰ [b]	۲/۷۷ [ab]	۲/۸۵[a]	۲/۷۷ [ab]	۰/۰۳۷	۰/۰٤۹

a-d: مقایسه با آزمون توکی، میانگین‌هایی که در یک سطر حروف مشترک ندارند با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

۱. تیمارها ۲٤/ریز: ۲٤سانتی‌متر فضای آخور و خوراک ریز (علوفه سه سانتی‌متر)، ۲٤/درشت: ۲٤ سانتی‌متر فضای آخور و خوراک درشت (علوفه شش سانتی‌متر)، ٤۸/ریز: ٤۸ سانتی‌متر فضای آخور و خوراک ریز (علوفه سه سانتی‌متر)، ٤۸/درشت: ٤۸ سانتی‌متر فضای آخور و خوراک درشت (علوفه شش سانتی‌متر).

جدول ٦. اثرات اصلی فضای آخور و اندازه ذرات علوفه روی خصوصیات و توزیع اندازه ذرات در مدفوع گوساله‌های ماده هلشتاین

خصوصیات مدفوع	فضای آخور[1]		SEM	p-value	اندازه ذرات[1]		SEM	p-value
	۲٤	٤۸			ریز	درشت		
نمره مدفوع (نمره ۱ تا ۵)	۳/۹۰	۳/۹۷	۰/۳۸۷	۰/۱۲۲	۳/۸۵[b]	٤/۰۲[a]	۰/۳۸۷	۰/۰۰۰۱
ماده خشک مدفوع (درصد)	۱۵/۱۷	۱۵/۱۷	۰/۱۲۳	۰/۹۷۲	۱٤/۸۹[b]	۱۵/٤۵[a]	۰/۱۲۳	۰/۰۰۱
پروتئین خام مدفوع (درصد)	۱۰/۰۱	۱۰/۱٦	۰/٤۸۲	۰/۳٦۱	۱۰/۱۵	۱۰/۰۲	۰/٤۸۲	۰/۳۹٤
نشاسته (درصد)	۱/۲۷	۱/۲۳	۰/۰۸٤	۰/٦٤۱	۱/۲٦	۱/۲٤	۰/۰۸٤	۱/۸۸۰
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (درصد)	٤۵/۸۷	٤۵/۹۵	۰/۲۰٦	۰/۷۸۰	٤۵/۹۷	٤۵/۸۵	۰/۲۰٦	۰/٦۷۳
توزیع اندازه ذرات مدفوع								
الک ۱۲۵۰ (میلی‌متر)	۲۰/۹۲	۲۰/۱٦	۰/٤٦٦	۰/۲۲۰	۲۰/۸٦	۲۰/۲۳	۰/٤٦٦	۰/۳۰۷
الک ٦۳۰ (میلی‌متر)	۳۱/۰۹	۳۱/۳۷	۰/۳٦۲	۰/۵۹۹	۳/۵٤	۳۰/۹۲	۰/۳٦۲	۰/۲۳۷
الک ۲۰۰ (میلی‌متر)	٤۷/۹۸	٤۸/٤۷	۰/۵۵۰	۰/۵۰۹	٤۷/٦۰	٤۸/۸۵	۰/۵۵۰	۰/۰۹۰
میانگین هندسی ذرات (میلی‌متر)	۲/۷٤	۲/۸۱	۰/۰۲٦	۰/۰۵٦	۲/۷٦	۲/۷۷	۰/۰۲٦	۰/۹٤

a-b: مقایسه با آزمون توکی، میانگین‌هایی که در یک سطر حروف مشترک ندارند با هم اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

۱. اثرات اصلی: فضای آخور (۲٤ و ٤۸ سانتی‌متر به ازای هر راس گوساله)، اندازه ذرات (علوفه ریز سه سانتی‌متر و علوفه درشت شش سانتی‌متر).

نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد که قابلیت هضم کل مواد مغذی در تیمار ٤٨/درشت و ٢٤/درشت در مقایسه با تیمارهای ٤٨/ریز و ٢٤/ریز بیش‌تر بوده است بنابراین به‌نظر می‌رسد که تغذیه گوساله‌های ماده در حال رشد با جیره حاوی علوفه‌های با اندازه درشت، نه تنها به ایجاد محیط شکمبه‌ای سالم‌تر کمک می‌کند، بلکه برای حداکثرشدن قابلیت هضم مواد مغذی در این دام‌ها مؤثر است.

تشکر و قدردانی

از پرسنل مزرعه پژوهشی و نیز تکنسین‌ها و مسئولین آزمایشگاه تغذیه گروه علوم دامی دانشگاه تهران جهت همکاری در اجرای این مطالعه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع مورد استفاده

1. Beauchemin KA (1991) Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 7(2): 439-463.
2. Belyea RL, Martz FA and Mbagaya GA (1989) Effect of Particle Size of Alfalfa Hay on Intake, Digestibility, Milk Yield, and Ruminal Cell Wall of Dairy Cattle1. Journal of dairy science 72 (4): 958-963.
3. Chemists AA (1990) Official methods of analysis. Vol. I. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
4. DeVries TJ, Beauchemin KA and Von Keyserlingk MAG (2007) Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. Journal of dairy science 90(12): 5572-5579.
5. DeVries TJ, Von Keyserlingk MAG, Weary DM and Beauchemin KA (2003) Measuring the feeding behavior of lactating dairy cows in early to peak lactation. Journal of Dairy Science 86(10): 3354-3361.
6. DeVries TJ and Keyserlingk MAG (2009) Competition for feed affects the feeding behavior of growing dairy heifers. Journal of dairy science 92 (8): 3922-3929.
7. Fatehi F, Krizsan SJ, Gidlund H and Huhtanen P (2015) A comparison of ruminal or reticular digesta sampling as an alternative to sampling from the omasum of lactating dairy cows. Journal of dairy science 98(5): 3274-3283.
8. Greter A M, Leslie KE, Mason GJ, McBride BW, and Devries TJ (2010) Feed delivery method affects the learning of feeding and competitive behavior in dairy heifers. In Journal of dairy science 93 (8), pp. 3730–3737. DOI: 10.3168/jds.2009-2978.
9. Hall MB (2015) Determination of dietary starch in animal feeds and pet food by an enzymatic-colorimetric method. Collaborative study. In Journal of AOAC International 98 (2): 397-409.
10. Hartnell GF, Hatfield RD, Mertens DR and Martin NP (2005). Potential benefits of plant modification of alfalfa and corn silage to dairy diets. In Proceding Southwest Conference on Nutrition and Management, Tucson, AZ, USA 156-172.
11. Hummel J, Sudekum KH, Streich WJ and Clauss M (2006) Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times. In Functional Ecology 20(6): 989-1002.
12. Hutjens M (1999) Evaluating Manure on the Farm Extension Dairy Specialist, University of Illinois, Urbana.
13. Institute SAS (2011) SAS/IML 9.4 user's guide: Sas Institute.
14. Jaster EH and Murphy MR (1983) Effects of Varying Particle Size of Forage on Digestion and Chewing Behavior of Dairy Heifers1. Journal of Dairy Science 66(4): 802-810.
15. Kitts BL, Duncan IJH, McBride BW and DeVries TJ (2011) Effect of the provision of a low-nutritive feedstuff on the behavior of dairy heifer's limit fed a high-concentrate ration. Journal of dairy science 94(2): 940-950.
16. Kononoff PJ, Lehman HA and Heinrichs AJ (2002) Technical note-a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. Journal of dairy science 85(7): 1801-1803.
17. Kononoff PJ and Heinrichs AJ (2003) The Effect of Reducing Alfalfa Haylage Particle Size on Cows in Early Lactation. In Journal of dairy science 86(4): 1445-1457.
18. Krause KM and Combs DK (2003) Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. Journal of dairy science 86(4): 1382-1397.
19. Lammers BP, Buckmaster DR and Heinrichs AJ (1996) A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. Journal of Dairy Science 79(5): 922-928.

20. Martz FA and Belyea RL (1986) Role of Particle Size and Forage Quality in Digestion and Passage by Cattle and Sheep1, 2. Journal of dairy science 69(7): 1996-2008.
21. Mgbeahuruike AC, Nørgaard P, Eriksson T, Nordqvist M and Nadeau E (2016) Faecal characteristics and milk production of dairy cows in early-lactation fed diets differing in forage types in commercial herds. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science 66(1): 8-16.
22. Mohammadi A, Fatehi F, Zali A and Ganjkhanloo M, (2018) The investigation of interaction effects of feed bunk space and forage particle size on performance and feed consumption intensity within hours after feed delivery in Holstein female calves. Journal of Animal Sciences Researches, 28(4): 83-98. (in Persian)
23. Nasrollahi SM, Khorvash M, Ghorbani GR, Teimouri-Yansari A, Zali A and Zebeli Q (2012) Grain source and marginal changes in forage particle size modulate digestive processes and nutrient intake of dairy cows. Animal: an international journal of animal bioscience 6 (8): 1237-1245.
24. National Research Council (2001) Nutrient requirements of dairy cattle: Washington, DC: National Academy Press.
25. Teimouri Yansari A, Valizadeh R, Naserian A, Christensen DA, Yu P and Eftekhari Shahroodi F (2004) Effects of Alfalfa Particle Size and Specific Gravity on Chewing Activity, Digestibility, and Performance of Holstein Dairy Cows. Journal of dairy science 87(11): 3912-3924.
26. Van Keulen J and Young BA (1977) Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. Journal of animal science 44: 282-287
27. Van Soest PV, Robertson JB and Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science 74(10): 3583-3597.
28. Wang HR, Chen Q, Chen LM, Ge RF, Wang MZ, Yu L.H and Zhang J (2017) Effects of dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior, digestibility, and growth of 8- to 10-month-old Holstein replacement heifers. Journal of dairy science 100(2): 1161-1169.
29. Zebeli Q, Tafaj M, Junck B, Ölschläger V, Ametaj B.N and Drochner W (2008) Evaluation of the response of ruminal fermentation and activities of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes to particle length of corn silage in dairy cows. Journal of dairy science, 91(6): 2388-2398.