Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

Print ISSN: 2345 - 4261
Online ISSN: 2345 - 4253

Effect of forage feeding time and physical form of starter feed on dry matter intake, average daily gain, body skeletal growth and digestibility of Holstein dairy calves

Yahya Rajabi[1*], Yadollah Chashnidel[2], Asadollah Teimoury Yansary[2], Hassan Rafiee[3]

[1]PhD student in Department of Animal Sciences, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, Email: ajabiyahya@gmail.com
[2]Faculty member of Department of Animal Sciences, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[3]Animal Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 06/05/2025
Revised: 21/07/2025
Accepted: 12/08/2025

Keywords:
Calf
Forage
Physical form
Starter feed

ABSTRACT

Background and Objectives: The importance of calf breeding in the economic sustainability of dairy herds is clear. Apart from the milk feeding program, starter feed's physical form and the forage intake are effective factors in the growth of dairy calves. So far, no research has investigated the interaction effect of the physical form of the starter feed and the feeding time of forage on the performance of Holstein dairy calves. This experiment aims to investigate the effect of forage feeding time and the physical form of the starter feed on feed intake, average daily gain and body structural growth of Holstein dairy calves.

Materials and Methods: This experiment was conducted in the form of a completely randomized design and with a 2 x 2 factorial method, for 85 days. For this purpose, 40 calves were used, and the calves were divided into 4 experimental treatments (each treatment included 10 calves). Experimental diets include 1- ground starter feed with forage (10% alfalfa hay) from the first day of the experiment 2- ground starter feed with forage from the 21st day of the experiment 3- pelleted starter feed with forage from the first day of the experiment 4- pelleted starter feed with forage from the 21st day of the experiment. Statistical analyses were performed using the MIXED method by SAS software with the effect of time as repeated measurements.

Results: According to the results of this research, the interaction effect of forage feeding time × physical form of the starter feed was significant for starter feed intake, dry matter intake, body weight, and average daily gain in the entire period, as well as the final height of the withers and hips, so that eating pelleted diet along with forage from one day of age improved these traits compared to the group fed with ground diet along with forage from 21 days of age ($P<0.05$). Also, feeding pelleted feed increased starter feed intake, dry matter intake, body weight, average daily gain, and feed efficiency compared to ground starter feed ($P<0.05$). Also, the calves

consuming the pelleted feed had a higher withers and hip height than the calves consuming the ground diet. On the other hand, the effect of the feeding time of forage on the body weight of calves was significant in the whole period, so that feeding forage from one-day old caused an increase in body weight compared to 21 days old (P=0.021). Also, the average daily gains in the post-weaning period in calves consuming forage from the first day tended to increase compared to 21 days old (P=0.084). In addition, forage feeding from one-day old compared to 21 days old improved feed efficiency and increased the height of the withers (P=0.001) and hip (P=0.025). The interaction effect of forage feeding time × physical form of the starter feed for protein digestibility tended to be significant, so that calves fed the ground diet with alfalfa from the 21st day of age and calves fed the pellet diet with alfalfa from the 1st day of age had the highest protein digestibility. In addition, the digestibility of protein, fat and neutral detergent fiber increased in calves fed the pelleted diet compared to the ground diet. Also, feeding forage from one day of age increased the digestibility of neutral detergent fibers compared to 21 days of age.

Conclusion: Based on the results of this experiment, it can be stated that feeding 10% of alfalfa from one-day old compared to 21 days' old improved the performance (greater body weight and withers and hip height) and digestibility of dairy calves. Also, pelleted compared to ground starter feed resulted in improved performance, including improved starter intake, average daily gain, and skeletal growth. The interaction effects showed hat the use of forage in both the starter feed (ground and pelleted) from of the day 1-21 days leads to improved performance, but this improvement is more in the ground starter feed.

Cite this article: Rajabi, Y., Chashnidel, Y., Teimoury Yansary, A., Rafiee, H. (2026). Effect of forage feeding time and physical form of starter feed on dry matter intake, average daily gain, body structural growth and digestibility of Holstein dairy calves. *Journal of Ruminant Research*, 13(4), 135-155.

© The Author(s)
10.22069/ejrr.2025.23637.2008
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پژوهش در نشخوارکنندگان
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۶۱
شاپا الکترونیکی: ۲۳۴۵-۴۲۵۳

تأثیر زمان شروع مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن، رشد اسکلتی و قابلیت هضم گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

یحیی رجبی[1*]، یداله چاشنی دل[2]، اسداله تیموری یانسری[2]، حسن رفیعی[3]

[1] دانشجوی دکترای گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، رایانامه: ajabiyahya@gmail.com

[2] عضو هیات‌علمی گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[3] عضو هیات علمی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۴/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۲

واژه‌های کلیدی:
بافت فیزیکی
خوراک آغازین
علوفه
عملکرد
گوساله

چکیده

سابقه و هدف: اهمیت پرورش گوساله در موفقیت اقتصادی گله‌های شیری مشخص است. جدا از برنامه تغذیه شیر، شکل فیزیکی خوراک آغازین و همچنین مصرف علوفه از عوامل مؤثر در رشد گوساله‌های شیرخوار می‌باشند. بر اساس دانش نویسندگان تاکنون تحقیقی به بررسی اثر متقابل شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان شروع مصرف علوفه بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین نپرداخته است. هدف از این آزمایش بررسی تأثیر زمان شروع مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، رشد اسکلتی و قابلیت هضم گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با روش فاکتوریل ۲ × ۲ و به مدت ۸۵ روز انجام گرفت. بدین منظور از ۴۰ رأس گوساله نر با متوسط وزن تولد ۰/۷۴ ± ۳۹/۴۲ استفاده شد و گوساله‌ها بین ٤ تیمار آزمایشی (هر تیمار شامل ۱۰ رأس گوساله) تقسیم شدند. جیره‌های آزمایشی شامل ۱- خوراک آغازین آردی به همراه علوفه (۱۰٪ یونجه) از روز اول آزمایش ۲- خوراک آغازین آردی به همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش ۳- خوراک آغازین پلت به همراه علوفه از روز اول آزمایش ٤- خوراک آغازین پلت به همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش بود. آنالیزهای آماری داده‌ها با استفاده از روش MIXED توسط نرم‌افزار SAS با اثر زمان به‌عنوان اندازه‌گیری‌های تکرار شده انجام گردید.

یافته‌ها: طبق نتایج این تحقیق، اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای خوراک آغازین مصرفی، ماده خشک مصرفی، وزن بدن و متوسط افزایش وزن بدن در کل دوره و همچنین ارتفاع نهایی استخوان‌های جدوگاه و هیپ معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی موجب بهبود این صفات در مقایسه با گروه تغذیه‌شده با جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی گردید (P<۰/۰۵). همچنین تغذیه خوراک آغازین پلت موجب افزایش مصرف خوراک آغازین، ماده خشک مصرفی، وزن بدن، متوسط افزایش

وزن روزانه و بازده خوراک در مقایسه با خوراک آغازین آردی شد (P<۰/۰۵). همچنین گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین پلت ارتفاع جدوگاه و هیپ بالاتری نسبت به گوساله-های مصرف‌کننده جیره آردی داشتند. از سوی دیگر، اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر وزن بدن گوساله‌ها در کل دوره معنی‌دار شد به‌طوری‌که تغذیه علوفه از یک روزگی موجب افزایش وزن بدن در مقایسه با شروع مصرف علوفه در ۲۱ روزگی گردید (P=۰/۰۲۱). همچنین، افزایش وزن روزانه در دوره پس از شیرگیری در گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از روز اول نسبت به شروع مصرف علوفه در ۲۱ روزگی تمایل به افزایش داشت (P=۰/۰۸٤). علاوه بر این شروع مصرف علوفه از ۱ روزگی در مقایسه با ۲۱ روزگی موجب بهبود بازده غذایی و افزایش ارتفاع استخوان‌های جدوگاه (P=۰/۰۰۱) و هیپ (P=۰/۰۲۵) گردید. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم پروتئین تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که گوساله-های مصرف‌کننده جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین قابلیت هضم پروتئین را داشتند. علاوه بر این قابلیت هضم پروتئین، چربی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت نسبت به آردی افزایش یافت. همچنین تغذیه علوفه از یک روزگی در مقایسه با ۲۱ روزگی موجب افزایش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد که تغذیه یونجه به میزان ۱۰ درصد از یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی موجب بهبود عملکرد (وزن کل دوره، افزایش ارتفاع جدوگاه و هیپ) و قابلیت هضم در گوساله‌های شیرخوار گردید. همچنین خوراک آغازین پلت نسبت به آردی موجب بهبود عملکرد از جمله بهبود مصرف خوراک آغازین، افزایش وزن روزانه و رشد اسکلتی گوساله‌های آزمایشی گردید. اثرات متقابل نشان داد که استفاده از علوفه در هر دو خوراک آغازین آردی و پلت از یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی منجر به بهبود عملکرد می-شود، اما این بهبود در خوراک آغازین آردی بیشتر است.

استناد: رجبی، یحیی؛ چاشنی دل، یداله؛ تیموری یانسری، اسداله؛ رفیعی، حسن. (۱٤۰٤). تأثیر زمان شروع مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین بر مصرف ماده خشک، افزایش وزن، رشد اسکلتی و قابلیت هضم گوساله‌های شیرخوار هلشتاین. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۳(٤)، ۱۵۵-۱۳۵.

10.22069/ejrr.2025.23637.2008

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اهمیت پرورش گوساله برای موفقیت اقتصادی آینده یک گله گاو شیری کاملاً ثابت‌شده است. صرف‌نظر از برنامه تغذیه شیر، ترکیب و شکل فیزیکی خوراک آغازین گوساله به‌عنوان راهی برای افزایش مصرف خوراک موضوع تحقیقات زیادی بوده است که ممکن است به تفاوت‌های زیادی در عملکرد رشد و بازده خوراک منجر شود (Lesmeister و همکاران، ۲۰۱۵؛Terre و همکاران، ۲۰۰٤). بااین‌حال، شکل فیزیکی بهینه خوراک آغازین هم در تحقیقات اولیه (Noller و همکاران، ۱۹٦۱؛ Bartley، ۱۹۷۳) و هم در تحقیقات اخیر (Leao و همکاران، ۲۰۲۰) یک موضوع بحث‌برانگیز بوده است. آسیاب کردن ارزان‌ترین، ساده‌ترین و رایج‌ترین روش فرآوری غلات است (Yu، ۱۹۹٦) که آندوسپرم را با شکستن پریکارپ دانه در معرض هضم و تجزیه قرار می‌دهد (Hoseney، ۱۹۹٤)؛ بنابراین، آسیاب کردن هیچ تغییری در ویژگی‌های شیمیایی مولکول‌های مواد اولیه ایجاد نمی‌کند (Leao و همکاران، ۲۰۲۰)، با این حال سطح موجود برای اتصال میکروبی یا آنزیمی بالقوه را افزایش می‌دهد که در آن نرخ تجزیه شکمبه‌ای نشاسته به میزان فرآوری دانه بستگی دارد (Galyean و همکاران، ۱۹۸۱). برخلاف آسیاب کردن، پلت کردن خوراک آغازین، دسترسی به مواد مغذی را برای میکروب‌های شکمبه عمدتاً از طریق افزایش ژلاتینه شدن نشاسته افزایش می‌دهد (Bateman و همکاران، ۲۰۰۹) که به‌عنوان یک عامل مؤثر بر عملکرد رشد حیوانات در نظر گرفته می‌شود (Makizadeh و همکاران، ۲۰۲۰). در مقایسه با شکل خوراک آغازین آردی، خوراک آغازین پلت کارایی خوراک را با افزایش خوش‌خوراکی و مصرف خوراک بهبود بخشید که منجر به کاهش سن شیرگیری گردید (Bach و همکاران، ۲۰۰۷). با این حال، مطالعات دیگر گزارش کرده‌اند که شکل خوراک آغازین پلت، مصرف یا کارایی خوراک را در مقایسه با شکل آردی کاهش می‌دهد (Porter و همکاران، ۲۰۰۷). اختلافات یافت شده در بین مطالعات ممکن است تا حدی به تنوع زیاد در توزیع اندازه ذرات خوراک آغازین مربوط باشد.

از سوی دیگر تحقیقات اثرات مفید گنجاندن علوفه در خوراک آغازین را بر سلامت (Jahani-Moghadam و همکاران، ۲۰۱۵؛Hosseini و همکاران، ۲۰۱۹)، عملکرد (Castells و همکاران، ۲۰۱۵؛Jahani-Moghadam و همکاران، ۲۰۱۵) و کاهش رفتارهای غیر تغذیه‌ای گوساله نشان داده است (Montoro و همکاران، ۲۰۱۳؛Hosseini و همکاران، ۲۰۱۹)؛ با این حال، زمان بهینه گنجاندن علوفه به‌درستی مشخص نشده است.Suarez-Mena و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که سن شروع مصرف علوفه تأثیر زیادی بر عملکرد گوساله دارد. در تلاش برای تعیین سن بهینه گنجاندن علوفه،Hosseini و همکاران (۲۰۱٦) به این نتیجه رسیدند که ۱٤ روزگی سن بهینه برای شروع تغذیه علوفه است. با این حال، آن‌ها تیماری نداشتند که مصرف علوفه از ۳ روزگی شروع شود، یعنی سنی که خوراک آغازین مصرف می‌شود. از سوی دیگر،Heinrichs و Jones (۲۰۰۳) دریافتند که علوفه باید زمانی به گوساله‌ها داده شود که مصرف خوراک آغازین به ۲/۳ تا ۲/۷ کیلوگرم در روز برسد که در مطالعه آن‌ها در سن ٦ تا ۷ هفتگی رخ‌داده است. با این حال، این توصیه با استفاده از خوراک آغازین بافت‌دار ایجادشده است و ممکن است برای خوراک آغازین با نشاسته بالا و آردی که در آن اندازه ذرات غلات کوچک است، کاربرد نداشته باشد.

مطالعه حاضر فرض کرد که شکل فیزیکی خوراک آغازین احتمالاً در پاسخ گوساله‌های شیرخوار به زمان

آغاز مصرف علوفه تأثیرگذار است و شکل فیزیکی خوراک آغازین ممکن است با زمان آغاز مصرف علوفه در گوساله‌های شیرخوار اثر متقابل داشته باشد. بر اساس دانش نویسندگان، هیچ گزارشی برای ارتباط بین شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان آغاز مصرف علوفه در گوساله‌های شیری در دسترس نیست؛ بنابراین، لازم است تا صنعت پرورش گاو شیری از یک رویکرد سیستمی‌تر در تحقیق در مورد این موضوع بهره ببرد تا تأیید کند که کدام شکل فیزیکی خاص از خوراک آغازین و زمان آغاز مصرف علوفه برای عملکرد گوساله بهترین هستند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات شکل فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) و زمان آغاز مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) و همچنین برهمکنش آن‌ها بر مصرف خوراک آغازین، افزایش وزن بدن و رشد اسکلتی در گوساله‌های شیری هلشتاین بود.

مواد و روش‌ها

این طرح در شرکت زرین کشت پایدار زرندیه به انجام رسید. گوساله‌های نر با متوسط وزن تولد ۰/۷٤ ± ۳۹/٤۲ بلافاصله پس از تولد از مادر جداشده و از زایشگاه به آغوزخانه منتقل شدند. در ۱۰ ساعت اول تولد طبق دستورالعمل مزرعه، همه گوساله‌ها به میزان ۱۰ درصد وزن بدن خود آغوز دریافت کردند. در روز دوم و سوم مخلوط شیر کامل و آغوز به گوساله خورانده شد. از روز چهارم، گوساله‌ها بین ٤ تیمار (۱۰ رأس گوساله نر به ازای هر تیمار) تقسیم‌شده و در جایگاه‌های انفرادی قرار گرفتند. گوساله‌هایی که با سخت‌زایی و یا به‌صورت دوقلو متولد شدند و یا وزن آن‌ها کمتر از ۳۸ کیلوگرم بود، در آزمایش استفاده نشد. طول دوره آزمایش ۸۵ روز بود که گوساله‌ها در ۷۰ روزگی از شیر گرفته شدند.

تنظیم احتیاجات گوساله به مواد مغذی بر اساس NRC (۲۰۲۱) صورت گرفت. آنالیز و ترکیب مواد مغذی خوراک آغازین مورداستفاده در جدول ۱ نشان داده‌شده است. جیره‌های آزمایشی ازنظر فرآوری و زمان مصرف علوفه با یکدیگر متفاوت بودند. در این تحقیق زمان شروع مصرف علوفه در ۱ و ۲۱ روزگی و همچنین بافت خوراک آغازین گوساله به دو شکل پلت و آردی بود. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش فاکتوریل ۲ × ۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

۱) خوراک آغازین آردی به همراه علوفه از روز اول آزمایش
۲) خوراک آغازین آردی به همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش
۳) خوراک آغازین پلت به همراه علوفه از روز اول آزمایش
٤) خوراک آغازین پلت به همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش

نمونه‌های خوراک آغازین و پس‌آخور در آون (٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت) خشک شدند. نمونه‌های خوراک و پس‌آخور خشک هر تیمار با هم ترکیب شدند و با آسیاب با الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند (Ogaw Seiki Co., Ltd., Tokyo, Japan) و برای اندازه‌گیری پروتئین، عصاره اتری و خاکستر (AOAC، ۲۰۰۰) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. الیاف نامحلول در شوینده خنثی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نمونه‌ها به روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شدند. آلفا آمیلاز و سولفیت سدیم در سنجش الیاف نامحلول در شوینده خنثی استفاده گردید.

با شروع دسترسی گوساله‌های آزمایشی به خوراک آغازین، میزان خوراک مصرفی به‌صورت روزانه توزین شد، بدین‌صورت که پسماند آخور جمع‌آوری و هر روز در ساعت ۷ صبح توزین گردید. وزن گوساله‌ها در زمان ورود به طرح و بعدازآن در ۲۱ روزگی، شیرگیری (۷۰ روزگی) و انتهای آزمایش (۸۵ روزگی) اندازه‌گیری شد. افزایش وزن گوساله‌ها از

تفاوت وزن در دو مرحله زمانی متوالی محاسبه گردید. بازده غذایی از تقسیم افزایش وزن بر خوراک مصرفی محاسبه شد. ارتفاع جدوگاه، ارتفاع هیپ و عرض هیپ نیز در شروع آزمایش، ۲۱ روزگی، شیرگیری (۷۰ روزگی) و انتهای آزمایش (۸۵ روزگی) مورد سنجش قرار گرفت.

جدول ۱. اقلام مواد خوراکی و ترکیبات مواد مغذی جیره‌های آغازین آزمایشی **(بر اساس ماده خشک)**

Table 1. Ingredients and nutritional content of experimental starter feed (DM basis)

اجزاء خوراک Ingredient composition	درصد (٪)
دانه ذرت Corn grain	47.5
دانه جو Barley grain	6.0
کنجاله سویا Soybean meal	35.0
دانه سویا تف داده شده Roasted soybean grain	5.0
پودر چربی Fat powder	1.0
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.0
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.5
نمک طعام Salt white	0.5
مکمل ویتامینه و معدنی Mineral vitamin premix	3.0
بنتونیت Bentonite	0.5
مواد مغذی (درصد) Nutrient composition (%)	
ماده خشک Dry matter	89.10
انرژی قابل متابولیسم Metabolizable energy, Mcal/kg[3]	1.80
پروتئین خام Crude protein	20.50
چربی Fat	4.75
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	13.50
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	6.20
کلسیم Ca[3]	0.90
فسفر P[3]	0.40

[1]Prilled saturated free fatty acids (IFFCO, Johor Bahru, Malaysia).
[2]Contained per kg of vitamin supplement: Vit A (IU) = 1,500,000, Vit D (IU) = 50,000, Vit E (IU) = 1000, Ca (g) = 100, P (g) = 20, Mg (g) = 40, Zn (mg) = 2000, Cu (mg) = 500, I (mg) = 100, Co (mg) = 120, Mn (mg) = 1500, Se (mg) = 100.
[3]Calculated according to NRC (2001).

برای تعیین قابلیت هضم جیره‌های آزمایشی از روش خاکستر نامحلول در اسید به عنوان معرف داخلی استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی به مدت ٤ روز در روزهای ۲۱، شیرگیری و انتهای آزمایش از نمونه خوراک و مدفوع نمونه‌برداری شد. نمونه‌های مدفوع از هر گوساله به وسیله تحریک رکتوم گرفته شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده هر حیوان در کیسه‌های پلاستیکی داخل فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند. نمونه‌های مربوط به خوراک و مدفوع هر دام در آون در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۸ ساعت خشک و درصد ماده خشک آن تعیین شد.

سپس نمونه‌ها با استفاده از آسیاب با الک یک میلی-متری آسیاب شدند و برای تجزیه شیمیایی مورداستفاده قرار گرفتند. درنهایت درصد قابلیت هضم با استفاده از روش Van Keulen و Young(۱۹۷۷) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پروتئین، خاکستر و چربی از روش‌های مورداستفاده برای آنالیز خوراک استفاده شد.

آنالیزهای آماری با استفاده از روش MIXED توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ با اثر زمان به‌عنوان اندازه‌گیری‌های تکرار شده برای مصرف خوراک آغازین، ماده خشک مصرفی، وزن بدن و میانگین افزایش وزن روزانه با استفاده از مدل زیر انجام گردید:

$$Y_{ijkl}= \mu+ A_i+ F_j+ P_k +T_l+ (F\times T)_{il} + (P\times T)_{Kl}+ (F\times P)_{jk} + (F\times P\times T)_{jkl} + B(xi-x) + \varepsilon_{ijklj}$$

اجزای مدل متشکل از Y_{ijkl} متغیر وابسته؛ μ میانگین کل، A_i اثر تصادفی گوساله، F_j اثر ثابت زمان آغاز مصرف علوفه، P_k اثر ثابت شکل فیزیکی خوراک آغازین، T_l اثر ثابت زمان، $(F\times T)_{il}$ اثر متقابل بین زمان آغاز مصرف علوفه و زمان، $(P\times T)_{Kl}$ اثر متقابل بین شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان، $(F\times P\times T)_{jkl}$ اثر متقابل سه‌جانبه بین زمان آغاز مصرف علوفه، شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان، $B(xi-x)$ متغیر کمکی (برای وزن بدن و رشد اسکلتی، مقادیر اولیه به‌عنوان کووریت در نظر گرفته‌شده است) و ε_{ijkl} خطای تصادفی باقیمانده است. قبل از آنالیزها، همه داده‌ها برای نرمالیته با استفاده از روش Univariate توسط نرم‌افزار SAS موردبررسی قرار گرفتند. میانگین‌ها با آزمون توکی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با روش فاکتوریل در سطح احتمال ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. داده‌ها بر اساس ۵ دوره مختلف شامل ۱ تا ۲۱ روزگی (زمان شروع مصرف علوفه)، ۲۱ تا ۷۰ روزگی (شیرگیری)، پیش از شیرگیری (۱ تا ۷۰ روزگی)، ۷۰ تا ۸۵ روزگی (پس از شیرگیری) و کل دوره آنالیز شدند.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده‌شده است در کل دوره، اثر بافت خوراک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی موجب افزایش مصرف خوراک شد (P=۰/۰۲۵). اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه نیز معنی‌دار بود و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین مصرف خوراک و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین میزان مصرف را داشتند (P=۰/۰۳۵). اثر متقابل بافت خوراک × زمان معنی‌دار بود به این مفهوم که اثر بافت خوراک بر مصرف خوراک با افزایش سن گوساله افزایش یافت (P=۰/۰۳۰).

جدول ۲- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر خوراک آغازین و ماده خشک مصرفی

Table 2- The effect of forage feeding time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on dry matter and starter feed intakes

سطح احتمال معنی‌داری[1] P-value							خطای معیار	خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خوراک آغازین آردی Ground starter		
FFT × SF ×T	FFT × T	T × SF	T	FFT × SF	FFT	SF	SEM	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	متغیر Item
												خوراک آغازین مصرفی (گرم در روز) Starter intake (g/d)
-	-	-	-	0.142	0.450	0.502	30.20	157.12	162.15	121.10	142.15	۰-۲۱ روزگی 0-21 day
-	-	-	-	0.444	0.500	0.434	50.20	1364.64	1407.95	1332.31	1352.30	۲۱-۷۰ روزگی 21-70 day
-	-	-	-	0.522	0.211	0.122	38.20	760.89	785.07	726.70	747.19	پیش از شیرگیری (۷۰-۰ روزگی) Preweaning (0-70 day)
-	-	-	-	0.310	0.610	0.315	111.40	3630.00	3750.80	3530.10	3603.35	پس از شیرگیری (۸۵-۷۰ روزگی) Postweaning (70-85 day)
0.333	0.611	0.030	0.110	0.035	0.990	0.025	85.10	1715.35^{ab}	1770.28^{a}	1661.82^{b}	1699.10^{ab}	کل دوره (۸۵-۰ روزگی) Overall period (0-85 day)
												ماده خشک مصرفی (گرم در روز) Dry matter intake (g/d)
-	-	-	-	0.222	0.318	0.432	45.10	807.45	812.24	771.20	792.17	۰-۲۱ روزگی 0-21 day
-	-	-	-	0.033	0.210	0.032	65.32	1744.40^{ab}	1787.20^{a}	1712.35^{ab}	1672.05^{b}	۲۱-۷۰ روزگی 21-70 day
-	-	-	-	0.118	0.510	0.401	35.18	1460.22	1480.43	1465.10	1463.55	پیش از شیرگیری (۷۰-۰ روزگی) Preweaning (0-70 day)
-	-	-	-	0.314	0.601	0.510	100.22	3630.00	3750.80	3530.10	3603.35	پس از شیرگیری (۸۵-۷۰ روزگی) Postweaning (70-85 day)
0.205	0.112	0.032	0.511	0.402	0.111	0.201	99.15	2060.25	2114.21	2004.20	2022.10	کل دوره (۸۵-۰ روزگی) Overall period (0-85 day)

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT: اثر زمان مصرف علوفه؛ T: اثر زمان؛ FFT × SF: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه؛ T × SF: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT × T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه؛ FFT × SF ×T: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه.

[1]SF: Effect physical form of the starter feed; FT: Effect of forage feeding time; T: Time effect; FFT × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time; T × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time × Effect of time.

[a,b]حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).[a,b]Means within a row with different superscripts differ.

در دوره ۲۱ تا ۷۰ روزگی اثر بافت خوراک معنی‌دار بود و تغذیه خوراک پلت موجب افزایش ماده خشک مصرفی در مقایسه با خوراک آردی شد (P=۰/۰۳۲). همچنین اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز علوفه معنی‌دار بود و گروه تغذیه‌شده با جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین ماده خشک مصرفی و گروه تغذیه‌شده با جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین مصرف ماده خشک را داشتند (P=۰/۰۳۳). در کل دوره اثر متقابل بافت خوراک × زمان معنی‌دار شد (P=۰/۰۳۲).

مصرف خوراک آغازین در کل دوره زمانی که گوساله‌ها جیره‌های پلت را در مقایسه با جیره‌های آردی دریافت کردند افزایش یافت که احتمالاً به دلیل اندازه ذرات بیشتر مواد در جیره پلت است (Molaei و همکاران، ۲۰۲۱). Owens و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که کمترین میزان مصرف خوراک در گاوهای پرواری زمانی مشاهده شد که غلات به‌صورت آردی در مقایسه با غلات کامل، رول شده با بخار و یا ورقه شده با بخار عرضه شدند. بر این اساس، آسیاب کردن غلات به‌صورت ذرات کوچک این پتانسیل را دارد که تأثیر منفی بر مصرف داشته باشد (Theurer و همکاران، ۱۹۹۹؛Bateman و همکاران، ۲۰۰۹) که ناشی از کاهش pH شکمبه و تجمع لاکتات است که به کاهش مصرف منجر می‌شود (Murphy و همکاران، ۲۰۰۹؛ Khan و همکاران، ۲۰۰۸؛ Kazemi-Bonchenari و همکاران، ۲۰۱۷). در تأیید نتایج ما، Molaei و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که مصرف خوراک آغازین در گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت نسبت به جیره آردی بیشتر بود. برخلاف نتایج ما در رابطه با مصرف خوراک آغازین، Franklin و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که گوساله‌هایی که خوراک آغازین آردی دریافت می‌کنند، در مقایسه با گوساله‌هایی که با خوراک آغازین پلت تغذیه شدند، مصرف بیشتری دارند. علاوه بر این، مطالعه اخیر انجام‌شده توسط Leao و همکاران (۲۰۲۰) هیچ تفاوتی بین مصرف برای خوراک‌های آغازین آردی و پلت در گوساله‌های شیرخوار در دوره پیش از شیرگیری نشان نداد. این تفاوت‌ها در نتایج را می‌توان به میزان متفاوت مواد مغذی مورداستفاده برای فرمول‌بندی جیره‌های آردی و پلت نسبت داد. به‌عنوان‌مثال، در مطالعه Franklin و همکاران (۲۰۰۳)، خوراک آغازین پلت دارای الیاف نامحلول در شوینده خنثی بالاتری در مقایسه با خوراک آغازین آردی (۱٦/۲ در مقابل ۱۳/٦ درصد ماده خشک به ترتیب برای خوراک آغازین پلت و آردی) بود که می‌تواند تأثیر منفی بر مصرف خوراک جامد حیوان به علت پرشدگی دستگاه گوارش (Allen، ۲۰۰۰) داشته باشد. در مطالعه حاضر، همه گوساله‌ها خوراک آغازین پایه یکسانی دریافت کردند و تنها تفاوت در شکل فیزیکی بود. از سوی دیگر بیان‌شده است که خوراک آغازین پلت می‌تواند منجر به افزایش مصرف خوراک نسبت به خوراک آغازین آردی گردد که احتمالاً به علت نشخوار بیشتر و pH بالاتر در شکمبه است (Porter و همکاران، ۲۰۰۷؛ Khan و همکاران، ۲۰۱۱).

برخلاف آزمایش فعلی، Gahremani و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که افزودن کاه گندم به میزان ۱۰ درصد از ۲۱ روزگی نسبت به روز اول منجر به افزایش مصرف ماده خشک و خوراک آغازین گردید. همچنین Chen و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که افزودن یولاف از ۱۵ روزگی در مقابل ۳۰ روزگی منجر به افزایش مصرف خوراک آغازین گردید. هماهنگ با نتایج ما، Hosseini و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که مصرف علوفه (۱۵٪ یونجه) در هفته دوم و یا چهارم تفاوتی در میزان خوراک آغازین و ماده خشک مصرفی نداشت، اما گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از شش هفتگی نسبت به هفته دوم

مصرف کمتری داشتند. برخی از این اختلافات ممکن است به سطح گنجاندن علوفه و نوع منبع علوفه مربوط باشد. بیشتر تفاوت‌های مطالعاتی مربوط به نوع منبع علوفه و خوش‌خوراکی آن‌ها است (Castells و همکاران، ۲۰۱۲).

با توجه به نتایج جدول ۳، در هنگام شیرگیری (P=۰/۰٤۰) و در کل دوره (P=۰/۰٤۳) خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی موجب افزایش وزن بدن شد. همچنین در انتهای دوره (۸۵ روزگی)، اثر بافت خوراک تمایل به معنی‌داری داشت، به این مفهوم که خوراک پلت موجب افزایش وزن بدن نسبت به خوراک آردی شد (P=۰/۰۵۵). در کل دوره، اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر وزن بدن گوساله‌ها معنی‌دار شد، و تغذیه علوفه از یک روزگی موجب افزایش وزن بدن در مقایسه با ۲۱ روزگی گردید (P=۰/۰۲۱). همچنین اثرات متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه معنی‌دار شد،و تغذیه خوراک پلت به همراه علوفه از روز اول بیشترین وزن بدن را ایجاد نمود (P=۰/۰۱۱).

اثر بافت خوراک در ۲۱ تا ۷۰ روزگی (P=۰/۰۳۲) و کل دوره (P=۰/۰۰۳) معنی‌دار بود، و تغذیه خوراک پلت موجب بهبود افزایش وزن روزانه در مقایسه با خوراک آردی شد (جدول ۳). در دوره پس از شیرگیری، اثر اصلی زمان آغاز مصرف علوفه تمایل به معنی‌داری داشت و مصرف علوفه از روز اول نسبت به ۲۱ روزگی موجب بهبود افزایش وزن روزانه شد (P=۰/۰۸٤). اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در ۲۱ تا ۷۰ روزگی و کل دوره معنی‌دار بود (P=۰/۰۳۳)، و گروه تغذیه شده با جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین مقدار افزایش وزن روزانه را به خود اختصاص دادند و گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آردی به همراه علوفه از روز ۲۱ کمترین افزایش وزن را داشتند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان برای کل دوره معنی‌دار بود (P=۰/۰۳۳).

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده است اثر اصلی بافت خوراک در دوره پیش (P=۰/۰۸٤) و پس (P=۰/۰۷۵) از شیرگیری تمایل به معنی‌داری داشت و تغذیه خوراک پلت موجب افزایش بازده غذایی نسبت به خوراک آردی شد. اثر زمان مصرف علوفه در کل دوره معنی‌دار بود (P=۰/۰۱۲) و مصرف علوفه از ۱ روزگی موجب بهبود بازده غذایی در مقایسه با مصرف علوفه از ۲۱ روزگی شد. اثر متقابل برای بافت خوراک × زمان در کل دوره مشاهده شد (P=۰/۰٤۹).

در این مطالعه، گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره پلت وزن شیرگیری، پایان آزمایش و کل دوره بیشتری نسبت به آن‌هایی که با جیره آردی تغذیه‌شده بودند، داشتند. مصرف بیشتر خوراک آغازین در جیره پلت انرژی قابل سوخت‌وساز بیشتری نسبت به خوراک آغازین آردی فراهم می‌کند که درنتیجه منجر به افزایش وزن بیشتر می‌شود. روش فرآوری گرم (پلت کردن) نشان داد که پتانسیل افزایش قابلیت هضم نشاسته در شکمبه را در مقایسه با روش فرآوری سرد (یعنی آسیاب کردن) دارد (Bach و همکاران، ۲۰۰۷؛Gimeno و همکاران، ۲۰۱۵؛Rastgoo و همکاران، ۲۰۲۰). هماهنگ با نتایج ما، Molaei و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که تغذیه خوراک آغازین پلت منجر به افزایش وزن شیرگیری و پایان دوره نسبت به گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین آردی گردید.

جدول ۳- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر وزن بدن، افزایش وزن روزانه و کارآیی خوراک

daily gain, and feed efficiency Table 3- The effect of forage feeding time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on body weight, average

سطح احتمال معنی‌داری[1] P-value							خطای معیار	خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خوراک آغازین آردی Ground starter		متغیر
FFT × SF ×T	FFT × T	T × SF	T	FFT × SF	FFT	SF	SEM	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	Item
												وزن بدن (کیلوگرم) Starter intake (g/d)
–	–	–	–	0.118	0.610	0.160	0.077	41.15	42.50	41.20	41.60	شروع آزمایش First day
–	–	–	–	0.111	0.320	0.510	0.888	50.35	50.70	51.22	50.64	۲۱ روزگی 21 day
–	–	–	–	0.310	0.510	0.040	1.100	83.75	84.17	83.42	83.78	شیرگیری (۷۰ روزگی) Weaning (70 day)
–	–	–	–	0.122	0.414	0.055	5.168	114.41	118.31	113.20	115.35	نهایی (۸۵ روزگی) Final (85 day)
0.073	0.215	0.013	0.331	0.011	0.021	0.043	1.144	74.55^{b}	77.15^{a}	74.85^{b}	75.20^{ab}	کل دوره (۸۵-۰ روزگی) Overall period (0-85 day)
												افزایش وزن روزانه (گرم در روز) Average daily gain (g/d)
–	–	–	–	0.615	0.223	0.115	42.15	426.41	420.15	475.22	425.10	۰-۲۱ روزگی 0-21 day
–	–	–	–	0.033	0.311	0.032	120.87	673.10^{ab}	693.85^{a}	653.70^{b}	673.15^{ab}	۲۱-۷۰ روزگی 21-70 day
–	–	–	–	0.320	0.288	0.444	85.11	600.18	610.50	605.25	600.10	پیش از شیرگیری (۷۰-۰ روزگی) Preweaning (0-70 day)
–	–	–	–	0.211	0.084	0.250	118.10	2065.10	2266.45	2000.45	2133.15	پس از شیرگیری (۸۵-۷۰ روزگی) Postweaning (70-85 day)
0.210	0.112	0.033	0.511	0.033	0.110	0.003	120.20	858.11^{ab}	893.35^{a}	845.12^{b}	870.15^{ab}	کل دوره (۸۵-۰ روزگی) Overall period (0-85 day)
												بازده غذایی Feed efficiency
–	–	–	–	0.109	0.102	0.111	0.061	0.527	0.517	0.615	0.536	۰-۲۱ روزگی 0-21 day
–	–	–	–	0.410	0.401	0.554	0.085	0.404	0.405	0.337	0.407	۲۱-۷۰ روزگی 21-70 day
–	–	–	–	0.411	0.312	0.084	1.333	0.580	0.584	0.537	0.523	پیش از شیرگیری (۷۰-۰ روزگی) Preweaning (0-70 day)
–	–	–	–	0.320	0.110	0.075	0.811	0.568	0.604	0.566	0.592	پس از شیرگیری (۸۵-۷۰ روزگی) Postweaning (70-85 day)
0.110	0.333	0.049	0.220	0.118	0.012	0.114	0.065	0.416	0.422	0.421	0.430	کل دوره (۸۵-۰ روزگی) Overall period (0-85 day)

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT: اثر زمان مصرف علوفه؛ T: اثر زمان؛ FFT × SF: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه؛ T × SF: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT × T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه؛ FFT × SF ×T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین.

[1]SF: Effect physical form of the starter feed; FT: Effect of forage feeding time; T: Time effect; FFT × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time; T × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time × Effect of time.

[a,b]حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).[a,b]Means within a row with different superscripts differ.

برخلاف یافته‌های ما، Gahremani و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که گوساله‌های مصرف‌کننده کاه گندم در سن ۲۱ روزگی وزن شیرگیری بیشتری نسبت به گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از روز اول داشتند. همچنین Lin و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که زمان تغذیه یولاف تأثیری در افزایش وزن گوساله‌های شیرخوار نداشت؛ اما هماهنگ با نتایج ما، Hosseini و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه یونجه در سن پایین‌تر نسبت به سنین بالاتر افزایش وزن بیشتری داشتند که این می‌تواند به علت خوش‌خوراکی علوفه یونجه باشد (Phillips، ۲۰۰٤) که منجر به افزایش مصرف خوراک آغازین و درنهایت رشد بیشتر گوساله‌ها گردیده است. همچنین Chen و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که مصرف یولاف در سن دو هفتگی نسبت به ٤ هفتگی، منجر به افزایش مصرف خوراک آغازین و در نهایت بهبود افزایش وزن روزانه گردید. در طرح حاضر هرچند مصرف خوراک آغازین بین تیمارها معنی‌دار نبود اما به‌صورت عددی گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی خوراک آغازین بیشتری مصرف کردند که می‌تواند منجر به افزایش رشد و در نهایت افزایش وزن بدن گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از سن یک روزگی گردد. تغذیه علوفه از روز اول می‌تواند رشد شکمبه را با افزایش لایه عضلانی (Tamate و همکاران، ۱۹٦۲)، وزن (Khan و همکاران، ۲۰۱۱) و حجم (Castells و همکاران، ۲۰۱۳؛ Mirzaei و همکاران، ۲۰۱۵) شکمبه بهبود بخشد که ممکن است متعاقباً مصرف خوراک و وزن بدن را افزایش دهد. در مطالعه حاضر، گوساله‌های مصرف‌کننده یونجه از روز اول عملکرد بهتری نشان دادند که به‌احتمال‌زیاد به دلیل رشد زودتر و بیشتر شکمبه در مقایسه با گوساله‌هایی است که از سن ۲۱ روزگی با یونجه تغذیه شدند.Lin و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که گنجاندن علوفه در سنین پایین می‌تواند رشد شکمبه را در مقایسه با تغذیه علوفه در شش هفتگی بهبود بخشد.

مطابق نتایج جدول ٤، زمان مصرف علوفه بر ارتفاع جدوگاه در زمان شیرگیری (P=۰/۰۷۸) و کل دوره (P=۰/۰٦۰) تمایل به معنی‌داری داشت و در انتهای دوره معنی‌دار شد (P=۰/۰۰۱) و گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی ارتفاع جدوگاه بیشتری داشتند. همچنین گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک پلت نسبت به آردی در انتها (P=۰/۰۳۵) و کل (P=۰/۰۵۵، تمایل) دوره ارتفاع جدوگاه بیشتری داشتند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در انتها (P=۰/۰٤۱) و کل (P=۰/۰۵۸، تمایل) دوره معنی‌دار بود، به این مفهوم که گروه تغذیه‌شده با جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین ارتفاع جدوگاه را به خود اختصاص دادند.

اثر بافت خوراک بر ارتفاع هیپ گوساله‌های هلشتاین در زمان شیرگیری (P=۰/۰٦۳) و کل دوره (P=۰/۰۵۸) تمایل به معنی‌داری داشت و در انتهای آزمایش (P=۰/۰۰۱) معنی‌دار بود و تغذیه خوراک پلت موجب افزایش ارتفاع هیپ در مقایسه با خوراک آردی شد. همچنین گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی ارتفاع هیپ بیشتری در انتهای دوره داشتند (P=۰/۰۲۵). اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز علوفه در انتهای آزمایش معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۳) و گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین ارتفاع هیپ را داشتند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان (P=۰/۰٤۱) و اثر زمان (P=۰/۰۰۳) معنی‌دار شد و با افزایش زمان ارتفاع هیپ گوساله‌ها افزایش یافت.

جدول ٤- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر شاخص‌های رشد اسکلتی

Table 4- The effect of forage feeding time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on body structural growth

سطح احتمال معنی‌داری[1] P-value							خطای معیار	خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خوراک آغازین آردی Ground starter		متغیر
FFT × SF ×T	FFT × T	T × SF	T	FFT × SF	FFT	SF	SEM	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	Item
												ارتفاع جدوگاه (سانتیمتر) Wither height (cm)
-	-	-	-	0.150	0.078	0.111	0.418	67.62	69.20	65.42	68.65	شیرگیری Weaning
-	-	-	-	0.041	0.001	0.035	0.720	85.20^{b}	93.11^{a}	83.10^{b}	89.55^{ab}	نهایی Final
0.918	0.115	0.033	0.020	0.058	0.060	0.055	0.642	83.28	90.24	81.41	86.14	کلی Overall
												ارتفاع هیپ (سانتیمتر) Hip height (cm)
-	-	-	-	0.142	0.220	0.063	0.415	85.15	84.10	85.20	83.42	شیرگیری Weaning
-	-	-	-	0.003	0.025	0.001	1.101	94.78^{a}	96.35^{a}	91.22^{b}	93.00^{ab}	نهایی Final
0.401	0.970	0.041	0.003	0.120	0.111	0.058	0.333	88.00	89.10	88.42	87.50	کلی Overall
												عرض هیپ (سانتیمتر) Hip width (cm)
-	-	-	-	0.650	0.203	0.310	0.542	21.55	21.80	20.33	21.66	شیرگیری Weaning
-	-	-	-	0.314	0.201	0.111	0.305	26.02	27.75	24.23	26.12	نهایی Final
0.432	0.111	0.663	0.170	0.202	0.100	0.613	0.210	22.13	23.45	22.10	22.22	کلی Overall

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT: اثر زمان مصرف علوفه؛ T: اثر زمان؛ FFT × SF: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه؛ T × SF: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT × T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه؛ FFT × SF ×T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین.

[1]SF: Effect physical form of the starter feed; FT: Effect of forage feeding time; T: Time effect; FFT × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time; T × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage feeding time × Effect of time.

[a,b]حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).

[a,b]Means within a row with different superscripts differ

از رشد اسکلتی بدن می‌توان برای تعیین سطح رشد، توسعه، تغذیه و مدیریت گوساله‌های شیری استفاده کرد. برخی از شاخص‌های رشد مانند ارتفاع جدوگاه و ارتفاع هیپ زمانی که گوساله‌ها جیره پلت را دریافت کردند در مقایسه با تغذیه با شکل آردی بهبود یافتند. روند شاخص‌های رشد اسکلتی یافت شده در مطالعه حاضر با Heinrichs و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد که همبستگی مثبتی بین افزایش وزن روزانه و شاخص‌های رشد اسکلتی در گوساله‌های شیری گزارش کردند.

برخلاف یافته‌های ما، Hosseini و همکاران (۲۰۱٦) و Lin و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مصرف علوفه در سن پایین نسبت به سنین بالاتر منجر به افزایش رشد اسکلتی گوساله‌ها نگردید؛ اماChen و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که مصرف علوفه در سن پایین می‌تواند منجر به افزایش رشد اسکلتی گوساله‌ها گردد. در مطالعه Mirzaei و همکاران (۲۰۱۵) بیان شد که مصرف علوفه در گوساله‌های شیرخوار می‌تواند منجر به پرشدگی فیزیکی شکمبه و در نهایت بهبود غیرواقعی افزایش وزن بدن گردد که این موضوع عمدتاً منجر به افزایش وزن بدون افزایش رشد اسکلتی می‌گردد. در مطالعه حاضر افزایش وزن و رشد بدن در گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی منجر به افزایش ارتفاع جدوگاه و هیپ گردید که نشان‌دهنده رشد واقعی در گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی است. افزایش بازده خوراک در کل دوره در گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی بیانگر این است که این گوساله‌ها از مواد مغذی مصرفی استفاده بهینه‌تری داشته‌اند که منجر به افزایش رشد اسکلتی گوساله‌ها گردیده است؛ مانند سایر پارامترهایی که قبلاً موردبحث قرار گرفت، تیمار تغذیه یونجه از روز اول بهترین پاسخ‌های رشد و تکامل بدن را داشت، به این معنی که زمان معرفی یونجه در گوساله‌ها می‌تواند میزان سود گوساله‌ها از تغذیه با علوفه را تعیین کند. البته این نتایج باید با دقت تفسیر شوند (نوع، سطح و اندازه قطعات علوفه) زیرا میزان الیاف بالا و شکمبه توسعه‌نیافته گوساله‌ها ممکن است هضم علوفه را مختل کند و منجر به کاهش عملکرد شود همانطور که در برخی از مطالعات (Gahremani و همکاران، ۲۰۲۱) مشاهده‌شده است.

همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده‌شده است، اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم پروتئین در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۵٦) و در کل دوره (P=۰/۰۵۸) تمایل به معنی‌داری داشت و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین قابلیت هضم پروتئین را داشتند. همچنین در کل دوره، اثر زمان آغاز مصرف علوفه تمایل به معنی‌داری داشت و تغذیه علوفه از یک روزگی در مقایسه با ۲۱ روزگی موجب افزایش قابلیت هضم پروتئین شد (P=۰/۰۷۸). علاوه بر این قابلیت هضم نهایی پروتئین در گوساله‌های مصرف‌کننده جیره پلت نسبت به آردی تمایل به افزایش داشت (P=۰/۰٦٤).

جدول ۵- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر قابلیت هضم مواد مغذی (درصد)

Table 5- The effect of forage inclusion time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on nutrients digestibility (%)

سطح احتمال معنی‌داری[1] P-value							خطای معیار SEM	خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خوراک آغازین آردی Ground starter		متغیر Item
FFT × SF ×T	FFT × T	T × SF	T	FFT × SF	FFT	SF		۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	
												پروتئین Protein
–	–	–	–	0.056	0.215	0.410	2.241	58.20	59.12	63.80	60.45	۲۱ روزگی 21 days
–	–	–	–	0.190	0.444	0.510	1.090	59.85	60.18	57.55	58.64	شیرگیری weaning
–	–	–	–	0.210	0.222	0.064	1.580	60.15	64.44	59.38	60.42	نهایی Final
0.066	0.054	0.220	0.101	0.058	0.078	0.314	2.411	59.25	61.30	59.70	59.00	کلی Overall
												عصاره اتری Ether extract
–	–	–	–	0.081	0.355	0.052	5.144	58.20	54.80	55.20	58.48	۲۱ روزگی 21 days
–	–	–	–	0.231	0.120	0.095	2.030	66.15	68.54	60.82	62.55	شیرگیری weaning
–	–	–	–	0.070	0.320	0.555	1.841	62.20	60.14	54.20	53.18	نهایی Final
0.110	0.666	0.540	0.059	0.055	0.115	0.033	2.210	62.50	61.35	56.40	57.20	کلی Overall
												الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF
–	–	–	–	0.112	0.011	0.081	2.001	32.41	35.31	30.41	33.20	۲۱ روزگی 21 days
–	–	–	–	0.344	0.010	0.041	1.173	36.20	38.12	31.39	32.19	شیرگیری weaning
–	–	–	–	0.770	0.001	0.069	1.182	39.15	36.80	35.40	37.22	نهایی Final
0.511	0.111	0.220	0.088	0.122	0.010	0.048	0.083	35.30	36.44	32.15	34.10	کلی Overall
												الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF
–	–	–	–	0.054	0.033	0.043	1.102	29.51	30.45	28.11	29.15	۲۱ روزگی 21 days
–	–	–	–	0.091	0.081	0.173	0.801	30.18	32.45	28.27	30.14	شیرگیری weaning
–	–	–	–	0.551	0.401	0.112	1.008	28.32	30.10	28.31	27.10	نهایی Final
0.510	0.106	0.303	0.055	0.125	0.411	0.058	0.888	29.10	30.54	27.53	28.70	کلی Overall

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT: اثر زمان مصرف علوفه؛ T: اثر زمان؛ FFT × SF: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه؛ T × SF: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین؛ FFT × T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه؛ FFT × SF ×T: اثر متقابل زمان و زمان مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین.

[1]SF: Effect physical form of the starter feed; FT: Effect of forage inclusion time; T: Time effect; FFT × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time; T × SF: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time × Effect of time.

[a,b]حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).[a,b]Means within a row with different superscripts differ.

تغذیه خوراک آغازین پلت در مقایسه با خوراک آردی موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم چربی در کل دوره (P=۰/۰۳۳) و تمایل به افزایش در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۵۲) و شیرگیری (P=۰/۰۹۵) گردید. همچنین اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم چربی در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۸۱)، نهایی (P=۰/۰۷۰) و در کل دوره (P=۰/۰۵۵) تمایل به معنی‌داری داشت و گوساله‌های مصرف‌کننده جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین قابلیت هضم چربی را داشتند.

اثر زمان آغاز علوفه بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۱۱)، شیرگیری (P=۰/۰۱۰)، انتهای آزمایش (P=۰/۰۰۱) و کل دوره (P=۰/۰۱۰) معنی‌دار بود و گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از یک روزگی قابلیت هضم بیشتری نسبت به گوساله‌های مصرف‌کننده علوفه از ۲۱ روزگی داشتند. همچنین در زمان شیرگیری (P=۰/۰٤۱) و کل دوره (P=۰/۰٤۸) اثر بافت خوراک معنی‌دار بود و در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۸۱) و انتهای دوره (P=۰/۰٦۹) تمایل به معنی‌داری داشت، به این مفهوم که تغذیه جیره پلت موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در مقایسه با گوساله‌هایی شد که خوراک آردی مصرف کرده بودند.

اثر بافت خوراک بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گوساله‌های هلشتاین در ۲۱ روزگی معنی‌دار بود (P=۰/۰٤۳) و در کل دوره تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰۵۸) و تغذیه گوساله‌ها با خوراک پلت موجب افزایش قابلیت هضم در مقایسه با گوساله‌هایی شد که با خوراک آردی تغذیه شدند. همچنین اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گوساله‌های هلشتاین در ۲۱ روزگی (P=۰/۰۳۳) معنی‌دار بود و در سن شیرگیری تمایل به معنی‌داری داشت (P=۰/۰۸۱) و خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در ۲۱ روزگی (P=۰/۰٥٤) و سن شیرگیری (P=۰/۰۹۱) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که خوراندن جیره پلت به همراه علوفه از یک روزگی بیشترین قابلیت هضم را به خود اختصاص داد و جیره آردی به همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین قابلیت هضم را داشت.

Molaei و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که مصرف خوراک آغازین پلت در مقایسه با شکل آردی منجر به افزایش قابلیت هضم ماده آلی و کربوهیدرات‌های غیرفیبری گردید اما تأثیری بر قابلیت هضم الیاف نداشت. برخلاف یافته‌های ما، Leao و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که شکل فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) باعث تغییر قابلیت هضم جیره نمی‌شود. به‌طورکلی، جیره‌های با الیاف بالا قابلیت هضم جیره را به خطر می‌اندازد (Porter و همکاران، ۲۰۰۷؛Zanton و Heinrichs، ۲۰۰۹). با این حال، در مطالعه حاضر این مورد مشاهده نشد که احتمالاً به دلیل گنجاندن مقدار محدود یونجه در جیره (۱۰ درصد) بود.

جدا از اثر فرآوری سرد (آسیاب) و گرم (پلت) بر تغییر ساختار مولکولی مواد خوراکی که می‌تواند بر قابلیت هضم مواد مغذی تأثیر بگذارد (Molaei و همکاران، ۲۰۲۱)؛ اندازه ذرات نیز می‌تواند از طریق نرخ عبور بر قابلیت هضم مواد مغذی تأثیر بگذارد. Porter و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که عملکرد شکمبه زمانی که ۷۵ درصد ذرات خوراک آغازین بیشتر از ۱/۱۹ میلی‌متر قطر داشته باشند بهبود می‌یابد. خوراک آغازین پلت اندازه ذرات بیشتری از خوراک

آغازین آردی دارد که می‌تواند بر نرخ عبور مواد از شکمبه تأثیر بگذارد که در نهایت می‌تواند بر قابلیت هضم تأثیرگذار باشد. ذرات کوچک‌تر می‌توانند نرخ عبور را افزایش دهند (Porter و همکاران، ۲۰۰۷) و توانایی کاهش قابلیت هضم را از طریق کاهش زمان ماندگاری در شکمبه گوساله‌های شیرخوار دارند (Ghorbani و همکاران، ۲۰۲۰). این کاهش قابلیت هضم به دلیل افزایش نرخ عبور در بخش الیاف خوراک بیشتر است که منجر به کاهش معنی‌دار قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی گردد.

قبلاً بیان‌شده است که حضور علوفه در خوراک آغازین منجر به بهبود محیط شکمبه می‌شود که در نهایت منجر به بهبود کلی قابلیت هضم مواد مغذی می‌شود (Montoro و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه بر زمان آغاز مصرف علوفه، نوع فراوری علوفه نیز با تأثیر بر سلامت شکمبه، می‌تواند بر قابلیت هضم الیاف در گوساله‌های شیرخوار تأثیر بگذارد. استفاده زا علوفه پلت (Molaei و همکاران، ۲۰۲۱) و کاهش اندازه قطعات علوفه از ٤ به ۲ سانتی‌متر (Montoro و همکاران، ۲۰۱۳) منجر به کاهش قابلیت هضم الیاف گردید. برخلاف نتایج ما، Hosseini و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که زمان مصرف علوفه تأثیری بر قابلیت هضم مواد مغذی شامل پروتئین، چربی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی نداشت.

فرضیه اصلی این پژوهش این بود که مصرف علوفه از روز اول منجر به بهبود عملکرد گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین آردی می‌شود، اما در گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین پلت احتمالاً مصرف علوفه از ۲۱ روزگی منجر به بهبود عملکرد می‌شود؛ اما نتایج و اثرات متقابل بین تیمارها این فرضیه را رد کرد، بدین‌صورت که گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین پلت و علوفه از روز اول یا ۲۱ روزگی تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نداشتند، اما گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین پلت و علوفه از یک روزگی نسبت به گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین آردی و علوفه از ۲۱ روزگی در صفات خوراک آغازین مصرفی، وزن بدن و افزایش وزن روزانه در کل دوره و همچنین ارتفاع نهایی جدوگاه و هیپ عملکرد بهتری به‌صورت معنی‌دار داشتند. این نتایج بیان می‌کند که مصرف علوفه در خوراک آغازین پلت در سنین ۱ یا ۲۱ روزگی تفاوتی در عملکرد ایجاد نمی‌کند، هرچند به‌صورت عددی مصرف علوفه از یک روزگی باعث بهبود عملکرد گردید. همچنین زمانی که گوساله‌ها خوراک آغازین آردی دریافت می‌کنند مصرف علوفه از روز اول منجر به بهبود معنی‌دار صفاتی مانند وزن کل دوره گردید و در بسیاری از صفات دیگر به‌صورت عددی منجر به بهبود عملکرد گردید.

مشابه با نتایج پژوهش حاضر، Mojahedi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزودن علوفه یونجه به تیمار حاوی ذرت ورقه‌ای شده با بخار می‌تواند مصرف ماده خشک و رشد گوساله‌های تغذیه‌شده را بهبود بخشد، اما این اتفاق در خوراک آغازین حاوی ذرت بلغور شده اتفاق نمی‌افتد که احتمالاً به دلیل مقادیر بالاتر نشاسته ژلاتینه شده در ذرت ورقه شده با بخار است (Xiao و همکاران، ۲۰۲۰). احتمالاً گنجاندن علوفه از طریق تأمین الیاف مؤثر منجر به بهبود سلامت شکمبه در جیره حاوی ذرت ورقه شده با بخار شده است. در مجموع و در تأیید نتایج سایر محققین، نتایج نشان می‌دهد که در خوراک آغازینی که حاوی سطوح بالایی از نشاسته ژلاتینه شده هستند (مانند خوراک آغازین پلت یا حاوی ذرت ورقه شده با بخار) استفاده از علوفه در سنین پایین برای بهبود مصرف خوراک جامد، عملکرد

رشد و محیط شکمبه ضروری است (Terra و همکاران، ۲۰۱۵؛Mojahedi و همکاران، ۲۰۱۸).

نتیجه‌گیری

مصرف علوفه یونجه در سطح ۱۰ درصد از سن یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی منجر به بهبود عملکرد کلی گوساله‌های شیرخوار گردید. همچنین تغذیه خوراک آغازین پلت نسبت به آردی موجب افزایش وزن و رشد اسکلتی گوساله‌ها گردید. علاوه بر این، گوساله‌های مصرف‌کننده خوراک آغازین پلت و علوفه در سن یک روزگی نسبت به گوساله‌های دریافت‌کننده خوراک آغازین آردی و علوفه در سن ۲۱ روزگی عملکرد بهتری داشتند که نشان‌دهنده اثر متقابل زمان آغاز مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین است. به‌طورکلی نتایج نشان داد که تغذیه علوفه از سن یک روزگی حتی در خوراک آغازین پلت با اندازه ذرات بزرگ‌تر از خوراک آغازین آردی می‌تواند منجر به بهبود عملکرد گوساله‌های شیرخوار شود.

منابع

Allen, M.S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science,* 3: 1598–1624.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Vol. 1. 17th ed. AOAC Int., Arlington, VA.

Bach, A., Gimenez, A., Juaristi, J.L. & Adedo, J. (2007). Effect of physical form of a starter for dairy replacement calves on feed intake and performance. *Journal of Dairy Science,* 90: 3028–3033.

Bartley, E.E. (1973). Effects of a self-fed pelleted mixture of hay and calf starter on the performance of young dairy calves. *Journal of Dairy Science,* 56: 817.

Bateman II, H.G., Hill, T.M., Aldrich, J.M. & Schlotterbeck, R.L. (2009). Effects of corn processing, particle size, and diet form on performance of calves in bedded pens. *Journal of Dairy Science*, 92: 782–789.

Castells, L., Bach, A., Aris, A. & Terre, M. (2013). Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science*, 96: 5226–5236.

Castells, L., Bach, A., Araujo, G., Montoro, C. & Terré, M. (2012). Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 95: 286-293.

Castells, L.I., Bach, A. & Terré, M. (2015). Short- and long-term effects of forage supplementation of calves during the preweaning period on performance, reproduction, and milk yield at first lactation. *Journal of Dairy Science,* 98: 4748–4753.

Chen, T., Xiao, J., Li, T., Ma, J., Alugongo, G.M., Khan, M.Z., Liu, S., Wang, W., Wang, Y., Li, S. & Cao, Z. (2021). Effect of the initial time of providing oat hay on performance, health, behavior and rumen fermentation in Holstein female calves. *Agriculture*, 11: 862.

Franklin, S.T., Amaral-Philips, D.M., Jackson, J.A. & Campbell, A.A. (2003). Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *Journal of Dairy Science*, 86: 2145–2153.

Gahremani, A., Mahjoubi, E., Hossein Yazdi, M., Chamani, M., Bahrami, M. & Patton, R.A. (2021). Forage inclusion in calf starter has the best outcome when it is supplemented since 21 days after birth in Holstein calves. *Tropical Animal Health and Production*. 11: 53(2):203.

Galyean, M.L., Wagner, D.G. & Owens, F.N. (1981). Dry-matter and starch disappearance of corn and sorghum as influence by particle size and processing. *Journal of Dairy Science*, 64: 1804-1812.

Ghorbani, H., Kazemi-Bonchenari, M., HosseinYazdi, M. & Mahjoubi, E. (2020). Effects of various fat delivery methods in starter diet on growth performance, nutrients digestibility and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology,* 262: 114429.

Gimeno, A., Alami, A.Al., Abecia, L., de Vega, A., Fondevila, M. & Castrillo, C. (2015). Effect of type (barley vs. maize) and processing (grinding vs. dry rolling) of cereal on ruminal fermentation and microbiota of beef calves during the early fattening period. *Animal Feed Science and Technology,* 199: 113–126.

Heinrichs, A.J., Erb, H.N., Rogers, G.W., Cooper, J.B. & Jones, C.M. (2007). Variability in Holstein heifer heart-girth measurements and comparison of prediction equations for live weight. *Preventive Veterinary Medicine,* 78: 333–338.

Heinrichs, A.J. & Jones, C.M. (2003). Feeding the Newborn Dairy Calf. Penn State Coop. Ext., The Pennsylvania State Univ., University Park, PA.

Hoseney, C.R. (1994). Principles of Cereal Science and Technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, USA, p. 378.

Hosseini, S.M., Ghorbani, G.R., Rezamand, P. & Khorvash, M. (2016). Determining optimum age of Holstein dairy calves when adding chopped alfalfa hay to meal starter diets based on measures of growth and performance. *Animal,* 10: 607-615.

Hosseini, S.H., Mirzaei-Alamouti, H., Vazirigohar, M., Mahjoubi, E. & Rezamand, P. (2019). Effects of whole milk feeding rate and straw level of starter feed on performance, rumen fermentation, blood metabolites, structural growth, and feeding behavior of Holstein calves. *Animal Feed Science and Technology,* 225: 114238.

Jahani-Moghadam, M., Mahjoubi, E., Hossein Yazdi, M., Cardoso, F.C. & Drackley, J.K. (2015). Effects of alfalfa hay and its physical form (chopped versus pelleted) on performance of Holstein calves. *Journal of Dairy Science,* 98: 4055–4061.

Kazemi-Bonchenari, M., Salem, A.Z.M. & Lopez, S. (2017). Influence of barley grain particle size and treatment with citric acid on digestibility, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in Holstein calves. *Animal,* 11: 1295–1302.

Khan, M.A., Weary, D.M. & von Keyserlingk, M.A.G. (2011). Hay performer and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science,* 94: 3547–3553.

Khan, M.A., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, H.S., Kim, S.B., Park, S.B., Baek, K.S., Ha, J.K. & Choi, Y.J. (2008). Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities, and nitrogen utilization in Holstein calves. *Journal of Dairy Science,* 91: 1140–1149.

Leao, A.E., Coelho, S.G., Azevedo, R.A., Campos, M.M., Machado, F.S., Laguna, J.G., Ferreira, A.L., Pereira, L.G.R., Tomich, T.R., Costa, S.F., Machado, M.A. & Reis, D.R.L. (2020). Effect of pelleted vs. ground starter with or without hay on preweaned dairy calves. *PLOS One,* 15: e0234610.

Lesmeister, K.E. & Heinrichs, A.J. (2004). Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science,* 87: 3439–3450.

Lin, X.Y., Wang, Y., Wang, J., Hou, Q.L., Hu, Z.Y., Shi, K.R., Yan, Z.G. & Wang, Z.H. (2018). Effect of initial time of forage supply on growth and rumen development in preweaning calves. *Animal Production Science,* 58, 2224–2232.

Makizadeh, H., Kazemi-Bonchenari, M., Mansoori-Yarahmadi, H., Fakhraei, J., Khanaki, H., Drackley, J.K. & Ghaffari, M.H. (2020). Corn-processing and crude protein content in calf starter: effects on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites. *Journal of Dairy Science,* 103: 9037–9053.

Mirzaei, M., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Kazemi-Bonchenari, M., Riasi, A., Nabipour, A. & van den Borne, J. (2015). Effects of supplementation level and particle size of alfalfa hay on growth characteristics and rumen development in dairy calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,* 99: 553–564.

Mojahedi, S., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Ghasemi, E., Mirzaei, M. & Hashemzadeh-Cigari, F. (2018). Performance, nutritional behavior, and metabolic responses of calves supplemented with forage depend on starch fermentability. *Journal of Dairy Science,* 101: 7061–7072.

Molaei, M., Kazemi-Bonchenari, M., Mirzaei, M. & Esmaeili, H.R. (2021). The physical form of starter (finely ground versus pelleted) and alfalfa hay (chopped versus pelleted) in Holstein dairy calves: Effects on growth performance, feeding behaviour, ruminal fermentation, and urinary purine derivatives. *Animal Feed Science and Technology,* 279: 115031.

Montoro, C., Miller-Cushon, E.K., DeVries, T.J. & Bach, A. (2013). Effect of physical form of forage on performance, feeding behavior, and digestibility of Holstein calves. *Journal of Dairy Science,* 96: 1117–1124.

Murphy, T.A., Fluharty, F.L. & Loerch, S.C. (1994). The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *Journal of Animal Science,* 72: 1608–1615.

Noller, C.H., Hill, D.L., Martz, F.A. & Crowl, B.W. (1961). Incorporating coarse ground hay into the starter ration of early weaned calves. *Journal of Dairy Science,* 44: 1199. Abstr.

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. & Gill, D.R. (1997). The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science,* 75: 868–879.

Phillips, C.J.C. (2004). The effects of forage provision and group size on the behavior of calves. *Journal of Dairy Science,* 87: 1380–1388.

Porter, J.C., Warner, R.G. & Kertz, A.F. (2007). Effect of fiber level and physical form of starter on growth and development of dairy calves fed no forage. *Professional Animal Scientist,* 23: 395–400.

Rastgoo, M., Kazemi-Bonchenari, M., Hossein Yazdi, M. & Mirzaei, M. (2020). Effects of corn grain processing method (ground versus steam-flaked) with rumen undegradable to degradable protein ratio on growth performance, ruminal fermentation, and microbial protein yield in Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology,* 269, 114646.

Suarez-Mena, F.X., Hill, T.M., Jones, C.M., & Heinrichs, A.J. (2016). Effect of forage provision on feed intake in dairy calves. *Professional Animal Scientist,* 32: 383–388.

Tamate, H., Mcgilliard, A.D., Jacobson, N.L. & Getty, R. (1962). Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *Journal of Dairy Science,* 45: 408–420.

Terre, M., Castells, L., Khan, M.A. & Bach, A. (2015). Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *Journal of Dairy Science,* 98: 1101–1109.

Theurer, C.B., Huber, J.T., Delgado-Elorduy, A. & Wanderley, R. (1999). Invited Review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 82: 1950–1959.

Van Keulen, V. & Young, B.H. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science,* 26: 119-135.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science,* 74: 3583–3597.

Xiao, J., Alugongo, G.M., Li, J., Wang, Y., Li, S. & Cao, Z. (2020). How forage feeding early in life influences the growth rate, ruminal environment, and the establishment of feeding behavior in pre-weaned calves. *Animals,* 10: 188.

Yu, P. (1996). Effect of corn grain processing on lactational performance, nutrient utilization and metabolism in dairy cows. Ph.D. Diss. Univ. Arizona, Tucson.

Zanton, G.I. & Heinrichs, A.J. (2009). Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limit-fed a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake. *Journal of Dairy Science,* 92: 2078–2094.