Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 17, Issue 2, 2026 p: 92 - 107

OPEN ACCESS

Research Paper

Effect of Forage Inclusion Time and the Physical form of Starter Feed on Digestibility, Blood, and Rumen Parameters of Holstein Dairy Calves

Yahya Rajabi[1], Yadollah Chashnidel[2], Asdollah Teymouri Yanesari[1] and Hassan Rafiee[3]

1- Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University, Sari, Iran
2- Department of Animal Nutrition, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University, Sari, Iran, (Corresponding author: ychashnidel@sanru.ac.ir)
3- Animal Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 07 November, 2025 Revised: 25 January, 2026 Accepted: 08 February, 2026

Extended Abstract

Background: The importance of calf rearing is well known in the economic success of dairy herds. Apart from the milk feeding program, the physical form of the starter feed and forage intake are important factors in the growth of dairy calves. To date, no study has examined the interaction between the physical form of the starter feed and the forage feeding time on digestibility, rumen parameters, and blood parameters of dairy Holstein calves. This experiment aimed to investigate the effects of forage feeding time and the physical texture of the starter feed on digestibility, rumen parameters, and blood parameters of dairy Holstein calves.

Methods: This experiment was conducted in a completely randomized design with a 2 × 2 factorial method for 85 days. For this purpose, 40 male calves with an average birth weight of 39.42 ± 0.74 kg were divided between four experimental treatments (each treatment included 10 calves). The experimental diets included 1) ground starter with alfalfa from the first day of the experiment, 2) ground starter with alfalfa from the 21st day of the experiment, 3) pelleted starter with alfalfa from the first day of the experiment, and 4) pelleted starter with alfalfa from the 21st day of the experiment. Statistical analyses were performed using the MIXED method by SAS software with time as a repeated measure.

Results: 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 pelleted 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. Feeding forage from one day of age increased the digestibility of neutral detergent fibers compared to 21 days of age. Feeding forage from one day of age increased rumen pH. The interaction effect of forage feeding time × physical form of the starter feed was significant, so that feeding pelleted feed with forage from 1 day of age accounted for the highest rumen pH. Feeding forage from one day of age decreased rumen ammonia nitrogen compared to day 21. The interaction effect of the physical form of the starter feed × forage feeding time was observed throughout the entire period (P = 0.048), such that feeding pelleted feed with forage from 1 day of age produced the lowest amount of rumen ammonia nitrogen. Conversely, feeding ground feed with the forage from 21 days of age produced the highest amount of rumen ammonia nitrogen. Ruminal acetate concentration tended to increase at the end of the experiment (P = 0.069) and throughout the entire period (P = 0.068) in calves fed pelleted feed compared to ground feed. In all periods, the effect of forage feeding time was significant on acetate concentration, such that feeding forage from 1 day of age increased acetate concentration compared to groups that had started consuming forage from 21 days of age. The effect of feed texture was significant on propionate concentration, such that the propionate concentration was higher in the rumen fluid of calves fed pelleted feed than that of the groups fed ground feed. The effect of feed texture on rumen butyrate concentration was significant in all periods, such that feeding pelleted feed increased butyrate concentration compared to calves that consumed ground feed.

Copyright ©2026 Rajabi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

An interaction effect of feed texture × forage feeding time was observed, such that the butyrate concentration was higher in the rumen of calves that received pelleted feed with the forage from 1 day of age than in the other treatments. The effect of feed texture on total rumen volatile fatty acid concentration was significant throughout the entire period (P = 0.048), such that calves fed pelleted feed had higher rumen liquid fatty acid concentration than the groups fed ground feed. However, the effect of forage feeding time tended to be significant in the three periods of weaning (P = 0.058), final (P = 0.064), and the entire period (P = 0.068), and calves fed forage from 21 days of age had higher fatty acid concentration than those fed 1 day of age. The effect of feed texture was significant on serum glucose concentration, such that ground feed increased glucose concentration compared to pelleted feed. In addition, the effect of forage feeding time was significant on serum glucose concentration, such that the glucose concentration was lower in the groups that consumed forage from the first day than in the groups fed forage from day 21. An interaction effect of feed texture × forage feeding time was observed for serum glucose concentration at weaning (P = 0.012), such that the group that was fed with flour feed along with forage from day 21 had the highest glucose concentration. In all periods, the effect of forage feeding time was significant on serum beta-hydroxybutyrate concentration, such that the beta-hydroxybutyrate concentration was significantly lower in the groups fed forage from the first day than in the groups fed forage from the 21st day.

Conclusion: Alfalfa intake at 10% resulted in increased rumen fiber digestibility at 1 day of age compared to 21 days of age, which is due to increased rumen health and higher rumen cellulase activity. In addition, feeding pelleted resulted in increased rumen fatty acid production compared to ground diets. The interaction between starter feed texture and forage feeding time showed that the use of forage at 1 day of age resulted in increased rumen function in calves consuming pelleted diets.

Keywords: Calf, Forage, Physical form, Starter feed

How to Cite This Article: Rajabi, Y., Chashnidel, Y., Teymouri Yanesari, A., & Rafiee, H. (2026). Effect of Forage Inclusion Time and the Physical form of Starter Feed on Digestibility, Blood, and Rumen Parameters of Holstein Dairy Calves. *Res Anim Prod,* 17(2), 92-107. DOI: 10.61882/rap.2026.1544

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تأثیر زمان شروع مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین بر قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

یحیی رجبی[۱]، یداله چاشنی‌دل[۲]، اسداله تیموری یانسری[۱] و حسن رفیعی[۳]

۱- گروه علوم دامی، دانشکده دام و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- گروه علوم دامی، دانشکده دام و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: ychashnidel@sanru.ac.ir)
۳- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۹
صفحه: ۹۲ تا ۱۰۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: اهمیت پرورش گوساله در موفقیت اقتصادی گله‌های گاو شیری مشخص است. جدا از برنامه تغذیه شیر، شکل فیزیکی خوراک آغازین و همچنین مصرف علوفه از عوامل مؤثر در رشد گوساله‌های شیرخوار هستند. تا کنون تحقیقی به بررسی اثر متقابل شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان آغاز مصرف علوفه بر قابلیت هضم، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین نپرداخته است. هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر زمان مصرف علوفه و بافت فیزیکی خوراک آغازین بر قابلیت هضم، فراسنجه‌های شکمبه‌ای و خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با روش فاکتوریل ۲ × ۲ به‌مدت ۸۵ روز انجام گرفت. به این منظور، ۴۰ رأس گوساله نر با متوسط وزن تولد ۰/۷۴ ± ۳۹/۴۲ کیلوگرم بین چهار تیمار آزمایشی (هر تیمار شامل ۱۰ رأس گوساله) تقسیم شدند. جیره‌های آزمایشی شامل ۱- خوراک آغازین آردی به‌همراه علوفه یونجه از روز اول آزمایش، ۲- خوراک آغازین آردی به‌همراه علوفه یونجه از روز ۲۱ آزمایش، ۳- خوراک آغازین پلت به‌همراه علوفه یونجه از روز اول آزمایش، و ۴- خوراک آغازین پلت به‌همراه علوفه یونجه از روز ۲۱ آزمایش بودند. آنالیزهای آماری با استفاده از روش MIXED توسط نرم‌افزار SAS با اثر زمان به‌عنوان اندازه‌گیری‌های تکرار شده انجام شدند.

یافته‌ها: اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم پروتئین تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که گوساله‌های مصرف کننده جیره آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی و گوساله‌های مصرف کننده جیره پلت به‌همراه 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 مصرف کننده 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. تغذیه علوفه از یک روزگی موجب افزایش pH شکمبه گردید. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت به‌همراه علوفه از ۱ روزگی بیشترین مقدار pH شکمبه را به‌خود اختصاص داد. تغذیه علوفه از یک روزگی در مقایسه با ۲۱ روزگی موجب کاهش نیتروژن آمونیاکی شکمبه گردید. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در کل دوره مشاهده شد (P = ۰/۰۴۸)، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت با علوفه از ۱ روزگی کمترین مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه را به‌خود اختصاص داد و برعکس تغذیه خوراک آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی بیشترین مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه را تولید کرد. غلظت استات شکمبه در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۶۹) و در کل دوره (P = ۰/۰۶۸) در گوساله‌های مصرف کننده خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی تمایل به افزایش داشت. در کل دوره‌ها، اثر زمان مصرف علوفه بر غلظت استات معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش غلظت استات در مقایسه با گروه‌هایی شد که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند. اثر بافت خوراک بر غلظت پروپیونات در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۳۴) و کل دوره (P = ۰/۰۴۹) معنی‌دار بود و در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۵۴) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که غلظت پروپیونات در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با خوراک پلت بیشتر از گروه‌های تغذیه شده با خوراک آردی بود. در کل دوره‌ها، اثر بافت خوراک بر غلظت بوتیرات شکمبه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن خوراک پلت موجب افزایش غلظت بوتیرات در مقایسه با گوساله‌هایی شد که خوراک آردی مصرف کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز علوفه در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۰۱) و انتهای دوره (تمایل، P = ۰/۰۵۷) مشاهده شد به‌طوری‌که غلظت بوتیرات در شکمبه گوساله‌هایی که خوراک پلت را به‌همراه علوفه از یک روزگی دریافت کرده بودند بیشتر از بقیه تیمارها بود. اثر بافت خوراک بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه در کل دوره (P = ۰/۰۴۸) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که گوساله‌های تغذیه شده با خوراک پلت غلظت اسیدهای چرب مایع شکمبه بیشتری از گروه‌های تغذیه شده با خوراک آردی داشتند. اما اثر زمان مصرف علوفه در سه دوره شیرگیری (P = ۰/۰۵۸)، نهایی (P = ۰/۰۶۴) و کل دوره (P = ۰/۰۶۸) تمایل به معنی‌داری داشت و گوساله‌های مصرف کننده علوفه از ۲۱ روزگی نسبت به ۱ روزگی غلظت اسیدهای چرب بیشتری داشتند. اثر بافت خوراک بر غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۳۳) و کل دوره (P = ۰/۰۴۲) معنی‌دار بود و در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۸۵) تمایل به معنی‌داری داشت به‌طوری‌که خوراک آردی موجب افزایش غلظت گلوکز در مقایسه با خوراک پلت شد. علاوه بر این، اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۴۸) و در کل دوره (P = ۰/۰۵۵) معنی‌دار بود و در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۷۷) تمایل به معنی‌داری داشت به این صورت که غلظت گلوکز در گروه‌هایی که از روز اول علوفه مصرف کرده بودند کمتر از گروه‌هایی بود که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری مشاهده شد (P = ۰/۰۱۲)، به‌طوری‌که گروهی که با خوراک آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی تغذیه شدند بیشترین غلظت گلوکز را داشتند. در کل دوره‌ها اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات سرم معنی‌دار بود، به طوری که غلظت بتاهیدروکسی‌بوتیرات در گروه‌هایی که از روز اول علوفه مصرف کرده بودند به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه‌هایی که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده‌بودند، کمتر بود.

نتیجه‌گیری: دریافت علوفه یونجه در سطح ۱۰ درصد در سن یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی منجربه افزایش قابلیت هضم الیاف در شکمبه گردید که این موضوع به‌دلیل افزایش سلامت شکمبه و فعالیت سلولازی بیشتر در شکمبه است. همچنین، تغذیه جیره پلت نسبت به آردی منجر به افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه گردید. اثر متقابل بین بافت خوراک و زمان آغاز علوفه نشان داد که استفاده از علوفه در سن یک روزگی در گوساله‌های مصرف کننده جیره پلت منجر به افزایش عملکرد شکمبه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بافت فیزیکی، خوراک آغازین، شکمبه، علوفه گوساله

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

مقدمه

خوراک آغازین گوساله علاوه بر خوش‌طعم بودن، باید از مواد با کیفیت خوب تهیه شود تا علاوه بر داشتن بافت فیزیکی مناسب، از تأمین کافی پروتئین، انرژی، الیاف، ویتامین‌ها و مواد معدنی اطمینان حاصل شود (NRC, 2001). خوراک آغازین با بافت درشت برای تحریک تحرک، رشد ماهیچه‌ها و سلامت اپیتلیال شکمبه (Beharka *et al*., 1998) و استفاده از کربوهیدرات‌های با تخمیر سریع برای تحریک رشد اپیتلیوم شکمبه استفاده می‌شود (Baldwin *et al*., 2004). مصرف کربوهیدرات‌های با تخمیر سریع باعث افزایش غلظت پروپیونات و بوتیرات در مایع شکمبه می‌شود که توسط اپیتلیوم شکمبه جذب و متابولیزه می‌شوند. اسیدهای چرب فرار (VFA)، به‌ویژه بوتیرات، می‌توانند رشد پاپیلای شکمبه را تحریک کنند (Baldwin *et al*., 2004; Shen *et al*., 2004).

فرآوری مواد خوراکی می‌تواند شکل فیزیکی و شیمیایی خوراک را تغییر دهد و تخمیر و قابلیت هضم شکمبه‌ای را دگرگون سازد (Lesmeister *et al*., 2004). بنا بر این، فراوری می‌تواند بر مصرف و رشد فیزیکی و متابولیکی دستگاه گوارش تأثیر بگذارد (Baldwin *et al*., 2004). با این‌حال، عدم هم‌افزایی بین تخمیر کربوهیدرات‌ها و جذب محصولات نهایی تخمیر می‌تواند pH شکمبه را کاهش دهد و علاوه بر کاهش جذب VFA (Owen & Hinders, 1968) منجر به رشد غیر طبیعی اپیتلیال شود (Bull *et al*., 1965). تغذیه خوراک آغازین ریز آسیاب شده می‌تواند از نظر اقتصادی در مقایسه با خوراک آغازین بافت‌دار سودمند باشد. با این‌حال، کنسانتره ریز آسیاب شده همچنین می‌تواند به‌علت تخمیر سریع منجر به کاهش pH شکمبه شود (Leao *et al*., 2020). به‌همین دلیل، استفاده از خوراک آغازین با اندازه قطعات بزرگ‌تر مانند پلت جایگزین خوراک آغازین آردی توصیه شده است. پلت‌کردن به‌عنوان روش فراوری فیزیکی گرم می‌تواند بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار نه‌تنها از طریق تغییر توزیع اندازه ذرات (بر اساس قطر پلت) بلکه بر ویژگی‌های شیمیایی خوراک آغازین مانند سرعت ژلاتینه‌شدن نشاسته تأثیر بگذارد (Molaei *et al*., 2021). استفاده از روش‌های فرآوری فیزیکی گرم می‌تواند ژلاتینه‌شدن نشاسته را افزایش دهد که سپس بر تخمیر شکمبه و قابلیت هضم نشاسته تأثیر می‌گذارد (Owens *et al*., 1997). با این‌حال، مطالعات دیگر گزارش کرده‌اند که خوراک آغازین پلت بر مصرف یا کارایی خوراک در مقایسه خوراک آغازین آسیاب تاثیری ندارد (Leao *et al*., 2020). احتمالاً یکی از دلایل پاسخ‌های متفاوت گوساله‌های شیرخوار به بافت فیزیکی خوراک آغازین مربوط به استفاده یا عدم استفاده و همچنین زمان شروع استفاده از علوفه در خوراک آغازین باشد.

روشی جایگزین برای جلوگیری از رشد غیر طبیعی اپیتلیوم شکمبه گوساله‌های مصرف کننده خوراک آغازین ریز آسیاب شده، استفاده از علوفه در جیره گوساله است (Khan *et al*., 2012; Pazoki *et al*., 2017). برخی از مزایا برای گنجاندن علوفه در خوراک آغازین گوساله‌های شیری از جمله تحریک نشخوار، رشد لایه عضلانی شکمبه، بهبود یکپارچگی و سلامت شکمبه و افزایش جذب در شکمبه گزارش شده است (Castells *et al*., 2012; Beiranvand *et al*., 2014). در مقابل، برخی مضرات نیز در رابطه با استفاده از علوفه در جیره آغازین گزارش شده‌اند، مانند تغییر تخمیر شکمبه برای تولید استات بیشتر از پروپیونات و بوتیرات، که باعث به تأخیر انداختن رشد پرزهای شکمبه و کاهش مصرف خوراک آغازین، وزن بدن و قابلیت هضم ماده خشک می‌شود (Zitnan *et al*., 1998; Soltani *et al*., 2017). همچنین، اشاره شده است که افزودن خوراک فیبری به خوراک آغازین باعث کاهش افزایش وزن روزانه در گوساله‌های کمتر از ۳ ماه می‌شود، زمانی‌که خوراک آغازین دارای درشتی کافی باشد (تقریباً ۲ میلی‌متر)، این نشان می‌دهد که تغذیه علوفه می‌تواند بر عملکرد رشد گوساله‌های شیری تأثیر منفی بگذارد، که بیشتر به‌علت پر شدن شکمبه است (Kertz *et al.* 1979; Hill *et al*., 2008). این موضوع اهمیت استفاده از علوفه در تغذیه گوساله‌های شیرخوار در زمان مناسب که شکمبه توسعه کافی داشته باشد را بیان می‌کند. محققین دیگر نشان دادند که سن گوساله تأثیر زیادی بر عملکرد گوساله هنگام تغذیه علوفه دارد (Suarez-Mena *et al*., 2016). در تلاش برای تعیین سن بهینه گنجاندن علوفه، حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2016)، به این نتیجه رسیدند که ۱۴ روزگی سن بهینه برای شروع تغذیه علوفه است. با این‌حال، گهرمانی و همکاران (Gahremani *et al*., 2021) بیان کردند که تغذیه علوفه از ۲۱ روزگی نسبت به یک روزگی باعث بهبود عملکرد گوساله‌های شیرخوار گردید. شاید شکل فیزیکی خوراک آغازین در پاسخ گوساله‌های شیرخوار به زمان آغاز استفاده از علوفه تاثیرگذار باشد.

مطالعه حاضر فرض می‌کند که شکل فیزیکی خوراک آغازین احتمالاً در پاسخ گوساله‌های شیرخوار به زمان آغاز مصرف علوفه تاثیرگذار است. بر اساس دانش نویسندگان، هیچ گزارشی در مورد ارتباط بین شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان آغاز مصرف علوفه در گوساله‌های شیرخوار در دسترس نیست. بنا بر این، نتایج این تحقیق می‌توانند به صنعت پرورش گاو شیری در این موضوع که کدام شکل فیزیکی خوراک آغازین و زمان آغاز مصرف علوفه برای عملکرد گوساله بهترین هستند، کمک کنند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثرات شکل فیزیکی خوراک آغازین (ریز آسیاب شده در مقابل پلت) و زمان آغاز مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) و همچنین برهمکنش آن‌ها بر قابلیت هضم، متابولیت‌های خونی و فراسنجه‌های شکمبه‌ای گوساله‌های شیرخوار هلشتاین است.

مواد و روش‌ها

این طرح در شرکت زرین کشت پایدار زرندیه به انجام رسید. گوساله‌های نر بلافاصله پس از تولد از مادر جدا و از زایشگاه به آغوزخانه منتقل شدند. گوساله‌ها در ۱۰ ساعت اول تولد به‌میزان ۱۰ درصد وزن بدن خود آغوز را دریافت کردند. در روز دوم و سوم مخلوط شیر کامل و آغوز به گوساله خورانده شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

از سن ۴ روزگی که برابر با روز اول طرح بود، گوساله‌ها بین چهار تیمار (۱۰ رأس گوساله نر به‌ازای هر تیمار) تقسیم شدند 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 نشدند. طول دوره آزمایش ۸۵ روز بود و گوساله‌ها در ۷۰ روزگی از شیر گرفته شدند.

احتیاجات گوساله به مواد مغذی طبق استاندارد (NRC, 2001) تنظیم شدند. اقلام مواد خوراکی و ترکیب مواد مغذی خوراک آغازین مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. جیره‌های آزمایشی از نظر 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.

جدول ۱- ترکیب اقلام خوراکی و مواد مغذی خوراک آغازین گوساله‌های آزمایشی (بر اساس ماده خشک)
Table 1. Ingredients and nutritional content of starter feed (DM basis)

اجزاء خوراک (Ingredient composition)	درصد ٪
دانه ذرت (Corn grain)	47.5
دانه جو (Barley grain)	6
کنجاله سویا (Soybean meal)	35
دانه سویا تف داده‌شده (Roasted soybean grain)	5
پودر چربی[1] (Fat powder)	1
کربنات کلسیم (Calcium carbonate)	1
دی‌کلسیم فسفات (Di-calcium phosphate)	0.5
نمک طعام (Salt white)	0.5
مکمل ویتامینه و معدنی[2] (Mineral vitamin premix)	3
بنتونیت (Bentonite)	0.5
ترکیب مواد مغذی (درصد) ((%) Nutrient composition)	
ماده خشک (Dry matter)	89.1
انرژی قابل متابولیسم[3] (Metabolizable energy, Mcal/kg)	1.8
پروتئین خام (Crude protein)	20.5
چربی (Fat)	4.75
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Neutral detergent fiber)	13.5
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Acid detergent fiber)	6.2
کلسیم[3] Ca	0.9
فسفر[3] P	0.4

۱- پودر چربی اشباع حاوی اسیدهای چرب

1- Prilled saturated free fatty acids (IFFCO, Johor Bahru, Malaysia).

۲- بر اساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی ۱۰۰ گرم کلسیم، ۲۰ گرم فسفر، ۴۰ گرم منیزیم، ۲۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۵۰۰ میلی‌گرم مس، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۱۲۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۵۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D۳، ۱۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E.

2- Contained per kg of vitamin supplement: Vit A (IU) = 1,500,000, Vit D (IU) = 50,000, Vit E (IU) = 10000, 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.

۳- محاسبه شده توسط نرم‌افزار NRC (2001)

3- Calculated according to NRC (2001).

علوفه یونجه به‌میزان ۱۰ درصد به خوراک آغازین اضافه گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:
۱) خوراک آغازین آردی به‌همراه علوفه از روز اول آزمایش
۲) خوراک آغازین آردی به‌همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش
۳) خوراک آغازین پلت به‌همراه علوفه از روز اول آزمایش
۴) خوراک آغازین پلت به‌همراه علوفه از روز ۲۱ آزمایش

نمونه‌های خوراک آغازین و پسماند در آون (۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت) خشک شدند. نمونه‌های خوراک و پسماند خشک هر تیمار ترکیب و برای عبور از الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند (Ogaw Seiki Co., Ltd., Tokyo, Japan) و از نظر پروتئین، عصاره اتری و خاکستر (AOAC, 2000)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Van Soest *et al*., 1991) مورد اندازه‌گیری قرارگرفتند. آلفا آمیلاز و سولفیت سدیم در سنجش الیاف نامحلول در شوینده خنثی استفاده شدند.

به‌منظور بررسی تغییرات فراسنجه‌های خونی (گلوکز، پروتیین کل و بتا هیدروکسی بوتیرات) ۴ ساعت بعد از خوراک‌دهی صبح، نمونه‌های خون از سیاهرگ گردن در روزهای شروع طرح، ۷۰ (شیرگیری) و ۸۵ (انتهای آزمایش) روزگی آزمایش جمع‌آوری شدند. نمونه‌های خون اخذ شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و سرم آن‌ها با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (دور ۳۵۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه) جداسازی شد و پس از انتقال به میکروتیوب‌های مربوطه تا زمان آنالیز در فریزر در دمای ۲۰- درجه نگهداری شد. نمونه‌های سرم خون با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Model: Abbott Alcyon 300 Model) و کیت‌های اختصاصی شرکت پارس‌آزمون، برای هر یک از فراسنجه‌ها مورد آنالیز قرارگرفتند.

نمونه‌های مایع شکمبه در روزهای ۲۱، شیرگیری و انتهای آزمایش، ۳ ساعت پس از تغذیه وعده صبح با استفاده از لوله معدی متصل به فلاسک و پمپ خلاء جمع‌آوری شدند. ۵۰ میلی‌لیتر اول مایع شکمبه جمع‌آوری شده برای جلوگیری از آلودگی بزاق دور ریخته شد. باقی‌مانده از طریق پارچه متقال چهار لایه صاف شد و با دور ۳۵۰۰ به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند.

با استفاده از pHمتر قابل حمل بلافاصله بعد از نمونه‌گیری مایع شکمبه، اندازه‌گیری pH انجام شد. تقریباً ۵ میلی‌لیتر دیگر از

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

مایع شکمبه صاف شده با ۵ میلی‌لیتر هیدروکلراید ۰/۲ نرمال برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن آمونیاکی ترکیب گردید. نمونه‌های آماده‌شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس برای آنالیز ترکیبات مربوطه یخ‌گشایی شدند. غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه بر اساس روش‌های توصیف شده توسط برودریک و کانگ (Broderick & Kang, 1980) تعیین شد. برای آنالیز اسیدهای چرب فرار، ۲۵ میلی‌لیتر از مایع شکمبه صاف‌شده برداشت و به‌منظور توقف فعالیت باکتری‌ها، اسید متافسفریک ۲۵ درصد به نسبت ۱ به ۵ به نمونه‌ها اضافه و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شد. از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Model: Biochrom libra, S22, England) برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب فرار نمونه‌های مایع شکمبه استفاده شد. فعالیت برخی آنزیم‌های سلولایتیک شکمبه با روش کریشنامورتی و کیتس (Van Gylswyk, 1969) مورد بررسی قرارگرفت.

برای تعیین قابلیت هضم جیره‌های آزمایشی از روش خاکستر نامحلول در اسید به‌عنوان معرف داخلی استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری قابلیت هضم مواد مغذی، به‌مدت ۴ روز در روزهای ۲۱، شیرگیری و انتهای آزمایش از نمونه خوراک و مدفوع نمونه‌برداری شد. نمونه‌های مدفوع از هر گوساله به‌وسیله تحریک رکتوم گرفته شدند. 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 ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و درصد ماده خشک آن تعیین شد. سپس، نمونه‌ها با استفاده از آسیاب با الک یک میلی‌متری آسیاب شدند و برای تجزیه شیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند. در نهایت، درصد قابلیت هضم با استفاده از روش یانگ و ون‌کلون (Young & Van Keulen, 1979) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پروتئین، خاکستر و چربی از روش‌های مورد استفاده 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 با استفاده از مدل زیر انجام شدند:

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

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، $B(xi\text{-}x)$ متغیر کمکی (برای وزن بدن و رشد اسکلتی، مقادیر اولیه به‌عنوان کووریت در نظر گرفته شده‌است) و ε_{ijkl} خطای تصادفی باقی‌مانده هستند. قبل از آنالیزها، همه داده‌ها برای نرمالیته با استفاده از روش Univariate توسط نرم‌افزار SAS مورد بررسی 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 چهار زمان مختلف شامل ۲۱ روزگی (زمان شروع مصرف علوفه)، ۷۰ روزگی (شیرگیری)، ۸۵ روزگی (انتهای آزمایش) و میانگین کل دوره آنالیز شدند.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم پروتئین در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۵۶) و در کل دوره (P = ۰/۰۵۸) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که در کل دوره و در ۲۱ روزگی گوساله‌های مصرف کننده جیره آردی که تا این سن هنوز علوفه مصرف نکردند و گوساله‌های مصرف کننده جیره پلت به‌همراه علوفه از یک روزگی بیشترین قابلیت هضم پروتئین را داشتند. در کل دوره، اثر زمان آغاز مصرف علوفه تمایل به معنی‌داری داشت به‌طوری‌که تغذیه علوفه از یک روزگی موجب افزایش قابلیت هضم در مقایسه با ۲۱ روزگی شد (P = ۰/۰۷۸). علاوه بر این، قابلیت هضم نهایی پروتئین در گوساله‌های مصرف کننده جیره پلت نسبت به آردی تمایل به افزایش داشت (P = ۰/۰۶۴).

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، به‌طوری‌که گوساله‌های مصرف کننده جیره آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین قابلیت هضم چربی را داشتند.

اثر زمان آغاز علوفه بر قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی در گوساله‌های هلشتاین در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۱۱)، شیرگیری (P = ۰/۰۱۰)، انتهای آزمایش (P = ۰/۰۰۱) و کل دوره (P=۰/۰۱۰) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد. در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۴۱) و کل دوره (P = ۰/۰۴۸) اثر بافت خوراک معنی‌دار بود و در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۸۱) و انتهای دوره (P = ۰/۰۶۹) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که تغذیه با 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 = ۰/۰۴۳) و در کل دوره تمایل به معنی‌داری داشت (P = ۰/۰۵۸)، به‌طوری‌که 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)، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۵۴) و سن شیرگیری (P = ۰/۰۹۱) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که خوراندن جیره پلت به‌همراه علوفه از یک روزگی بیشترین قابلیت هضم را به‌خود اختصاص داد و جیره آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین قابلیت هضم را داشت.

مصرف خوراک آغازین پلت در مقایسه با شکل آردی منجر به افزایش قابلیت هضم ماده آلی و NFC گردید اما تأثیری بر قابلیت هضم الیاف نداشت (Molaei *et al*., 2021). برخلاف یافته‌های ما، لئو و همکاران (Leao *et al*., 2020) بیان کردند که شکل فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) باعث تغییر قابلیت هضم جیره نشد. به‌طور کلی، جیره‌های با الیاف بالا قابلیت هضم جیره را به‌خطر می‌اندازند (Porter *et al*., 2007; Zanton & Heinrichs, 2009). با این‌حال، این مورد در مطالعه حاضر مشاهده نشد، که احتمالاً به‌دلیل گنجاندن مقدار محدود یونجه در جیره (۱۰ درصد) بود.

جدا از تأثیر فراوری سرد (آسیاب) و گرم (پلت) بر تغییر ساختار مولکولی مواد خوراکی که می‌تواند بر قابلیت هضم مواد مغذی تاثیر بگذارد (Molaie *et al*., 2021)، اندازه ذرات نیز می‌تواند از طریق نرخ عبور بر قابلیت هضم مواد مغذی تاثیر بگذارد. پورتر و همکاران (Porter *et al*., 2007) پیشنهاد کردند که عملکرد شکمبه زمانی‌که 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 تاثیرگذار باشد. ذرات کوچک‌تر می‌توانند نرخ عبور را افزایش دهند (Poerter *et al*., 2007) و توانایی کاهش قابلیت هضم را از طریق کاهش زمان ماندگاری در شکمبه گوساله‌های شیرخوار دارند (Ghorbani *et al*., 2020). این کاهش قابلیت هضم به‌دلیل افزایش نرخ عبور در بخش الیاف خوراک بیشتر است که منجر به کاهش معنی‌دار قابلیت هضم NDF و ADF می‌شود.

قبلا بیان شده 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 *et al*., 2013). در طرح حاضر نیز استفاده از علوفه از یک روزگی با افزایش pH شکمبه منجربه بهبود سلامت شکمبه گردید که در نهایت منجربه افزایش قابلیت هضم الیاف گردید. همچنین، فعالیت آنزیم سلولازی در گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک‌روزگی بالاتر از گوساله‌های مصرف کننده علوفه از ۲۱ روزگی بود که همین موضوع نیز منجربه افزایش قابلیت هضم الیاف در این گوساله‌ها گردید. علاوه بر زمان آغاز مصرف علوفه، نوع فراوری علوفه نیز با تاثیر بر سلامت شکمبه می‌تواند بر قابلیت هضم الیاف در گوساله‌های شیرخوار تأثیر بگذارد. استفاده از علوفه پلت (Molaie *et al*., 2021) و کاهش اندازه قطعات علوفه مصرفی از ۴ به ۲ سانتی‌متر (Montoro *et al*., 2013) منجر به کاهش قابلیت هضم الیاف گردید. برخلاف نتایج ما، حسینی و همکاران (Hosseini *et al*.,2016) بیان کردند که زمان مصرف علوفه تاثیری بر قابلیت هضم مواد مغذی شامل پروتئین، چربی و NDF نداشت.

مطابق نتایج جدول ۳، اثر زمان آغاز علوفه بر pH شکمبه در انتهای آزمایش (P=۰/۰۲۲) و کل دوره (P = ۰/۰۴۱) معنی‌دار بود و در ۲۱ روزگی تمایل به معنی‌داری داشت (P = ۰/۰۸۴)، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش pH شکمبه در مقایسه با گروه‌هایی شد که از روز ۲۱ مصرف علوفه را آغاز کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۰۱) و کل دوره (P = ۰/۰۲۳) معنی‌دار و در ۲۱ روزگی (P = ۰/۰۵۹) و شیرگیری (P = ۰/۰۶۱) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت به‌همراه علوفه از ۱ روزگی بیشترین مقدار pH شکمبه را به‌خود اختصاص داد. همچنین، اثرات متقابل زمان آغاز علوفه × زمان در کل دوره آزمایش معنی‌دار گردید (P = ۰/۰۳۳).

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۴۵)، انتهای آزمایش (تمایل، P=۰/۰۹۲)، و کل دوره (P = ۰/۰۰۱) خوراندن علوفه از یک روزگی موجب کاهش نیتروژن آمونیاکی شکمبه در مقایسه با گروه‌هایی شد که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در کل دوره مشاهده شد (P =۰ /۰۴۸)، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت به‌همراه علوفه از ۱ روزگی کمترین مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه را به‌خود اختصاص داد و برعکس تغذیه خوراک آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی بیشترین مقدار نیتروژن آمونیاکی شکمبه را تولید کرد. همچنین، اثرات متقابل زمان آغاز مصرف علوفه × زمان معنی‌دار گردید (P = ۰/۰۰۲). فعالیت آنزیم سلولاز در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۳۱)، انتهای آزمایش (P = ۰/۰۳۴) و کل دوره (P = ۰/۰۰۱) تحت تأثیر زمان آغاز مصرف علوفه قرار گرفت، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش فعالیت آنزیم سلولازی در مقایسه با گروه‌هایی شد که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند (جدول ۳). اثر بافت خوراک بر فعالیت آنزیم سلولاز در شکمبه در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۲۹) و کل دوره (P = ۰/۰۱۱) معنی‌دار بود و در۲۱ روزگی (P = ۰/۰۶۱) و شیرگیری (P = ۰/۰۵۸) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که در گروه‌های تغذیه شده با خوراک پلت بیشتر از گروه‌های تغذیه شده با خوراک آردی بود. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۰۶) و کل دوره (P = ۰/۰۴۴) مشاهده شد، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت به‌همراه علوفه از ۱ روزگی بیشترین و خوراک آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی کمترین فعالیت سلولازی را در شکمبه داشت. همچنین، اثرات متقابل بافت خوراک × زمان (P = ۰/۰۳۵) و زمان آغاز علوفه × زمان (P = ۰/۰۰۲) معنی‌دار گردید.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

جدول ۲- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر قابلیت هضم مواد مغذی (٪) در گوساله‌های هلشتاین از تولد تا ۸۵ روزگی

Table 2. The effect of forage inclusion time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on nutrient digestibility (%) of Holstein dairy calves from birth to 85 days old

متغیر Item	خوراک آغازین آردی Ground starter		خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خطای معیار SEM	سطح احتمال معنی‌داری[1] *P*-value					
	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21		SF	FFT	FFT × SF	T	T × SF	FFT × T	FFT × SF ×T
پروتئین Protein												
۲۱ روزگی 21 days	60.45	63.80	59.12	58.20	2.241	0.410	0.215	0.056				
۷۰ روزگی 70 days	58.64	57.55	60.18	59.85	1.090	0.510	0.444	0.190				
۸۵ روزگی 85 days	60.42	59.38	64.44	60.15	1.580	0.064	0.222	0.210				
میانگین کل دوره Total period average	59.00	59.70	61.30	59.25	2.411	0.314	0.078	0.058	0.101	0.220	0.054	0.066
عصاره اتری Ether extract												
۲۱ روزگی 21 days	58.48	55.20	54.80	58.20	5.144	0.052	0.355	0.081				
۷۰ روزگی 70 days	62.55	60.82	68.54	66.15	2.030	0.095	0.120	0.231				
۸۵ روزگی 85 days	53.18	54.20	60.14	62.20	1.841	0.555	0.320	0.070				
میانگین کل دوره Total period average	57.20	56.40	61.35	62.50	2.210	0.033	0.115	0.055	0.059	0.540	0.666	0.110
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF												
۲۱ روزگی 21 days	33.20	30.41	35.31	32.41	2.001	0.081	0.011	0.112				
۷۰ روزگی 70 days	32.19	31.39	38.12	36.20	1.173	0.041	0.010	0.344				
۸۵ روزگی 85 days	37.22	35.40	36.80	39.15	1.182	0.069	0.001	0.770				
میانگین کل دوره Total period average	34.10	32.15	36.44	35.30	0.083	0.048	0.010	0.122	0.088	0.220	0.111	0.511
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF												
۲۱ روزگی 21 days	29.15	28.11	30.45	29.51	1.102	0.043	0.033	0.054				
۷۰ روزگی 70 days	30.14	28.27	32.45	30.18	0.801	0.173	0.081	0.091				
۸۵ روزگی 85 days	27.10	28.31	30.10	28.32	1.008	0.112	0.401	0.551				
میانگین کل دوره Total period average	28.70	27.53	30.54	29.10	0.888	0.058	0.411	0.125	0.055	0.303	0.106	0.510

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین FFT: اثر زمان مصرف علوفه T: اثر زمان SF × FFT: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه SF × T: 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 of the physical form of the starter feed; FT: Effect of forage inclusion time; T: Time effect; FFT × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time; T × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time × Effect of time.

[a,b]حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند ($P < ۰/۰۵$).

[a,b]Means with different superscripts within a row differ significantly ($P < 0.05$).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

جدول ۳- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای در گوساله‌های هلشتاین از تولد تا ۸۵ روزگی

Table 3. The effect of forage inclusion time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on rumen parameters of Holstein dairy calves from birth to 85 days old

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	
												pH
				0.059	0.084	0.402	0.054	5.25	6.00	6.21	5.70	۲۱ روزگی 21 days
				0.061	0.510	0.101	0.064	5.60	6.05	5.12	5.40	۷۰ روزگی 70 days
				0.001	0.022	0.113	0.077	5.70^{b}	6.10^{a}	5.29^{b}	6.20^{ab}	۸۵ روزگی 85 days
0.533	0.033	0.110	<0.01	0.023	0.041	0.444	0.101	5.50^{b}	6.05^{a}	5.51^{b}	5.75^{ab}	میانگین کل دوره Total period average
												نیتروژن آمونیاکی (NH_3-N(mg/100mL)
				0.104	0.870	0.321	1.102	24.64	22.15	24.20	23.11	۲۱ روزگی 21 days
				0.140	0.045	0.216	0.011	24.17	20.27	23.10	20.30	۷۰ روزگی 70 days
				0.305	0.092	.0540	1.055	27.22	23.24	27.19	24.67	۸۵ روزگی 85 days
0.881	0.002	0.066	<0.01	0.048	<0.01	0.411	0.514	24.87^{a}	21.50^{b}	25.10^{a}	22.75^{a}b	میانگین کل دوره Total period average
												فعالیت سلولاز شکمبه‌ای (Ruminal cellulase activity(µg/min/mL
				0.511	0.200	0.061	3.121	32.80	38.75	40.56	37.23	۲۱ روزگی 21 days
				0.500	0.031	0.058	1.004	52.18	60.00	39.06	44.40	۷۰ روزگی 70 days
				0.006	0.034	0.029	4.110	59.16^{ab}	62.28^{a}	35.21^{b}	35.21^{ab}	۸۵ روزگی 85 days
0.099	0.002	0.035	0.001	0.044	0.001	0.011	0.071	47.70^{ab}	53.10^{a}	38.50^{b}	45.30^{ab}	میانگین کل دوره Total period average

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین FFT: اثر زمان مصرف علوفه T: اثر زمان SF × FFT: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه SF × T: اثر متقابل زمان و بافت فیزیکی خوراک آغازین T × FFT: 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 of the physical form of the starter feed; FT: Effect of forage inclusion time; T: Time effect; FFT × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time; T × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time × Effect of time.

[a,b] حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند ($P < ۰/۰۵$).

[a,b]Means with different superscripts within a row differ significantly ($P < 0.05$).

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]
[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

جدول ۴- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر پروفایل اسیدهای چرب شکمبه در گوساله‌های هلشتاین از تولد تا ۸۵ روزگی

Table 4. The effect of forage inclusion time (1 vs. 21 days old) with the physical form of the starter feed (ground vs. pellets) on volatile fatty acid (VFA) concentration in the rumen fluid of Holstein dairy calves from birth to 85 days old

متغیر Item	خوراک آغازین آردی Ground starter		خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خطای معیار SEM	سطح احتمال معنی‌داری[1] *P*-value						
	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21	۱ روزگی Day 1	۲۱ روزگی Day 21		SF	FFT	FFT × SF	T	T × SF	FFT × T	FFT × SF ×T
استات (mmol/L) Acetate												
۲۱ روزگی 21 days	50.54	49.25	53.20	48.40	0.888	0.059	0.054	0.091				
۷۰ روزگی 70 days	51.06	44.20	55.25	45.04	1.321	0.102	0.030	0.510				
۸۵ روزگی 85 days	50.36	43.60	58.92	42.24	1.518	0.069	0.010	0.812				
میانگین کل دوره Total period average	51.00	49.20	54.52	49.41	0.811	0.068	0.007	0.444	0.002	0.055	<0.01	0.054
پروپیونات (mmol/L) Propionate												
۲۱ روزگی 21 days	31.18	39.37	35.14	38.55	0.165	0.065	0.115	0.321				
۷۰ روزگی 70 days	32.29	33.41	36.15	35.25	2.720	0.322	0.066	0.401				
۸۵ روزگی 85 days	30.18	32.22	38.18	36.18	1.130	0.034	0.094	0.151				
میانگین کل دوره Total period average	31.20	34.15	36.50	36.20	0.088	0.049	0.315	0.110	0.111	0.840	0.231	0.314
بوتیرات(mmol/L) Butyrate												
۲۱ روزگی 21 days	6.20	6.15	6.88	6.44	0.031	0.099	0.112	0.841				
۷۰ روزگی 70 days	6.05[b]	6.63[b]	8.55[a]	7.63[ab]	0.018	0.031	0.068	0.001				
۸۵ روزگی 85 days	7.23	7.15	7.12	8.39	0.091	0.001	0.057	0.058				
میانگین کل دوره Total period average	6.40	6.68	7.30	7.55	0.110	0.012	0.554	0.320	0.066	0.032	0.058	0.910
کل اسیدهای چرب (mmol/L) Total VFA												
۲۱ روزگی 21 days	96.45	99.10	97.60	100.15	30.210	0.248	0.121	0.095				
۷۰ روزگی 70 days	99.08	101.75	102.64	100.45	30.107	0.515	0.058	0.333				
۸۵ روزگی 85 days	97.005	97.25	103.54	100.35	22.117	0.211	0.064	0.370				
میانگین کل دوره Total period average	97.85	99.10	100.55	100.40	24.115	0.048	0.068	0.115	0.222	0.077	0.098	0.515

[1]SF: اثر بافت فیزیکی خوراک آغازین FFT: اثر زمان مصرف علوفه T: اثر زمان SF × FFT: اثر متقابل بافت فیزیکی خوراک آغازین و زمان مصرف علوفه SF × T: 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 of the physical form of the starter feed; FT: Effect of forage inclusion time; T: Time effect; FFT × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time; T × SF: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of time; FFT × SF × T: Effect of the physical form of the starter feed × Effect of forage inclusion time × Effect of time.

[a,b] حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند ($P < ۰/۰۵$).

[a,b]Means with different superscripts within a row differ significantly ($P < 0.05$).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

جدول ۵- اثر زمان مصرف علوفه (۱ در مقابل ۲۱ روزگی) با بافت فیزیکی خوراک آغازین (آردی در مقابل پلت) بر فراسنجه‌های سرم گوساله‌های هلشتاین از تولد تا ۸۵ روزگی

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 serum metabolites of Holstein dairy calves from birth to 85 days old

متغیر Item	خوراک آغازین آردی Ground starter		خوراک آغازین پلت Pelleted starter		خطای معیار SEM	سطح احتمال معنی‌داری[1] *P*-value								
	۱ روزگی Day 1	۲۱روزگی Day 21	۱روزگی Day 1	۲۱روزگی Day 21		SF	FFT	FFT × SF	T	T × SF	FFT × T	FFT × SF ×T
گلوکز Glucose (mg/dL)												
۷۰ روزگی 70 days	63.20[ab]	65.22[a]	59.05[b]	61.15[b]	1.101	0.033	0.048	0.012				
۸۵ روزگی 85 days	61.10	62.25	59.65	62.11	2.102	0.085	0.077	0.417				
میانگین کل دوره Total period average	61.30	63.10	60.21	60.98	1.212	0.042	0.055	0.210	0.330	0.066	0.158	0.112
پروتئین کل Total protein (mg/dL)												
۷۰ روزگی 70 days	6.61	6.35	6.42	6.01	0.055	0.420	0.061	0.205				
۸۵ روزگی 85 days	6.55	6.43	6.23	6.84	0.092	0.201	0.114	0.232				
میانگین کل دوره Total period average	6.10	6.22	6.44	5.99	1.210	0.662	0.511	0.066	0.515	0.055	0.231	0.818
بتا هیدروکسی بوتیریک اسید BHBA (mg/dL)												
۷۰ روزگی 70 days	0.10	0.20	0.14	0.23	0.033	0.350	0.071	0.531				
۸۵ روزگی 85 days	0.19	0.23	0.20	0.21	0.099	0.218	0.034	0.351				
میانگین کل دوره Total period average	0.14	0.19	0.17	0.20	0.044	0.115	0.002	0.422	0.002	0.112	0.031	0.318

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

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

[a,b] حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند ($P < ۰/۰۵$).

[a,b]Means with different superscripts within a row differ significantly ($P < 0.05$).

طبق جدول ۴، غلظت استات شکمبه در انتهای آزمایش ($P = ۰/۰۶۹$) و در کل دوره ($P = ۰/۰۶۸$) در گوساله‌های مصرف کننده خوراک پلت در مقایسه با خوراک آردی تمایل به افزایش داشت. در کل دوره‌ها، اثر زمان علوفه بر غلظت استات معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن علوفه از یک روزگی موجب افزایش غلظت استات در مقایسه با گروه‌هایی شد که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه در ۲۱ روزگی تمایل به معنی‌داری داشت ($P = ۰/۰۹۱$)، به‌طوری‌که تغذیه خوراک پلت به‌همراه علوفه از یک روزگی بیشترین غلظت استات را داشت. اثرات متقابل زمان آغاز علوفه × زمان ($P = ۰/۰۰۱$)، بافت خوراک × زمان ($P = ۰/۰۵۴$)، و بافت خوراک × زمان آغاز علوفه × زمان ($P = ۰/۰۵۴$) معنی‌دار شد.

همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، اثر بافت خوراک بر غلظت پروپیونات در انتهای آزمایش ($P = ۰/۰۳۴$) و کل دوره ($P = ۰/۰۴۹$) معنی‌دار بود و در ۲۱ روزگی ($P = ۰/۰۵۴$) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که غلظت پروپیونات در مایع شکمبه گوساله‌های تغذیه شده با خوراک پلت به‌صورت معنی‌داری بیشتر از گروه‌های تغذیه شده با خوراک آردی بود.

در کل دوره‌ها اثر بافت خوراک بر غلظت بوتیرات مایع شکمبه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که خوراندن خوراک پلت موجب افزایش غلظت بوتیرات در مقایسه با گوساله‌هایی شد که خوراک آردی مصرف کرده بودند (جدول ۴). اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز علوفه در زمان شیرگیری ($P = ۰/۰۰۱$) و انتهای دوره (تمایل، $P = ۰/۰۵۷$) مشاهده شد به‌طوری‌که غلظت بوتیرات شکمبه در گوساله‌هایی که خوراک پلت به‌همراه علوفه از یک روزگی دریافت کرده‌بودند بیشتر از بقیه تیمارها بود. همچنین، اثرات متقابل زمان آغاز علوفه × زمان ($P = ۰/۰۳۲$) و بافت خوراک × زمان ($P = ۰/۰۵۸$) معنی‌دار بود.

اثر بافت خوراک بر غلظت کل اسیدهای چرب فرار شکمبه در کل دوره ($P = ۰/۰۴۸$) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که گوساله‌های تغذیه شده با خوراک پلت غلظت اسیدهای چرب مایع شکمبه بیشتری از گروه‌های تغذیه شده با خوراک آردی داشتند. اما اثر زمان مصرف علوفه در سه دوره شیرگیری ($P = ۰/۰۵۸$)، نهایی ($P = ۰/۰۶۴$) و کل دوره ($P = ۰/۰۶۸$) تمایل به معنی‌داری داشت و گوساله‌های مصرف کننده علوفه از ۲۱ روزگی نسبت به ۱ روزگی غلظت اسیدهای چرب بیشتری داشتند. همچنین، اثرات متقابل زمان آغاز علوفه × زمان ($P = ۰/۰۹۸$) و بافت خورراک × زمان ($P = ۰/۰۷۷$) تمایل به معنی‌داری داشت.

مشابه با نتایج ما، لئو و همکاران و مولایی و همکاران (Leao *et al*., 2020*;* Molaei *et al*., 2021) بیان کردند که pH شکمبه تفاوتی بین تیمارهای پلت و آردی نداشت که بیانگر این است که شکل فیزیکی خوراک آغازین احتمالاً نتوانسته است تغییری در نشخوار و تولید بزاق ایجاد کند که منجربه pH مشابه شکمبه بین تیمارها شده است. از سوی دیگر و بر خلاف یافته‌های ما، لئو و همکاران و مولایی و همکاران (Leao *et al*., 2020*;* Molaei *et al*., 2021) بیان کردند که شکل فیزیکی خوراک آغازین (آسیاب در مقابل پلت) بر پروفایل اسیدهای چرب شکمبه تأثیری نداشت.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

همچنین تاثیر نوع فراوری خوارک آغازین بر نیتروژن آمونیاکی شکمبه متفاوت است به‌طوری‌که استفاده از خوراک پلت در مقابل آردی منجربه افزایش (Leao *et al*., 2020) یا کاهش (Molaie *et al*., 2021) نیتروژن آمونیاکی شکمبه شده است. در حالی‌که در طرح ما، خوراک پلت باعث افزایش تولید استات و بوتیرات و کاهش سطح نیتروژن آمونیاکی گردید که این موضوع احتمالاً به‌علت افزایش قابلیت هضم الیاف در گوساله‌های مصرف کننده خوراک پلت است. افزایش سطح اسیدهای چرب فرار در شکمبه در جیره پلت بیانگر توسعه بیشتر شکمبه است. اسیدبوتیریک رشد و توسعه اپیتلیوم شکمبه را تسریع می‌کند و سطح اپیتلیوم شکمبه را در تماس با محتویات شکمبه افزایش می‌دهد (Xie *et al*., 2018). مشابه با نتایج ما، مطالعات اولیه نشان دادند که در خوراک آغازین با فرمول یکسان نیز افزایش اندازه ذرات توانست منجربه افزایش تعداد باکتری‌های سلولایتیک در شکمبه گوساله‌های شیرخوار شود (Beharka *et al*., 1998). این افزایش در تعداد باکتری‌های سلولایتیک و افزایش فعالیت آنزیم سلولازی شکمبه می‌تواند منجربه افزایش قابلیت هضم الیاف و رشد و توسعه بیشتر شکمبه گردد.

مصرف علوفه از یک روزگی منجر به افزایش pH، فعالیت شکمبه‌ای آنزیم سلولاز و سطح بوتیرات شکمبه و همچنین کاهش سطح نیتروژن آمونیاکی در مقایسه با مصرف علوفه از ۲۱ روزگی گردید. این تغییرات نشانگر این است که گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی توسعه شکمبه بهتری داشته‌اند که احتمالاً به‌علت نشخوار و تولید بزاق بیشتر باشد. چن و همکاران (Chen *et al*., 2021) بیان کردند که تغذیه علوفه منجربه افزایش pH شکمبه گردید ولی زمان تغذیه (۲ یا ۴ هفتگی) تأثیری بر سطح pH شکمبه نداشت.

لین و همکاران (Lin *et al*., 2018) بیان کردند که تغذیه علوفه به گوساله‌های شیرخوار منجر به افزایش زمان نشخوار گردید، که این افزایش منجربه ترشح بزاق بیشتر و در نهایت افزایش pH شکمبه گردید. خوراک آغازین، سرشار از کربوهیدرات‌های سریع‌التخمیر، مانند قند و نشاسته، است که انرژی را برای رشد بهینه گوساله فراهم می‌کند، اما سرعت تخمیر زیاد منجر به تولید مقدار زیادی اسیدهای چرب فرار و اسید لاکتیک می‌شود و در نتیجه pH مایع شکمبه پایین می‌آید (Suarez *et al*., 2006). علوفه با الیاف بالا ممکن است در کاهش این چالش نقش داشته باشند. مطالعات قبلی نشان دادند که تغذیه علوفه می‌تواند pH مایع شکمبه را بهبود بخشد، اگرچه ممکن است به منبع علوفه وابسته باشد (Nemati *et al*., 2016; Hosseini *et al*., 2019)، به‌طوری‌که تأثیر یونجه در تعدیل pH شکمبه بیشتر از سایر انواع علوفه است (Drackley, 2008). لارمان و همکاران (Laarman *et al*., 2012) رابطه مثبت بین مصرف علوفه و pH مایع شکمبه را گزارش کردند.

دلایل مختلفی برای افزایش pH مایع شکمبه هنگام افزودن علوفه به خوراک آغازین وجود دارند. از یک طرف، علوفه حجیم‌تر هستند و مصرف علوفه منجر به افزایش مصرف الیاف مؤثر می‌شود که به‌نوبه خود فعالیت جویدن (نشخوار و خوردن) گوساله‌ها را تحریک می‌کند (Chen *et al*., 2021) و متعاقباً تولید بزاق و ظرفیت بافری شکمبه را بهبود می‌بخشد (Nemati *et al*., 2016). از سوی دیگر، کربوهیدرات‌هایی که به‌سرعت تخمیر می‌شوند، اسیدهای چرب فرار فراوانی تولید می‌کنند که ممکن است از ظرفیت جذب شکمبه توسعه نیافته در گوساله فراتر بروند و آن را تحت تأثیر قرار دهند. تغذیه علوفه در گوساله‌های از شیر گرفته شده می‌تواند غلظت اسیدهای چرب فرار (Phillips, 2004; Daneshvar *et al*., 2015; Hosseini *et al*., 2016) و پاراکراتوسیس شکمبه را کاهش دهد (Zitnan *et al*., 1998; Suárez *et al*., 2006) و سطح جذبی اپیتلیوم شکمبه را افزایش دهد و در نتیجه منجر به کاهش تجمع اسیدهای چرب فرار و حفظ pH مناسب مایع شکمبه شود. علاوه بر این، گوساله‌هایی که با علوفه تغذیه می‌شوند، بیان بیشتری از انتقال‌دهنده مونوکربوکسیلات-۱ در دیواره شکمبه دارند که نقش اصلی را در انتقال استات، لاکتات و پروتون‌ها از مجرای شکمبه به جریان خون بازی می‌کند؛ از این‌رو، تجمع اسیدهای چرب فرار را در شکمبه نیز کاهش می‌دهد (Castells *et al*., 2012).

لین و همکاران (Lin *et al*., 2018) بیان کردند که تغذیه علوفه در زمان‌های مختلف تفاوتی در غلظت کل اسیدهای چرب فرار و همچنین پروفایل اسیدهای چرب شکمبه ایجاد نکرد، که نشان می‌دهد که تغذیه علوفه در زمان‌های مختلف تغییری بر تخمیر شکمبه ندارد که احتمالاً به‌دلیل نحوه ارائه علوفه است. در این تحقیق، تغذیه آزاد علوفه انجام شد که احتمالاً گوساله‌ها میزان کافی از علوفه برای تأثیر بر تخمیر شکمبه مصرف نکرده‌اند. مطابق با نتایج ما، مقالات زیادی بیان کردند که تغذیه علوفه در گوساله‌های شیرخوار منجر به افزایش سطح استات شد (Beiranvand *et al*., 2014; Daneshvar *et al*., 2015; Hosseini *et al*., 2016; Chen *et al*., 2021) که این تغییرات احتمالاً مربوط به افزایش سطح باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز مانند *Ruminococcus flavefaciens* و *Ruminococcus albus* هستند که منجر به افزایش قابلیت هضم الیاف و در نهایت افزایش استات در شکمبه می‌شود (Zintan *et al*., 1998; Castells *et al*., 2012). این مشاهدات متفاوت را می‌توان به عوامل مختلفی مانند سطح، منبع و شکل فیزیکی علوفه نسبت داد. علوفه‌های مختلف پروفایل مواد مغذی متفاوتی دارند. به‌عنوان مثال، علوفه‌های مختلف ممکن است در میزان NDF و الیاف شوینده خنثی غیر قابل هضم (iNDF) و درجه تجزیه آن‌ها در شکمبه متفاوت‌باشند (Lopes *et al*., 2015).

مشابه با نتایج ما، چن و همکاران (Chen *et al*., 2021) گزارش کردند که تغذیه علوفه در دو هفتگی منجر به کاهش سطح نیتروژن آمونیاکی نسبت به گوساله‌های تغذیه شده با علوفه در سن ۴ هفتگی گردید. کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی می‌تواند نشان دهنده بهره‌وری بیشتر نیتروژن در شکمبه باشد که بیانگر این است که نیتروژن بیشتر توسط میکروب‌های شکمبه جذب شده است (Molaie *et al*., 2021).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

این عمدتاً می‌تواند به قابلیت هضم بیشتر پروتئین و الیاف جیره نسبت داده شود که باعث جذب نیتروژن بیشتر برای تولید پروتئین میکروبی در گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی می‌شود. مکی‌زاده و همکاران (Makizadeh *et al*., 2020) نشان دادند که قابلیت هضم بیشتر مواد مغذی می‌تواند غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه را کاهش و پروتئین میکروبی تولیدشده در شکمبه را افزایش دهد. احتمالاً کاهش سطح نیتروژن آمونیاکی شکمبه در گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی در طرح حاضر بیانگر رشد باکتری‌های مصرف کننده نیتروژن آمونیاکی است (Chen *et al*., 2021) و نشان می‌دهد که تغذیه زود هنگام علوفه می‌تواند منجر به افزایش رشد باکتری‌های مصرف کننده آمونیاک شود. برخلاف نتایج ما، حسینی و همکاران (Hosseini *et al.,* 2016) بیان کردند که زمان مصرف علوفه تاثیری بر سطح نیتروژن آمونیاکی شکمبه نداشت.

در مطالعه حاضر زمان آغاز مصرف علوفه منجر به کاهش سطح نیتروژن آمونیاکی و افزایش pH شکمبه شد ولی نوع فراوری خوراک آغازین تاثیری بر این دو فاکتور نداشت که نشان می‌دهد که زمان آغاز مصرف علوفه تاثیر بیشتری از شکل فیزیکی خوراک آغازین بر عملکرد و محیط شکمبه دارد. در تایید نتایج ما، چن و همکاران (Chen *et al*., 2021) بیان کردند که تغذیه علوفه تأثیر بیشتری از شکل فیزیکی خوراک آغازین بر عملکرد و محیط شکمبه گوساله‌های شیرخوار داشت.

مشابه با نتایج ما، کستلز و همکاران (Castells *et al*., 2012) بیان کردند که تغذیه علوفه یونجه تعداد باکتری‌های سلولایتیک (*Ruminococcus albus*) را در گوساله‌های شیرخوار افزایش داد. همچنین، در مطالعه دیگر بیان شد که تغذیه علوفه تیموتی منجر به افزایش باکتری‌های سلولایتیک (*Ruminococcus flavefaciens* and *Ruminococcus albus*) در گوساله‌های شیرخوار گردید (Kim *et al*., 2016). این نتایج نشان می‌دهند که الیاف فیزیکی مؤثر نقش مهمی را در تغییر محیط شکمبه بازی می‌کند که می‌تواند جمعیت میکروبی شکمبه را تغییر دهد.

مطابق با نتایج جدول ۵، اثر بافت خوراک بر غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۳۳) و کل دوره (P = ۰/۰۴۲) معنی‌دار بود و در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۸۵) تمایل به معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که خوراک آردی موجب افزایش معنی‌دار غلظت گلوکز سرم در مقایسه با خوراک پلت شد. علاوه بر این، اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری (P = ۰/۰۴۸) و در کل دوره (P = ۰/۰۵۵) معنی‌دار بود و در انتهای آزمایش (P = ۰/۰۷۷) تمایل به معنی‌داری داشت به این صورت که غلظت گلوکز در گروه‌هایی که از روز اول علوفه مصرف کرده بودند کمتر از گروه‌هایی بود که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند. اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای غلظت گلوکز سرم در زمان شیرگیری مشاهده شد (P = ۰/۰۱۲)، که گروهی که با خوراک آردی به‌همراه علوفه از ۲۱ روزگی تغذیه شدند بیشترین غلظت گلوکز را داشتند.

اثر زمان مصرف علوفه بر غلظت پروتئین کل سرم در زمان شیرگیری تمایل به معنی‌داری داشت و مصرف علوفه از یک روزگی در مقایسه با ۲۱ روزگی منجر به افزایش پروتئین سرم گردید (P = ۰/۰۶۱). همچنین، اثر متقابل بافت خوراک × زمان آغاز مصرف علوفه برای غلظت پروتئین سرم در کل دوره تمایل به معنی‌داری داشت (P = ۰/۰۶۶)، به طوری که گروهی که با خوراک پلت به‌همراه علوفه از ۱ روزگی تغذیه شدند بیشترین غلظت پروتئین سرم را داشتند.

در کل دوره‌ها، اثر زمان آغاز مصرف علوفه بر غلظت بتا هیدروکسی‌بوتیرات سرم معنی‌دار بود به‌طوری‌که غلظت بتا هیدروکسی‌بوتیرات در گروه‌هایی که از روز اول علوفه مصرف کرده بودند به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه‌هایی که از روز ۲۱ شروع به مصرف علوفه کرده بودند کمتر بود (جدول ۵). اثر متقابل زمان آغاز مصرف علوفه × زمان برای غلظت در کل دوره مشاهده شد (P = ۰/۰۳۱).

کاهش سطح گلوگز در گوساله‌های مصرف کننده خوراک آغازین پلت به‌علت توسعه بیشتر شکمبه و تکیه این گروه از دام‌ها به اسیدهای چرب شکمبه به‌عنوان منبع انرژی است. برخلاف نتایج ما، لین و همکاران (Lin *et al*., 2018) بیان کردند که تغذیه علوفه در سنین بالاتر (۶ هفتگی) منجر به کاهش غلظت گلوکز و BHBA نسبت به گوساله‌های مصرف کننده علوفه در دو هفتگی گردید. البته در این تحقیق، علوفه مورد استفاده یولاف بود و به‌صورت دسترسی آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت که احتمالاً این تفاوت‌ها منجربه تفاوت در نتایج شدند. مشابه با نتایج ما، گهرمانی و همکاران (Gahremani *et al*., 2021) بیان کردند که تغذیه علوفه در سن ۲۱ روزگی نسبت به سن ۳ روزگی منجر به افزایش سطح گلوکز خون گردید. کاهش سطح گلوکز در گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی احتمالا به این علت است که این گوساله‌ها از اسیدهای چرب فرار تولید شده در شکمبه به‌عنوان منبع انرژی استفاده کردند و کمتر به گلوکز به‌عنوان منبع انرژی وابسته بودند.

افزایش BHBA پلاسما نشانگر شروع فعالیت شکمبه است (Quigley, 1996). سطوح پلاسمایی BHBA برای گوساله‌های تغذیه شده با علوفه از یک روزگی کمتر از گوساله‌های تغذیه شده با علوفه از سن ۲۱ روزگی بود. با این‌حال، میزان تفاوت‌ها کم بود. با این‌که سایر شواهد شامل افزایش pH، فعالیت آنزیم سلولازی و افزایش سطوح بوتیرات و سایر اسیدهای چرب در شکمبه بیانگر توسعه بیشتر شکمبه در گوساله‌های مصرف کننده علوفه از یک روزگی است، ولی سطح BHBA در این گوساله‌ها کمتر است که توضیح دادن آن مشکل است. گهرمانی و همکاران (Gahremani *et al*., 2021) نیز بیان کردند که تغذیه علوفه در ۲۱ روزگی منجر به کاهش سطح BHBA نسبت به تغذیه علوفه در سن سه روزگی گردید، اما نکته تعجب‌آور این بود که سطح BHBA در گوساله‌های مصرف کننده علوفه در سن ۴۰ روزگی مشابه با گوساله‌های مصرف کننده علوفه در سن سه روزگی بود. حسینی و همکاران (Hosseini *et al*., 2016) نیز هیچ تأثیری از گنجاندن علوفه بر سطوح BHBA گوساله‌های شیرخوار

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]
[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

مشاهده نکردند. حسینی و همکاران (Khan *et al.,* 2011) با تغذیه مقادیر بالای شیر هیچ تفاوتی در غلظت BHBA بین گوساله‌هایی که یونجه تغذیه می‌کردند در مقایسه با آن‌ها که علوفه نداشتند، مشاهده نکردند. به‌نظر می‌رسد که سطح BHBA تحت تاثیر میزان شیر مصرفی در مطالعات مختلف می‌تواند متفاوت باشد. مشابه با نتایج گهرمانی و همکاران (Gahremani *et al*., 2021)، سطح پروتئین‌کل تحت تاثیر زمان شروع مصرف علوفه قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری کلی

دریافت علوفه یونجه در سطح ۱۰ درصد در سن یک روزگی نسبت به ۲۱ روزگی منجربه افزایش قابلیت هضم الیاف در شکمبه گردید که این موضوع به‌دلیل افزایش سلامت شکمبه و فعالیت سلولازی بیشتر در شکمبه است. همچنین، تغذیه جیره پلت نسبت به آردی منجر به افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه گردید. اثر متقابل بین بافت خوراک و زمان آغاز مصرف علوفه نشان داد که استفاده از علوفه در سن یک روزگی در گوساله‌های مصرف کننده جیره پلت منجر به افزایش عملکرد شکمبه گردید.

References

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

Baldwin, R. L.V. I., McLeod, K. R., Klotz, J. L., & Heitmann, R. N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science,* 87(E. Suppl.), E55–E65.

Beharka, A. A., Nagajara, T. G., Morrill, L. J., Kennedy, G. A., & Klemm, R. D. (1998). Effect of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science,* 81, 1946–1955

Beiranvand, H., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Nabipour, A., Dehghanbanadaky, M., Homayouni, A., & Kargar, S. (2014). Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *Journal of Dairy Science,* 97, 2270–2280.

Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of Dairy Science*, 63(1), 64-75.

Bull, L. S., Bush, L. J., Friend, J. D., Harris, B., & Jones, E. W. (1965). Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption. *Journal of Dairy Science,* 48, 1459–1466.

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.

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.

Daneshvar, D., Khorvash, M., Ghasemi, E., Mahdavi, A. H., Moshiri, B., Mirzaei, M., Pezeshki, A., & Ghaffari, M. H. (2015). The effect of restricted milk feeding through conventional or step-down methods with or without forage provision in starter feed on performance of Holstein bull calves. *Journal of Animal Science,* 93, 3979–3989.

Drackley, J.K. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice,* 24, 55–86.

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, 203.

Ghorbani, H., Kazemi-Bonchenari, M., Hossein Yazdi, 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.

Hill, T. M., Bateman, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2008). Effects of the amount of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *Journal of Dairy Science,* 91, 2684–2693

Hinders, R. G., & Owen, F. G. (1968). Ruminal and post-ruminal digestion of alfafa fed as pellets or long hay. *Journal of Dairy Science,* 51, 1253–1257.

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.

Kertz, A. F., Prewitt, L. R., & Everett Jr., J. P. (1979). An early weaning calf program: summarization and review. *Journal of Dairy Science,* 62, 1835–1843.

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

Khan, M. A., Weary, D. M., Vieira, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2012). Postweaning performance of heifers fed starter with and without hay during the milk-feeding period. *Journal of Dairy Science,* 95, 3970–3976.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

Kim, Y. H., Nagata, R., Ohtani, N., Ichijo, T., Ikuta, K., & Sato, S. (2016). Effects of dietary forage and calf starter diet on ruminal pH and bacteria in Holstein calves during weaning transition. *Frontiers in Microbiology,* 7, 1575.

Laarman, A. H., Ruiz-Sanchez, A. L., Sugino, T., Guan, L. L., & Oba, M. (2012). Effects of feeding a calf starter on molecular adaptations in the ruminal epithelium and liver of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science,* 95, 2585–2594.

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.

Lopes, F., Cook, D. E., & Combs, D. K. (2015). Effects of varying dietary ratios of corn silage to alfalfa silage on digestion of neutral detergent fiber in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 98, 6291–6303

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.

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.

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.

Nemati, M., Amanlou, H., Khorvash, M., Mirzaei, M., Moshiri, B., & Ghaari, M. H. (2016). Effect of different alfalfa hay levels on growth performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein dairy calves. *Journal of Animal Science,* 94, 1141.

NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 th ed. Washington, DC: National Academy Press; 2001.

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.

Pazoki. A., Ghorbani. G. R., Kargar. S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Ghaffari, M. H., & Drackley. J. K. (2017). Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology,* 234, 173–185.

Phillips, C. J. (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.

Quigley III, J. D. (1996). Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves. *Journal of Dairy Science,* 79, 2255-2260.

Shen, Z., Seyfert, H. M., Lohrke, B., Schneider, F., Zitnan, R., & Chudy, A. (2004). An energy-rich diet causes rumen papillae proliferation associated with more IGF type 1 receptors and increased plasma IGF-1 concentrations in young goats. *Journal of Nutrition,* 134, 11–17.

Soltani, M., Kazemi-Bonchenari, M., Khaltabadi-Farahani, A. H., & Afsarian, O. (2017). Interaction of forage provision (*alfalfa hay*) and sodium butyrate supplementation on performance, structural growth, blood metabolites and rumen fermentation characteristics of lambs during pre-weaning period. *Animal Feed Science and Technology,* 230, 77–86.

Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Beldman, G., Van, D. J., Dijkstra, J., & Gerrits, W. J. (2006). Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *Journal of Dairy Science,* 89, 4365–4375.

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.

Van Gylswyk, N. O. (1970). A comparison of two techniques for counting cellulolytic rumen bacteria. *Microbiology*, 60(2), 191-197.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]

Van Keulen, J. Y. B. A., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287.

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.

Xie, B., Zhang, N., & Zhang, C. (2018). Effects of Forage on Rumen Development in Young Ruminants and Its Mechanisms. *Chinease Journal of Animal Nutrition,* 30, 1245–1252.

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.

Zitnan, R., Voigt, J., Schonhausen, U., Wegner, J., Kokardova, M., Hagemeister, H., Levkut, M., Kuhla, S., & Sommer, A. (1998). Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Archive of Animal Nutrition,* 51, 279–291.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-10-17]

[DOI: DOI: 10.61882/rap.2026.1544]