

The estimation of fecal starch using dietary variables in high-producing Holstein cows

Ayub Mohammadi¹, Farhang Fatehi^{2*}, Kamran reza-yazdi³,
Farhad Parnian-khajehdizaj⁴, Ali Sadeghi-Sefidmazgi⁵

¹ PhD student, Department of Animal Science, University college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Assistant Professor, Department of Animal Science, University college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: fatehif@ut.ac.ir

³ Professor, Department of Animal Science, University college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, East Azerbaijan, Iran

⁵ Associate Professor, Department of Animal Science, University college of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 19/11/2024

Revised: 5/1/2025

Accepted: 5/1/2025

Keywords:

Daily starch intake

Dietary variables

Fecal Starch

High-Producing

Holstein Cows

ABSTRACT

Background and Objective: One of the most important goals in the dairy industry is to increase milk production and quality, which requires the use of high-quality feedstuff with a high concentration of nutrients, especially for high-producing cows. Consequently, the proportion of concentrate in the diet of high-producing cows has reached its maximum, and improving nutrient digestibility and reducing nutrient loss through feces has become critically important. Starch is one of the most important nutrients affecting milk production. Therefore, the aim of this study was to investigate the relationship between feed parameters and their effect on fecal starch excretion, which is one of the most important nutrients in high-producing Holstein cows at the herd level in the country.

Materials and Methods: The current study was conducted in 76 Holstein dairy herds. In each herd, one pen of high-producing Holstein cows was selected as the index pen based on milk yield, days in milk, and parity. From the selected index pen, 10 cows were chosen with a body condition score of 3 ± 0.25 , days in milk of 80 ± 10 , a milk yield of 47 ± 2.5 , and a parity of 2.5 ± 0.5 . For three consecutive days, samples were collected from the total mixed ration, feed ingredients, and cow feces. During this period, data such as dry matter intake (DMI), concentrate intake (CI, kg/day), and forage intake (alfalfa and corn silage) were measured. Finally, the collected data were used to estimate fecal starch excretion using single and multi-variable linear regression models. The priority of each parameter's effects was determined using the coefficient of determination.

Findings: The results of the current study, based on single-variable regression analysis, showed that starch intake (kg/day) had the highest impact on fecal starch excretion ($R^2=0.56$), followed by CI

($R^2=0.50$), feed starch percentage ($R^2=0.43$), and forage-to-concentrate ratio ($R^2=0.38$). Additionally, the multi-variable regression analysis demonstrated that the equation including CI, feed starch percentage, and DMI (kg/day) provided the highest estimation of fecal starch percentage, with a coefficient of determination of 0.84. The second estimated model, with the next highest coefficient of determination, included DMI, starch intake, and silage starch ($R^2=0.67$), while the third estimated model included DMI and CI ($R^2=0.65$).

Conclusion: The current study revealed that fecal starch concentration in high-producing cows was significantly high (average 11.6% based on fecal dry matter) and that the amount of fecal starch can be predicted with high accuracy and precision using dietary variables such as CI, starch ratio in the diet, and DMI.

Cite this article: Mohammadi, A., Fatehi, F., Reza-yazdi, K., Parnian-khajehdizaj, F., Sadeghi-Sefidmazgi, A. (2025). The estimation of fecal starch using dietary variables in high-producing Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 13(3), 135-150.



© The Author(s)



[10.22069/EJRR.2025.23003.1986](https://doi.org/10.22069/EJRR.2025.23003.1986)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

برآورد نشاسته دفعی با استفاده از متغیرهای خوراک در گاوهای پرتولید هلشتاین

ایوب محمدی^۱، فرهنگ فاتحی^{۲*}، کامران رضایزدی^۳، فرهاد پرنیان خواجه دیزج^۴، علی صادقی سفیدمزیگی^۵

^۱ دانشجوی دوره دکتری تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

^۲ استادیار گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کرج

^۳ استاد گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کرج

^۴ بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

^۵ دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کرج

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: یکی از مهمترین اهداف در صنعت گاو شیر، افزایش تولید و کیفیت شیر است. دستیابی به این هدف مستلزم استفاده از جیره های باکیفیت و حاوی مواد مغذی مناسب، به ویژه در گاوهای پرتولید می باشد. لذا سهم کنسانتره در جیره گاوهای پرتولید به حداکثر خود رسیده و در نتیجه، بهبود هضم مواد مغذی و کاهش هدررفت مواد مغذی از طریق مدفوع از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نشاسته یکی از مهمترین مواد مغذی مؤثر بر تولید شیر است؛ بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، بررسی ارتباط فراسنجه های خوراک و اثر آن ها بر دفع نشاسته مدفوعی، به عنوان یکی از پرکاربردترین و مهمترین ماده مغذی در گاوهای پرتولید هلشتاین در سطح گله های کشور است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲۹	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶	مواد و روش ها: مطالعه حاضر در ۷۶ گله گاو شیری هلشتاین انجام شد. در هر گله، یک بهار بند از گاوهای پرتولید هلشتاین به عنوان بهار بند شاخص و بر اساس میانگین تولید شیر، میانگین روزهای شیردهی و میانگین زایش انتخاب شد و از گاوهای بهار بند ۱۰ گاو با نمره بدنی 3.5 ± 0.25 ، روزهای شیردهی 8.0 ± 1.0 ، تولید شیر 4.7 ± 2.5 و تعداد شکم زایش 2.0 ± 0.5 انتخاب شد و برای سه روز متوالی از جیره کاملاً مخلوط، اقلام خوراکی و مدفوع گاوها نمونه گیری انجام گرفت. در این سه روز داده هایی چون ماده خشک مصرفی، مقدار مصرف کنسانتره، مقدار مصرف علوفه (یونجه و سیلاژ ذرت) اندازه گیری شد. در نهایت از داده های حاصل برای برآورد نشاسته دفعی از طریق مدفوع با استفاده از مدل رگرسیون خطی تک و چند متغیره استفاده شد. معیار اولویت بندی اثرات هر کدام از فراسنجه ها با استفاده از ضریب تبیین صورت گرفت.
واژه های کلیدی: گاو هلشتاین پرتولید متغیرهای خوراک نشاسته مصرفی روزانه نشاسته مدفوعی	یافته ها: نتایج مطالعه حاضر بر اساس اولویت بندی تک متغیره نشان داد که مقدار نشاسته مصرفی، بالاترین تأثیر را بر دفع نشاسته مدفوعی داشته است ($R^2 = 0.56$)، پس از آن، مقدار کنسانتره مصرفی ($R^2 = 0.50$)، درصد نشاسته خوراک ($R^2 = 0.43$) و نسبت علوفه یا کنسانتره ($R^2 = 0.38$) به ترتیب بیشترین تأثیر را بر دفع نشاسته مدفوعی داشتند. همچنین، بر اساس مدل چندمتغیره، مشخص شد که در صورت گنجانیدن مقدار کنسانتره مصرفی، درصد نشاسته خوراک و ماده

خشک مصرفی در معادله مدل، با ضریب تبیین $0/84$ ، بالاترین برآورد درصد نشاسته مدفوعی به دست می‌آید. لازم به ذکر است اولویت‌های بعدی طبق این معادله، به ترتیب شامل ماده خشک مصرفی به همراه مقدار نشاسته مصرفی و مقدار نشاسته سیلاژ ($R^2=0/67$) و همچنین برای ماده خشک مصرفی و کنسانتره مصرفی ($R^2=0/65$) بود.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان داد که غلظت نشاسته دفعی از طریق مدفوع در گاوهای پر تولید کشور به‌طور قابل‌توجهی بالا است (میانگین $11/6$ درصد بر اساس ماده خشک مدفوع). همچنین نتایج حاکی از آن است که پیش‌بینی مقدار نشاسته دفعی از طریق مدفوع با استفاده از متغیرهای جیره‌ای نظیر مقدار کنسانتره مصرفی، نسبت نشاسته در جیره و همچنین ماده خشک مصرفی با دقت و صحت بالا امکان‌پذیر است.

استناد: محمدی، ایوب؛ فاتحی، فرهنگ؛ رضایزدی، کامران؛ پرنیان خواجه دیزج، فرهاد؛ صادقی سفید مزگی، علی. (۱۴۰۴). برآورد نشاسته دفعی با استفاده از متغیرهای خوراک در گاوهای پرتولید هلشتاین. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۳(۳)، ۱۵۰-۱۳۵.



[10.22069/EJRR.2025.23003.1986](https://doi.org/10.22069/EJRR.2025.23003.1986)

© نویسندگان



ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

با نوسانات و افزایش روزافزون قیمت جهانی غلات و نیاز به مصرف این اقلام در گله‌های گاو شیری، علاقه به افزایش هضم غلات در دستگاه گوارش گاوهای شیری و کاهش مقدار غلات دفعی از طریق مدفوع به طور چشمگیری طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. مطالعات گذشته نشان داده است که افزایش گوارش پذیری نشاسته در کل دستگاه گوارش گاو شیرده منجر به افزایش تولید شیر، پروتئین شیر و به دنبال افزایش بازدهی خوراک می‌گردد (Firkins, 2010). بررسی‌ها نشان می‌دهد که گوارش پذیری نشاسته غلات در گاوهای شیری در دامنه 70 تا 100 درصد متغیر بوده (Firkins و همکاران، 2010؛ Ferraretto و همکاران، 2013) و مقدار آن، تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله اندازه ذرات علوفه، کیفیت علوفه مصرفی، اندازه ذرات غلات، عمل‌آوری غلات، بخش‌های پروتئین، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF¹)، سطح پروتئین محلول جیره و غیره قرار می‌گیرد (Franco و همکاران، 2021).

همچنین در مطالعات گذشته (Taniguchi و همکاران، 1995) عنوان شد که میزان جذب نشاسته در گاوهای شیرده با افزایش جریان نشاسته از شکمبه به روده کوچک چندان مشخص نیست، زیرا اطلاعات کمی در رابطه با ظرفیت روده کوچک در گاوهای شیرده برای هضم نشاسته وجود دارد. از جمله عوامل محدودکننده هضم روده‌ای نشاسته، شامل ساختار فیزیکی نشاسته، ظرفیت آنزیم، جذب گلوکز و غیره می‌باشد (Taniguchi و همکاران، 1995)، بدین ترتیب، با توجه به محدودیت گوارش‌پذیری روده‌ای نشاسته، ورود مقادیر بیشتر نشاسته از شکمبه به قسمت‌های پایین‌تر دستگاه گوارش ممکن است باعث شود بخشی از نشاسته‌ای که به روده کوچک می‌رسد،

از هضم در این ناحیه فرار کرده و به قسمت‌های انتهایی دستگاه گوارش منتقل شود. در نتیجه، میزان کربوهیدرات تخمیرشده در روده بزرگ و راست روده افزایش خواهد یافت (Elliot, 1976). در راستای این موضوع مطالعات مختلفی، گوارش‌پذیری نشاسته پس از شکمبه در گاوهای شیرده را مورد بررسی قرار دادند (Firkins, 2010)، محققان مشاهده کردند با افزایش جریان نشاسته از شکمبه به روده کوچک از یک طرف هضم نشاسته در روده کوچک کاهش و از طرف دیگر مقدار نشاسته دفعی از طریق مدفوع افزایش یافت (Firkins و همکاران، 2010؛ Nocek و Tamminga, 1991)، همچنین محققین گزارش کردند که حتی وجود درصد کمتر نشاسته در مدفوع می‌تواند ناشی از تخمیر بیش‌ازحد نشاسته در روده بزرگ باشد که در نتیجه «اسیدوز روده خلفی» را به وجود خواهد آورد که از پیامدهای آن می‌تواند اثرات منفی بر سلامت و تولید گاو و همچنین افزایش دفع پروتئین میکروبی و دفع نیتروژن از طریق مدفوع اعلام داشت (Firkins و همکاران، 2001؛ Nocek و Tamminga, 1991؛ Reynolds, 2006؛ Mills و همکاران، 2001).

طی مطالعه‌ای که توسط Fredin و همکاران (2014) انجام شد، گزارش گردید که علاوه بر غلظت نشاسته، عوامل دیگری نیز در قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش مؤثر هستند. از جمله این عوامل می‌توان به جریان بیشتر NDF به روده و قسمت‌های انتهایی دستگاه گوارش اشاره کرد؛ بنابراین، با ورود NDF به روده بزرگ و تخمیر نشاسته در انتهای دستگاه گوارش، قابلیت هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش بیشتر از حد برآورد می‌شود. نتایج این مطالعه این‌گونه تفسیر گردید که این اثرات ممکن است به دلیل رقیق شدن نشاسته مدفوع² (FS) به سبب محتوای بیشتر NDF در رژیم غذایی، قابلیت هضم کمتر NDF

² Fecal Starch (FS)

¹ Neutral Detergent Fiber (NDF)

و یا هر دوی این عوامل باشد. گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد زمانی که نشاسته بیشتری از شکمبه به قسمت‌های پس از شکمبه منتقل می‌شود، افزایش هضم نشاسته پس از شکمبه با افزایش تخمیر در انتهای دستگاه گوارش همراه است و این وضعیت با افزایش دفع پروتئین و NDF از طریق مدفوع نیز مرتبط است (Reynolds, ۲۰۰۶). به‌طور کلی نشان داده شده است که قابلیت هضم نشاسته در شکمبه تحت تأثیر منبع و مقدار نشاسته مصرفی است، درحالی‌که در روده کوچک عمدتاً تحت تأثیر منبع نشاسته و محدودیت‌های آن و در روده بزرگ تحت تأثیر مقدار نشاسته رسیده به روده بزرگ قرار دارد (Moharrery و همکاران ۲۰۱۴). با توجه به مطالعات مذکور، برای برآورد میزان نشاسته دفعی از طریق مدفوع، علاوه بر منبع غلات به‌عنوان منبع نشاسته، عواملی مانند ماده خشک مصرفی، کیلوگرم کنسانتره مصرفی، نوع علوفه مصرفی و کیلوگرم علوفه مصرفی (یونجه و سیلاژ ذرت) و به‌طور کلی نسبت علوفه به کنسانتره در خوراک کاملاً مخلوط، احتمالاً تأثیرگذار خواهند بود؛ بنابراین، بررسی عوامل مؤثر بر میزان دفع نشاسته از طریق مدفوع در گله‌های گاو شیری یکی از مسائل کلیدی در بازدهی خوراک در گله محسوب می‌باشد.

نکته قابل توجه دیگر این است که عمده غله ذرت مصرفی در کشور وارداتی بوده و بر اساس آمارنامه کشاورزی ۱۴۰۲، مقدار ۱۰ میلیون تن دانه ذرت به کشور وارد شده و برای واردات این مقدار، در حدود ۱/۵ میلیارد دلار ارز از کشور خارج شده است (آمارنامه کشاورزی ۱۴۰۲). بر اساس بررسی‌های انجام شده، عمده فرآوری انجام گرفته بر روی دانه ذرت مصرفی در گله‌های گاو شیری، آسیاب کردن می‌باشد. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که میزان تخمیرپذیری شکمبه‌ای دانه ذرت آسیاب شده در

مقایسه با سایر روش‌های فرآوری‌ها (غلطک خورده، پولکی شده با بخار و...) به‌طور معنی‌داری کمتر است و همین امر می‌تواند عبور نشاسته به بخش‌های پایین تر دستگاه گوارش (روده کوچک و روده بزرگ) را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (Owens و همکاران، ۲۰۱۶؛ Shipandeni و همکاران، ۲۰۲۳)؛ اما تاکنون مطالعه‌ای که به پیش‌بینی مقدار نشاسته دفع شده از طریق مدفوع با استفاده از متغیرهای جیره‌ای پرداخته باشد، انجام نگرفته است. از این‌رو هدف از مطالعه حاضر بررسی عوامل مؤثر بر دفع نشاسته از طریق مدفوع در گله‌های گاو شیری و اولویت‌بندی آن‌ها و در نهایت برآورد مقدار نشاسته دفعی با استفاده از مدل‌سازی رگرسیون تک و چند متغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از ۷۶ گله گاو شیری صنعتی کشور، طی سه مرحله انجام گرفت که مرحله اول مربوط به جمع‌آوری اطلاعات و نمونه‌های مورد نیاز در گله‌های گاو شیری سطح کشور بود و مرحله دوم آن شامل آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه و تهیه بانک اطلاعاتی مورد نیاز برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری بود. در مرحله بعد، داده‌های دسته‌بندی شده با استفاده از مدل‌های آماری باهدف پیش‌بینی غلظت نشاسته دفعی در مدفوع مورد بررسی قرار گرفتند.

الف) مرحله جمع‌آوری نمونه‌ها: در این مرحله ابتدا از هر گله گاو شیری یک بهار بند پرتولید به‌عنوان نماینده بهار بندهای پرتولید (بهار بند شاخص) بر اساس میزان تولید، اسکور بدنی و روزهای آبستنی انتخاب شد. سپس با مراجعه به گله مذکور اطلاعات و نمونه‌های مورد نیاز جمع‌آوری شد (جدول ۱):

اطلاعات انفرادی گاوهای مورد مطالعه در هر گله شامل روزهای شیردهی گاوها، تعداد زایش، روزهای آبستنی، اسکور بدنی و ۲ رکورد قبلی تولید شیر بهاربند، فرمول جیره مصرفی، میزان تولید شیر، نسبتی از خوراک که در هر وعده به گاوهای پرتولید عرضه می شود، مقدار خوراک مصرفی روزانه، نمونه گیری از علوفه مورد استفاده در جیره (ذرت سیلو شده و

یونجه)، نمونه گیری از غلات مورد استفاده در جیره (دانه جو و ذرت)، نمونه گیری از خوراک کاملاً مخلوط، نمونه گیری از خوراک باقی مانده، نمونه گیری از مدفوع گاوها و نمونه گیری از کنسانتره مصرفی بود. لازم به ذکر است که نمونه گیری در هر گله طی سه روز متوالی انجام گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- جدول زمانی مربوط به اجرای مزرعه ای طرح آزمایشی

Table 1- Timeline for the Implementation of the experimental farm project

توضیحات Description	روزها Days			زمان نمونه برداری Sampling time	فراسنجه ها Parameters
	۳	۲	۱		
از تمام وعده ها نمونه برداری انجام شد از ۱۰ گاو در هر بهاربند نمونه گیری شد	*	*	*	Three days	ثبت رکورد شیر Milk recording
	*	*	*	Three days	نمونه گیری از شیر برای تعیین ترکیبات Sampling of milk for composition analysis
	*	*	*	Three days	ثبت مقدار خوراک مصرفی روزانه Recording daily feed intake
			*	One day	نمونه گیری از علوفه ها Sampling of forages (corn silage and alfalfa)
	*	*	*	Three days	نمونه گیری از خوراک کاملاً مخلوط (TMR) Sampling of total mixed ration
	*	*	*	Three days	نمونه گیری از پسماندهای خوراک Sampling of ort
	*	*	*	سه روز متوالی هر روز دو وعده صبح و عصر Three days (two times per day)	نمونه گیری از مدفوع گاوها Sampling of cow feces
			*	One day	نمونه گیری از کنسانتره مصرفی Sampling of the used concentrate

استفاده از روش Wildman و همکاران (۱۹۸۲)، روزهای شیردهی 8.0 ± 1.0 ، تولید شیر 4.7 ± 2.5 و تعداد شکم زایش 2.5 ± 0.5 بدین ترتیب که طی سه روز متوالی و هر روز دو بار (صبح و عصر) از رکتوم این گاوها نمونه مدفوع جمع آوری گردید بدین صورت که نمونه صبح و عصر هر گاو در هر روز باهم مخلوط شد و در نهایت پس از سه روز، از ۶ نمونه مدفوع مربوط به هر گاو سه نمونه تهیه شده

از بین بهاربند گاوهای پرتولید یک بهاربند به عنوان بهاربند شاخص انتخاب شد. انتخاب بهاربند بر اساس وضعیت تولید، اسکور بدنی، روزهای آبستنی و ترکیبات شیر بود. در بهاربند شاخص، ۱۰ رأس گاو از کل گاوهای بهاربند به عنوان ماده آزمایشی لحاظ گردید (برای یکنواختی و مقایسه بهتر گاوها در گله های مختلف، معیار انتخاب ۱۰ گاو بر اساس وضعیت نمره بدنی 3.0 ± 0.25 (بر اساس نمره ۱ تا ۵ با

(یک نمونه در هر روز) و در ظرف جداگانه نگهداری شدند (با استفاده از روش Fredin و همکاران ۲۰۱۴). هم‌زمان در روز جمع‌آوری نمونه‌های مدفوعی از نمونه خوراک کاملاً مخلوط شده و همچنین اقلام خوراکی و علوفه‌های مورد استفاده در تهیه جیره‌ها نیز نمونه‌گیری انجام گرفت.

ب) مرحله آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده و تهیه بانک اطلاعاتی: تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده مدفوع، جیره کاملاً مخلوط و اقلام خوراکی با استفاده از فلاکس حاوی یخ خشک به آزمایشگاه گروه علوم دامی دانشگاه تهران منتقل و تا زمان انجام آنالیز در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از یخ‌گشایی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده مدفوع و جیره کاملاً مخلوط، فراسنجه نشاسته مدفوع و خوراک و سیلاژ ذرت با استفاده از روش Hall (۲۰۰۹) انجام گرفت. به‌طور خلاصه در ابتدا، قندهای محلول موجود در نمونه‌ها با استفاده از اتانول ۸۰ درصد حذف گردیده و در مرحله بعد نشاسته موجود در نمونه‌ها با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت به مالتودکسترین تبدیل می‌شود و سپس با استفاده از آنزیم آمیلوگلوکوزیداز، مالتودکسترین‌ها تبدیل به دی‌گلوکز می‌شوند. در مرحله بعدی دی‌گلوکز با استفاده از آنزیم گلوکز اکسیداز تبدیل به دی‌گلوکونات و یک مولکول پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌شوند که پارا هیدروکسی بنزوئیک اسید و آمینو آنتی پیرین تحت حضور آنزیم پراکسیداز با پراکسید هیدروژن واکنش داده و تولید ماده رنگی کوبونون ایمین می‌نمایند که در نهایت شدت رنگ ماده مذکور با استفاده از اسپکتوفتومتر که ارتباط مستقیمی با غلظت نشاسته در نمونه دارد اندازه‌گیری می‌شود. همچنین فراسنجه‌های ماده خشک (با استفاده از آون ۶۵ درجه برای نمونه‌های خوراک ۴۸ ساعت و برای نمونه‌های

مدفوع ۷۲ ساعت) (AOAC، ۲۰۱۲)، سپس نمونه‌های خشک‌شده با توری یک میلی‌متری آسیاب شده و برای اندازه‌گیری پروتئین خام (با استفاده از دستگاه کلدال) و خاکستر خوراک و مدفوع بر اساس روش AOAC (۲۰۱۲) و غلظت الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش van Soest (۱۹۹۱) با استفاده از دستگاه آنکوم اندازه‌گیری شد.

ج) مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی: با توجه به بانک اطلاعاتی حاصل، متغیرهای مستقل شامل ماده خشک مصرفی، کنسانتره مصرفی، سیلاژ ذرت مصرفی، یونجه مصرفی، نسبت علوفه در جیره، نسبت کنسانتره در جیره، نشاسته خوراک و نشاسته سیلاژ ذرت می‌باشد. این متغیرها در درجه اول بر اساس عوامل اولیه تغییردهنده صفات با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) تصحیح شدند (مدل ۱). عوامل اولیه تغییردهنده صفات شامل اثرات گله و سن (شکم دام) به‌عنوان عامل کواریت می‌باشند. سپس تمام متغیرها با استفاده از رویه Univariate نرمال‌سازی شدند. در نهایت داده‌های تصحیح‌شده با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری SAS (نسخه ۹/۴) و به کمک مدل رگرسیون خطی تک و چند متغیره، برازش مدل گردید (مدل ۲) و در نهایت، انتخاب بهترین مدل با استفاده از معیارهای ضریب تبیین، میانگین مربعات مانده‌ها و معیار اطلاع آکایک انجام گرفت.

مدل ۱: $Y_{ijk} = \mu + H_i + A_j + e_{ijk}$
که در مدل مذکور: Y_{ijk} : متغیر وابسته (غلظت نشاسته مدفوعی)؛ μ : میانگین کل؛ H_i : اثر i امین گله؛ A_j : اثر شکم زایش؛ e_{ijk} : اثر اشتباه آزمایشی می‌باشد.

مدل ۲: $Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e_{ijk}$
که در مدل مذکور: Y_{ijk} : متغیر وابسته (غلظت نشاسته مدفوعی)؛ β_0 : عرض از مبدأ؛ $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: پارامترهای رگرسیون i امین تا n امین متغیر مستقل؛ $X_1, X_2, \dots, X_n$

X_n : اثر i امین تا n امین متغیر مستقل؛ e_{ijk} : اثر اشتباه آزمایشی می باشد.

نتایج و بحث

نتایج مرتبط با آمار توصیفی متغیرهای مورد بررسی شامل حداقل، حداکثر و میانگین در جدول ۲ آورده شده است. میانگین دفع نشاسته از طریق مدفوع ۱۱/۵۳ درصد بود و فاصله زیادی با مقدار توصیه شده (۵ درصد بر اساس ماده خشک) دارد (Hutjens, ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر هر گاو به طور متوسط روزانه ۰/۹۸ کیلوگرم نشاسته از طریق مدفوع دفع می نماید که با عنایت به وارداتی بودن غله ذرت و خروج ارز از کشور می تواند به عنوان یک ضرر اقتصادی جدی مورد توجه قرار گیرد (جدول ۲). هاتجینز (۲۰۱۱) گزارش کردند که غلظت نشاسته در مدفوع گاوهای شیرده می تواند در دامنه ۲۲/۴-۲/۳ درصد (بر اساس ماده خشک) متغیر باشد. این محققان نشان دادند در صورتی که غلظت نشاسته مدفوع در حد ۵ درصد (بر اساس ماده خشک) باشد، این میزان معادل ۹۰ درصد گوارش پذیری نشاسته در دستگاه گوارش می باشد و بیان نمودند که غلظت نشاسته در مدفوع بیش از ۵ درصد به معنی زنگ خطری برای اتلاف مواد مغذی از طریق مدفوع خواهد بود. همچنین محققان مذکور گزارش کردند به ازای هر یک درصد کاهش در غلظت نشاسته مدفوعی مقدار شیر تولیدی، نیم لیتر افزایش می یابد (Hutjens, ۲۰۱۱). در مجموع میانگین درصد نشاسته دفعی در گله های مورد مطالعه بیانگر دفع نشاسته بیش از مقادیر توصیه شده می باشد.

نتایج نشان دادند که در گله های مورد مطالعه هر گاو پر تولید روزانه ۲۵/۸۹ کیلوگرم ماده خشک مصرف می نماید که از مقدار مذکور، ۱۶/۶۳ کیلوگرم آن را کنسانتره و ۹/۲۶ کیلوگرم آن را علوفه تشکیل

می دهد و نسبت کنسانتره در جیره های مصرفی به طور متوسط ۶۲/۵ درصد از ماده خشک مصرفی روزانه را تشکیل می دهد و بیانگر بالابودن سهم کنسانتره در جیره گاوهای پرتولید کشور می باشد. نتایج نشان داد که هر گاو پرتولید روزانه ۶/۷۸ کیلوگرم نشاسته مصرف می نماید و از این مقدار ۰/۶۳ کیلوگرم آن (معادل ۹/۲ درصد از کل نشاسته مصرفی روزانه) از منبع سیلاژ ذرت تأمین شده است که علت آن نیز پایین بودن غلظت نشاسته در سیلاژ ذرت مصرفی در کشور می باشد. به طوریکه در مطالعه حاضر نشان داده شده است که میانگین غلظت نشاسته در سیلاژ ذرت مصرفی در گله های گاو شیری کشور از ۱۰ درصد کمتر می باشد (۹/۶۹ درصد) و این در حالی است که غلظت نشاسته در سیلاژ ذرت نابالغ آمریکا، ۳۰/۲ و غلظت آن در سیلاژ ذرت بالغ ۳۵/۵ درصد می باشد (NASEM, ۲۰۲۱) و تمامی این واقعیت ها بیانگر این است که سیلاژ ذرت تولیدی در کشور از لحاظ نشاسته و به طبع آن، غلظت انرژی خالص شیردهی محدودیت داشته و یکی از دلایل استفاده از سطوح بالای کنسانتره (غله) برای تأمین انرژی مورد نیاز گاوهای پرتولید در کشور ناشی از همین ضعف سیلاژ ذرت تولید داخل کشور از لحاظ تأمین انرژی به دلیل محتوای پایین نشاسته آن می باشد که نیازمند بازنگری کلی در وارته های ذرت علوفه ای در حال کشت در کشور می باشد. با عنایت به میانگین تولید شیر در بهاربندهای مورد مطالعه (۴۵/۹ کیلوگرم در روز)، مقدار مصرف کنسانتره چه به لحاظ درصد در جیره (۶۲/۵ درصد) و چه به لحاظ کیلوگرم کنسانتره مصرفی (۱۶/۶۳ کیلوگرم) قابل توجه بوده است. از طرف دیگر مقادیر بیشتر کنسانتره با افزایش در مقدار نشاسته مصرفی (به ترتیب ۲۶/۵ درصد جیره و ۶/۷۸ کیلوگرم در روز) و دفع بیشتر نشاسته از طریق مدفوع همراه می باشد. نتایج آنالیز تابعیت یک متغیره بیانگر

این است که متغیرهای مقدار نشاسته مصرفی روزانه (برحسب کیلوگرم)، مقدار کنسانتره مصرفی، نسبت نشاسته جیره (برحسب درصد)، نسبت علوفه جیره (برحسب درصد) و مقدار ماده خشک مصرفی (برحسب کیلوگرم) به ترتیب با ضریب تبیین ۵۰، ۵۳، ۴۳ و ۳۸ درصد بیشترین تأثیر را روی غلظت نشاسته دفعی از طریق مدفوع (برحسب درصدی از ماده خشک مدفوع) دارند. مطالعات گذشته نیز بیانگر همین واقعیت می‌باشد که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر غلظت نشاسته دفعی از طریق مدفوع، سطح نشاسته جیره و به دنبال آن مقدار نشاسته مصرفی روزانه (برحسب کیلوگرم) می‌باشد. در مطالعه پاتون و همکاران (۲۰۱۲) نشان داده شد که برآورد گوارش‌پذیری نشاسته در کل دستگاه گوارش (برحسب کیلوگرم در روز) تنها با استفاده از متغیر مقدار نشاسته مصرفی (کیلوگرم در روز) با ضریب تبیین ۶۴ درصد قابل پیش‌بینی می‌باشد (Patton و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۲- آمار توصیفی وضعیت نشاسته دفعی و فراسنجه‌های مرتبط در مطالعه حاضر

Table 2- Descriptive statistics of fecal starch and feed parameters (TMR)

متغیرها Items	واحد Unit	تعداد Number	میانگین Mean	انحراف استاندارد SD	حداقل Min	حداکثر Max
درصد نشاسته مدفوعی	%	76	11.53	3.16	7.23	20.79
مقدار نشاسته دفعی از طریق مدفوعی	Kg	76	0.98	0.36	0.39	1.96
مقدار ماده خشک مصرفی	Kg	68	25.89	2.16	19.30	31.10
مقدار کنسانتره مصرفی	Kg	68	16.63	0.99	14.20	18.60
مقدار یونجه مصرفی	Kg	68	3.73	1.01	1.50	6.50
مقدار سیلاژ ذرت مصرفی	Kg	63	6.4	1.27	4.10	10.44
درصد نشاسته در سیلاژ ذرت	%	45	9.69	2.7	3.50	19.50
مصرف نشاسته سیلاژ ذرت	Kg	45	0.63	0.25	0.14	1.37
درصد نشاسته خوراک	%	68	26.55	3	21.68	35.7
مقدار نشاسته مصرفی	Kg	68	6.78	0.96	4.34	8.82
درصد علوفه جیره	%	76	37.5	3.85	28.50	48.00
درصد کنسانتره جیره	%	76	62.5	3.85	52.00	71.50
درصد علوفه به کنسانتره در جیره		76	0.61	0.10	0.40	0.92
Forage: concentrate percentage						
شیر خام تولیدی	kg	76	45.9	4.83	35.40	54.50
شیر تصحیح شده بر اساس چربی و پروتئین	kg	76	42.8	4.61	32.20	48.10
درصد چربی شیر تولیدی	%	76	2.86	0.62	1.81	3.72
درصد پروتئین شیر تولیدی	%	76	2.93	0.21	2.51	3.22
مقدار چربی شیر تولیدی	kg	76	1.36	0.33	0.89	1.79
مقدار پروتئین شیر تولیدی	kg	76	1.42	0.121	1.15	1.62
بازدهی خوراک بر اساس شیر خام تولیدی		76	1.75	0.141	1.39	2.22
بازدهی خوراک بر اساس شیر تصحیح شده با چربی و پروتئین		76	1.64	0.142	1.41	1.88

۱- شیر تصحیح شده بر اساس چربی و پروتئین (FPCM)، بازدهی خوراک بر اساس شیر خام تولیدی (Feed Efficiency_{RM})،

بازدهی خوراک بر اساس شیر تصحیح شده بر اساس چربی و پروتئین (Feed Efficiency_{FPCM})

1- Fat Protein Corrected Milk (FPCM), Feed Efficiency Raw Milk Yield (FE_{RM}), Feed Efficiency Fat Protein Corrected Milk (FE_{FPCM})

جدول ۳- مدل آماری پیشنهادی برای برآورد نشاسته مدفوعی با استفاده از فراسنجه‌های خوراک در گاوهای هلشتاین پرتولید بر اساس معادلات رگرسیون خطی تک متغیره^۱

Table 3- Proposed statistical model for estimating fecal starch using feed parameters in high-yielding Holstein cows based on simple linear regression¹

R ²	RMSE	p-value	مدل درصد نشاسته مدفوع = Fecal starch % =	تعداد Number	واحد unit	متغیرها ^۲ Items ²
0.56	1.49	0.001	-0.41 +1.71 StI	68	Kg	مقدار نشاسته مصرفی Starch intake (StI)
0.50	2.17	0.001	-24.71 +2.17 CONI	68	Kg	مقدار کنسانتره مصرفی Concentrate intake (CONI)
0.43	1.89	0.001	-2.98 +0.54 StP	68	%	درصد نشاسته جیره Diet Starch percentage (StP)
0.38	2.09	0.001	27.45 -0.42 ForP	76	%	درصد علوفه جیره Diet forage percentage (ForP)
0.38	2.09	0.001	-14.76 +0.42 CONP	76	%	درصد کنسانتره جیره Diet concentrate percentage (CONP)
0.35	2.14	0.001	20.93 -15.36 For/CONP	68	%	نسبت علوفه به کنسانتره Forage: concentrate ratio (For/CONP)
0.34	1.96	0.003	-5.43 +0.64 DMI	68	Kg	مقدار ماده خشک مصرفی Dry matter intake (DMI)
0.34	2.47	0.001	4.99 +0.65 CSSP	45	%	درصد نشاسته سیلاژ ذرت Corn silage starch percentage (CSSP)
0.32	2.53	0.001	6.97 +6.97 CSSI	45	Kg	مقدار نشاسته مصرفی از منبع سیلاژ ذرت Corn silage starch intake (CSSI)
0.17	1.99	0.001	13.86 -0.79ALFI	76	Kg	مقدار یونجه مصرفی Alfalfa intake (ALFI)
0.13	2.48	0.004	6.3 +0.74 CSI	63	Kg	مقدار سیلاژ ذرت مصرفی Corn silage intake (CSI)

^۱ معادلات رگرسیون خطی تک متغیره: معادله مدل برای درصد نشاسته مدفوعی براساس متغیر و خطای آزمایشی به صورت مستقل بود.

^۲ مقدار نشاسته مصرفی (StI)، مقدار کنسانتره مصرفی (CONI)، درصد نشاسته جیره (StP)، درصد علوفه جیره (ForP)، درصد کنسانتره جیره (CONP)، نسبت علوفه به کنسانتره (For/CONP)، ماده خشک مصرفی (DMI)، درصد نشاسته سیلو ذرت (CSSP)، مقدار نشاسته مصرفی از منبع سیلو ذرت (CSSI)، مقدار یونجه مصرفی (ALFI)، مقدار سیلو ذرت مصرفی (CSI)

¹ Univariate linear regression equations: The model equation for fecal starch percentage was based on the independent variable and experimental error.

² Starch Intake (StI), Concentrate Intake (CONI), Diet Starch Percentage (StP), Diet Forage Percentage (ForP), Diet Concentrate Percentage (CONP), Forage: Concentrate ratio (For/CONP), Dry matter intake (DMI), Corn silage Starch Percentage (CSSP), Corn silage Starch Intake (CSSI), Alfalfa Intake (ALFI), Corn silage Intake (CSI)

گوارش پذیری نشاسته می‌باشد. از بین متغیرهای مؤثر مذکور روی درصد نشاسته مدفوعی همگی دارای ارتباط مثبت بودند به غیر از نسبت علوفه جیره که شیب خط آن منفی بوده است و بیانگر ارتباط عکس بین نشاسته مدفوعی و نسبت علوفه در جیره می‌باشد

همچنین Zinn و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای به برآورد گوارش‌پذیری نشاسته با استفاده از فراسنجه‌های تغذیه‌ای پرداختند و گزارش کردند که غلظت نشاسته جیره‌ای یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر سطح نشاسته مدفوعی و به دنبال آن

همچنین مطالعات گذشته نیز نشان داده‌اند که افزایش سطح علوفه جیره باعث کاهش دفع نشاسته مدفوعی به واسطه اثرات مثبت الیاف مؤثر فیزیکی و تشکیل توده الیافی شکمبه‌ای می‌باشد (NRC, 2001).

در نهایت به منظور اولویت‌بندی متغیرهایی که بیشترین تأثیر را بر دفع نشاسته مدفوعی دارند، آنالیز تابعیت چندگانه انجام گرفت و بهترین مدل‌ها در جدول ۴ آورده شده است. نتایج حاصله نشان دادند که

مدل پیشنهادی حاوی سه متغیر مقدار کنسانتره مصرفی، درصد نشاسته خوراک و ماده خشک مصرفی با ضریب تبیین ۰/۸۴ به عنوان بهترین مدل ارائه گردیده است و نتایج مذکور بیانگر این است که غلظت نشاسته دفعی از طریق مدفوع تنها با استفاده از سه متغیر مقدار کنسانتره مصرفی، درصد نشاسته خوراک و ماده خشک مصرفی به خوبی قابل پیش‌بینی می‌باشد.

جدول ۴- مدل آماری پیشنهادی برای برآورد نشاسته مدفوعی با استفاده از فراسنجه‌های خوراک در گاوهای هلشتاین پرتولید بر اساس معادلات رگرسیون خطی چند متغیره^۱

Table 4- Proposed statistical model for estimating fecal starch using feed parameters in high-yielding Holstein cows based on multiple linear regression¹

متغیرها ^۲	واحد	تعداد	مدل درصد نشاسته مدفوع =	p-value	RMSE	R ²
Items ^۳	Unit	Number	Fecal starch % =			
مقدار کنسانتره مصرفی، درصد نشاسته جیره و مقدار ماده خشک مصرفی	چند متغیره	68	-36.93 +2.47CONI +0.12StP +0.15DMI	0.001	0.69	0.84
ماده خشک مصرفی، مقدار نشاسته مصرفی از منبع سیلاژ ذرت و مقدار نشاسته مصرفی	چند متغیره	45	-4.12 +0.46DMI +2.89 CSSI +0.34 StI	0.001	1.05	0.67
مقدار کنسانتره مصرفی و ماده خشک مصرفی	چند متغیره	68	-18.02 +1.36CONI +0.25DMI	0.001	1.29	0.65
مقدار کنسانتره مصرفی، مقدار نشاسته مصرفی و مقدار نشاسته مصرفی از منبع سیلاژ ذرت	چند متغیره	45	-13.76 +1.59CONI +0.93 StI +8.91 CSSI	0.002	1.84	0.61
ماده خشک مصرفی و درصد علوفه جیره	چند متغیره	68	8.64 +.36 DMI -0.18 ForP	0.001	1.43	0.44
CONI, StP, DMI						
DMI, CSSI, StI						
CONI, DMI						
CONI, StI, CSSI						
DMI, ForP						

^۱ معادلات رگرسیون خطی چند متغیره: متغیرهای مستقل به صورت عامل پیش رونده در معادله مدل برای درصد نشاسته مدفوعی قرار داده شد.

^۲ معیار انتخاب بهترین مدل ضریب تبیین بود.

^۳ مقدار نشاسته مصرفی (StI)، مقدار کنسانتره مصرفی (CONI)، درصد نشاسته جیره (StP)، درصد علوفه جیره (ForP)، ماده خشک مصرفی (DMI)، مقدار نشاسته مصرفی از منبع سیلو ذرت (CSSI)

¹ Multivariate linear regression equations: Independent variables were entered forward factors into the model equation to estimate the percentage of fecal starch.

² The criterion for selecting the best model was the coefficient of explanation (R²).

³ Starch Intake (StI), Concentrate Intake (CONI), Diet Starch Percentage (StP), Diet Forage Percentage (ForP), Dry matter intake (DMI), Corn silage Starch Intake (CSSI)

شاید یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در همبستگی بالای سطح نشاسته جیره و غلظت نشاسته مدفوعی را بتوان در نوع فرآوری غلات (دانه جو و ذرت) مصرفی در گاوداری‌های کشور جستجو نمود.

همان‌طور که در قسمت قبل اشاره گردید، به دلیل ضعیف بودن سیلاژ ذرت مصرفی در گاوداری‌های کشور از لحاظ سطح نشاسته بنابراین منابع عمده تأمین‌کننده نشاسته (و به طبع انرژی) در جیره گاوهای

پرتولید، غلات جو و ذرت می‌باشند و عمده‌ترین فرآوری که در مورد غلات مذکور صورت می‌گیرد آسیاب کردن می‌باشد. مطالعات گذشته به‌وضوح نشان داده‌اند که میزان گوارش‌پذیری شکمبه‌ای ذرت آسیاب شده در مقایسه با سایر فرآوری‌ها (غلtek خشک، پرک شده با بخار و پرک شده خشک) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر می‌باشد و همین امر باعث عبور مقدار قابل‌توجهی نشاسته از شکمبه به بخش‌های پایین‌تر دستگاه گوارش گاو شیرده و متعاقباً ورود آن به روده بزرگ و مدفوع می‌گردد. Huntington (۱۹۹۷) در یک مطالعه مروری، درصد تخمیر شکمبه‌ای نشاسته از منابع ذرت آسیاب شده، غلtek خشک، پرک شده با بخار، پرک شده خشک و دانه ذرت حاوی رطوبت بالا را به ترتیب ۴۹/۵، ۷۶/۲، ۴۸/۸، ۷۲/۱ و ۸۹/۹ درصد گزارش کردند. همچنین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش مقدار کنسانتره در جیره و کاهش مقدار علوفه، مقدار نشاسته مصرفی نیز افزایش پیدا می‌کند، کاهش در مقدار علوفه مصرفی با تشکیل توده الیافی شکمبه‌ای ضعیف و کاهش میزان به تله افتادن ذرات غلات و کنسانتره و به دنبال آن عبور مقادیر بیشتری از نشاسته مصرفی به روده می‌گردد که با توجه به محدودیت هضم نشاسته در روده کوچک نشخوارکنندگان (Harmon و همکاران، ۲۰۰۴؛ Huhtanen و همکاران، ۲۰۱۶)، درصد بیشتری از نشاسته در مدفوع ظاهر می‌گردد. در جدول ۳ نیز نشان داده شده است که مدل مربوط به نسبت علوفه و همچنین مقدار یونجه مصرفی به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۳۸ و ۰/۱۷ از متغیرهای تأثیرگذار در پیش‌بینی دفع نشاسته از طریق مدفوع می‌باشند.

همچنین طی مطالعه‌ای اثر نوع عمل‌آوری نشاسته (آسیاب شده، غلطک خورده، پرک شده و غلات با رطوبت بالا) روی گوارش‌پذیری نشاسته در دستگاه

گوارش موردبررسی قرار گرفت و گزارش گردید که کاهش گوارش‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته، هضم نشاسته در کل دستگاه گوارش را نیز کاهش می‌دهد (Owens و همکاران، ۲۰۱۶) و علت کاهش گوارش‌پذیری نشاسته در کل دستگاه گوارش را به محدود بودن ظرفیت هضم نشاسته در روده کوچک مرتبط دانستند و همچنین گزارش کردند که افزایش مقدار ورودی نشاسته از شکمبه به روده (جریان بیشتر نشاسته از شکمبه به قسمت‌های بعدی دستگاه گوارش) باعث افزایش دفع نشاسته بیشتر از طریق مدفوع می‌گردد. همچنین در خلاصه‌ای از داده‌های منتشرشده از گاوهای غیرشیرده نیز گزارش گردید که با افزایش جریان نشاسته به روده کوچک (از ۲۵۰ تا ۱۸۰۰ گرم در روز)، گوارش‌پذیری نشاسته در روده کوچک از ۸۰۰ به ۵۰۰ گرم در کیلوگرم کاهش یافت (Matth'e و همکاران، ۲۰۰۴).

طی مطالعه‌ای که روی مقدار مصرف نشاسته و گوارش‌پذیری آن و سایر مواد مغذی صورت گرفت گزارش کردند که همبستگی مثبتی بین مقدار مصرف نشاسته با ماده خشک مصرفی وجود دارد هرچند که باعث کاهش گوارش‌پذیری مواد مغذی شد (Larsen و همکاران، ۲۰۰۹) به‌طوری‌که در توافق با این موضوع Firkins و همکاران (۲۰۰۱) کاهش ۱۲ گرم بر کیلوگرم را در گوارش‌پذیری کربوهیدرات‌های غیرالیافی به ازای هر کیلوگرم در افزایش ماده خشک مصرفی را گزارش کردند که علت این موضوع را افزایش نرخ عبور از شکمبه با افزایش ماده خشک مصرفی بیان کردند. همچنین محققان گزارش کردند که با افزایش سرعت عبور انتظار می‌رود که گوارش‌پذیری نشاسته در شکمبه کاهش یابد (Chen و همکاران، ۲۰۲۴). با این وجود محققان دریافتند که محاسبه دقیق ماده خشک مصرفی صحت پیش‌بینی گوارش‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته را بسیار افزایش

می‌دهد (Offner و Sauvante، ۲۰۰۴)؛ اما در مقابل patton و همکاران (۲۰۱۲) نشانه‌ای از تأثیر ماده خشک مصرفی بر قابلیت هضم شکمبه‌ای نشاسته را گزارش نکردند اما باین حال افزایش مصرف نشاسته باعث کاهش گوارش‌پذیری شکمبه‌ای نشاسته از ۷۵۰ به ۶۰۰ گرم در کیلوگرم به ازای مصرف نشاسته بالاتر از ۴ کیلوگرم در روز شد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت نشاسته دفعی از طریق مدفوع در گاوهای پرتولید کشور

به‌طور قابل‌توجهی بالا می‌باشد (میانگین ۱۱/۶ درصد بر اساس ماده خشک مدفوع). همچنین نتایج نشان داد که پیش‌بینی مقدار نشاسته دفعی از طریق مدفوع به‌وسیله متغیرهای جیره‌ای، از جمله مقدار کنسانتره مصرفی (کیلوگرم در روز)، نسبت نشاسته در جیره (برحسب درصدی از ماده خشک جیره) و همچنین ماده خشک مصرفی (برحسب کیلوگرم در روز) با دقت و صحت بالا امکان‌پذیر است.

References

- AOAC. (2012). Official methods of analysis. *Association of Official Analytical Chemists*, 881-82.
- Chen, P., Li, Y., Wang, M., Shen, Y., Liu, M., Xu, H., & Li, J. (2024). Optimizing dietary rumen-degradable starch to rumen-degradable protein ratio improves lactation performance and nitrogen utilization efficiency in mid-lactating Holstein dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 11: 1330876. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1330876>.
- Elliot, J. M. (1976). The glucose economy of the lactating dairy cow. In *Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, 59-66.
- Ferraretto, L. F., Crump, P. M., & Shaver, R. D. (2013). Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(1): 533-550. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5932>.
- Firkins, J. L. (2010). Addition of sugars to dairy rations. In *Proceedings of the 19th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, Fort Wayne, USA*, 96(2): 91-105.
- Firkins, J. L., Eastridge, M. L., St-Pierre, N. R., & Noftsger, S. M. (2001). Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 79(suppl_E), E218-E238. <https://doi.org/10.2527/jas2001.79E-SupplE218x>.
- Fredin, S. M., Ferraretto, L. F., Akins, M. S., Hoffman, P. C., & Shaver, R. D. (2014). Fecal starch as an indicator of total-tract starch digestibility by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(3): 1862-1871. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7395>.
- Franco, M. O., Detmann, E., Batista, E. D., Rufino, L. M., Paulino, M. F., & Valadares Filho, S. C. (2021). Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed tropical forages with protein and starch supplementation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(3): e20190487.
- Hall, M. B. (2009). Determination of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: Comparison of methods and a method recommended for AOAC collaborative study. *Journal of AOAC International*, 92(1): 42-49. <https://doi.org/10.1093/jaoac/92.1.42>.
- Harmon, D. L., Yamka, R. M., & Elam, N. A. (2004). Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(3): 309-318. <https://doi.org/10.4141/A03-077>.
- Huhtanen, P., Detmann, E., & Krizsan, S. J. (2016). Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary, fecal, and animal variables. *Journal of Dairy Science*, 99(7): 5345-5357. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10842>.
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75(3): 852-867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>.

- Hutjens, M. F. (2011). More efficient rations are headed our way-Researchers focused on more effectively feeding starch, minerals, protein, and forages to improve efficiency and health without compromising production. *Hoard's Dairyman*, 156(16): 593.
- Larsen, M., Lund, P., Weisbjerg, M. R., & Hvelplund, T. (2009). Digestion site of starch from cereals and legumes in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 153(3-4): 236-248. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.017>.
- Matthé, A., Lebzien, P., Hric, I., Flachowsky, G., & Sommer, A. (2001). Effect of starch application into the proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. *Archives of Animal Nutrition*, 55(4): 351-369. <https://doi.org/10.1080/17450390109386202>.
- Mills, J. A. N., France, J., & Dijkstra, J. (1999). A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for a mechanistic model: 1. Dietary starch characterisation and ruminal starch digestion. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 8(3): 219-340.
- Moharrery, A., Larsen, M. O. G. E. N. S., & Weisbjerg, M. R. (2014). Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows-A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 192: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.001>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (NASEM) (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. cd. *National Academy of Sciences.*, Washington, DC.
- National Research Council, Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: 2001*. National Academies Press.
- Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3598-3629. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78552-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4).
- Offner, A., & Sauvant, D. (2004). Prediction of *in vivo* starch digestion in cattle from *in situ* data. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4): 41-56. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00216-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00216-5).
- Owens, C. E., Zinn, R. A., Hassen, A., & Owens, F. N. (2016). Mathematical linkage of total-tract digestion of starch and neutral detergent fiber to their fecal concentrations and the effect of site of starch digestion on extent of digestion and energetic efficiency of cattle. *The Professional Animal Scientist*, 32(5), 531-549. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01510>.
- Patton, R. A., Patton, J. R., & Boucher, S. E. (2012). Defining ruminal and total-tract starch degradation for adult dairy cattle using *in vivo* data. *Journal of Dairy Science*, 95(2): 765-782. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4183>.
- Reynolds, C. K. (2006). Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 130(1-2): 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.019>.
- SAS Institute. (2019). *SAS Certified Professional Prep Guide: Advanced Programming Using SAS 9.4*. SAS institute.
- Shipandeni, M. N., Paula, E. M., Esposito, G., Faciola, A. P., & Raffrenato, E. (2023). Effects of starch sources varying in particle sizes on ruminal fermentation, nutrient flow, starch digestibility, and lactation performance of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 101: skad147. <https://doi.org/10.1093/jas/skad147>.
- Taniguchi, K., Huntington, G. B., & Glenn, B. P. (1995). Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusions of casein and starch. *Journal of Animal Science*, 73(1): 236-249. <https://doi.org/10.2527/1995.731236x>.
- Van Soest, P. V., 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(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. E., Boman, R. L., Troutt Jr, H. F., & Lesch, T. N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65(3): 495-501. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6).

Zinn, R. A., Barreras, A., Corona, L., Owens, F. N., & Ware, R. A. (2007). Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. *Journal of Animal Science*, 85(7), 1727-1730. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-556>.