

Encapsulation of glucose and evaluation of its effects on dry matter intake and milk yield of fresh Holstein cows

Reza Karimi¹, Armin towhidi^{2*}, Mahdi Ganjkanlou³, Sepide Khoei⁴,
Hamid Gasemzade Nava⁵

¹Ph.D.Student, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

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

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

⁴Professor, Department of Polymer Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Tehran, Tehran

⁵Associate Professor, Department Theriogenology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 01/02/2022
Revised: 03/12/2022
Accepted: 03/13/2022

Keywords:
Encapsulation
Fresh cow
Glucose

ABSTRACT

Background and objectives :Increasing glucose supply in the small intestine may be effective in improving the physiological status of dairy cows, and it is hypothesized that glucose supply in the small intestine increases whole body glucose supply and then improves the liver function of dairy cows during the early lactation. The aim of the present experiment is to produce a Rumen-Protected Glucose product and evaluation its effects on milk production and dry matter intake of fresh Holstein dairy cows.

Materials and methods: In this study, the matrix and true encapsulation method was used to produce Rumen-Protected Glucose. Hydrogenated fat was used as the matrix for matrix encapsulation. For the true encapsulation coating method, the dextrose powder was first converted into 1-3 mm granules and then completely coated. In order to evaluate the rumen degradability of encapsulated glucose, three cows with ruminal cannula were used. In order to investigate the effects of produced Rumen-Protected Glucose, 16 fresh cows were used in a completely randomized design with two treatments and 8 cows in each treatment. The diets of both treatments were exactly the same, except that the cows in the Rumen-Protected Glucose treatment received 600 g of Rumen-Protected Glucose daily as top dressed, and the cows in the control treatment received the same amount of coating material and dextrose. Rumen-Protected Glucose was fed from day 4 to 30 after calving. The cows were kept in individual boxes and milk production and dry matter intake were recorded daily.

Results: Matrix encapsulation failed to adequately protect glucose from rumen degradation. Using the true encapsulation method, a Rumen-Protected Glucose source with suitable degradation resistance (approximately 50% passing) and high intestinal digestibility (95% intestinal digestion) with a ratio of 70% active ingredient and 30% coating material was produced. Feeding 600 g of Rumen-Protected Glucose had no significant effect on dry matter intake (17.76 kg/day in Rumen-Protected Glucose treatment and 17.43 kg/day in control treatment; $P>0.48$) and milk production (33.58 kg/day in Rumen-Protected Glucose treatment and 33.95 kg/day in control treatment; $P>0.78$). The effect of time on milk production was significant in both treatments ($P< 0.005$). However, the effect of time

on dry matter consumption was not significant ($P>0.31$). Milk fat was increased in cows that received Rumen-Protected Glucose (4.94% in Rumen-Protected Glucose treatment and 4.29% in the control treatment, $P<0.033$).

Conclusion: A source of Rumen-Protected Glucose with suitable degradation resistance (about 50% passing) and high intestinal digestibility (95% intestinal digestion) was produced. Feeding of Rumen-Protected Glucose to fresh dairy cows improved their glycogenic status and reduced nutrient transfer for milk production.

Cite this article: Karimi R., Towhidi, A., Ganjkhanlou, M., Khoe, S., Gasemzade Nava, H. (2022). Encapsulation of Glucose and evaluation of its effects on dry matter intake and milk yield of fresh Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 10 (2), 31-46.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2022.19801.1827

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پوشینه‌دارسازی گلوکز و ارزیابی اثر آن بر مصرف ماده خشک و تولید شیر گاوهای تازه‌زای هلستاین

رضا کریمی^۱، آرمن توحیدی*^۲، مهدی گنج‌خانلو^۳، سپیده خویی^۴، حمید قاسم زاده نوا^۵

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۲. استاد گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، رایانامه: atowhidi@ut.ac.ir

۳. دانشیار گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

۴. استاد، بخش شیمی پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه تهران، تهران

۵. دانشیار، گروه مامایی و بیماری‌های تولیدمثل دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: افزایش گلوکز در روده کوچک ممکن است برای بهبود وضعیت فیزیولوژیکی گاوهای شیری مؤثر باشد و چنین فرض می‌شود که تأمین گلوکز در پسااشکمه سبب افزایش تأمین گلوکز کل بدن می‌شود و سپس عملکرد کبد گاوهای شیری را در طی دوره‌ی انتقال بهبود می‌دهد. هدف آزمایش حاضر ساخت یک منبع گلوکز عبوری و ارزیابی اثر آن بر تولید شیر، ترکیب شیر و مصرف ماده خشک گاو شیری تازه‌زا است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲	مواد و روش‌ها: در این پژوهش از روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی و حقیقی برای تولید گلوکز عبوری استفاده گردید. برای پوشینه‌دارسازی ماتریکسی، چربی هیدروژنه شده به‌عنوان ماتریکس مورد استفاده قرار گرفت. برای روش پوشینه‌دارسازی حقیقی ابتدا پودر دکستروز به گرانول‌های ۱-۳ میلی‌متری تبدیل گردید و سپس به‌طور کامل پوشش‌دار شد. به‌منظور بررسی میزان مقاومت گلوکز پوشش‌دار شده، از سه رأس گاو دارای کانولای شکمبه‌ای استفاده شد. به‌منظور بررسی اثر گلوکز عبوری تولیدشده از ۱۶ رأس گاو تازه‌زایمان کرده در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار ۸ رأسی استفاده شد. جیره هر دو تیمار کاملاً یکسان بود با این تفاوت که گاوهای تیمار گلوکز عبوری، به‌صورت سرک روزانه ۶۰۰ گرم گلوکز عبوری دریافت می‌کردند و گاوهای تیمار شاهد به مقدار مشابه مواد پوشش و دکستروز دریافت می‌نمودند. گلوکز عبوری از روز ۴ تا ۳۰ بعد از زایش تغذیه شد. گاوها در جایگاه انفرادی نگهداری می‌شدند و رکورد تولید شیر و مصرف ماده خشک به‌طور روزانه ثبت شد.
واژه‌های کلیدی: پوشینه‌دارسازی گاو تازه‌زا گلوکز	یافته‌ها: پوشینه‌دارسازی ماتریکسی نتوانست به‌صورت قابل قبولی از گلوکز در برابر تجزیه شکمبه‌ای محافظت کند. اما با استفاده از روش پوشینه‌دارسازی حقیقی یک منبع گلوکز عبوری با مقاومت به تجزیه مناسب (حدود ۵۰ درصد عبوری) و قابلیت هضم روده‌ای بالا (۹۵ درصد هضم روده‌ای) با نسبت ۷۰ درصد ماده موثره و ۳۰ درصد پوشش تولید شد. تغذیه مقدار ۶۰۰ گرم گلوکز عبوری تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک (۱۷/۷۶ کیلوگرم در روز در تیمار گلوکز عبوری و ۱۷/۴۳ کیلوگرم در روز در تیمار کنترل؛ $P < 0/48$) و مقدار تولید شیر (۳۱/۶۴ کیلوگرم در روز در تیمار گلوکز عبوری و ۳۲/۸۷ کیلوگرم در روز در تیمار کنترل؛ $P < 0/78$) نداشت. اثر زمان بر تولید شیر در هر دو تیمار معنی‌دار بود.

($P < 0.005$)، اما، تأثیر زمان بر مصرف ماده خشک معنی دار نبود ($P < 0.31$)، چربی شیر در گاوهای که گلوکز عبوری دریافت کرده بودند افزایش معنی دار نشان داد (۴/۹۴ درصد در تیمار گلوکز عبوری و ۴/۲۹ درصد در تیمار کنترل، $P < 0.033$).

نتیجه گیری: یک منبع گلوکز عبوری با مقاومت به تجزیه مناسب (حدود ۵۰ درصد عبوری) و قابلیت هضم روده‌ای بالا (۹۵ درصد هضم روده‌ای) تولید شد. تغذیه این محصول سبب بهبود وضعیت گلوکز نیک گاو و کاهش انتقال مواد مغذی برای تولید شیر شد.

استناد: کریمی، ر.، توحیدی، آ.، گنج خانلو، م.، خوبی، س.، قاسم‌زاده نوا، ح. (۱۴۰۱). پوشینه‌داری گلوکز و ارزیابی اثر آن بر مصرف ماده خشک و تولید شیر گاوهای تازه‌زای هلستاین. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۰ (۲)، ۳۱-۴۶.

DOI: 10.22069/ejrr.2022.19801.1827

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



© نویسنده‌گان

مقدمه

گلوکز یک مولکول حیات برای همه‌ی گونه‌ها می‌باشد، اما با گاوهای شیری شیرده ارتباط ویژه‌ای دارد، چراکه نشخوارکنندگان تقریباً فقط به گلوکوئوزنز کبدی، به جای هضم کربوهیدرات‌ها و جذب مستقیم گلوکز از روده‌ها، برای تأمین احتیاجات گلوکزی خود متکی هستند (۳). افزون بر این، گلوکز یک پیش‌ساز ضروری برای ساخت لاکتوز شیر می‌باشد. اگر محدودیت گلوکز وجود داشته باشد، انتظار می‌رود افزایش نرخ تولید گلوکز منجر به افزایش تولید شیر شود (۱۲). برای هر کیلوگرم تولید شیر، ۷۲ گرم گلوکز مورد نیاز است (۴) و اکثر این گلوکز مستقیماً برای تولید قند لاکتوز شیر مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱۸). گاو شیری اوایل زایمان روزانه ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم شیر تولید می‌کند؛ بنابراین گاو به ۳/۶ تا ۷/۲ کیلوگرم گلوکز برای این مقدار تولید شیر نیاز دارد (۱۸). حدود ۸۵ درصد از احتیاجات گلوکز گاو در اوایل شیردهی می‌تواند از خوراک تأمین شود و گاو روزانه حداقل ۵۰۰ گرم گلوکز کمبود دارد (۱۷،۴). نرخ تولید گلوکز می‌تواند یا از طریق افزایش گلوکوئوزنز کبدی (با افزایش تولید پروپونات شکمبه‌ای که مهم‌ترین پیش‌ساز گلوکز هست) یا از طریق افزایش فراهمی پسا‌شکمبه‌ای گلوکز (که

افزایش جذب مستقیم گلوکز از روده‌ها را در پی خواهد داشت) افزایش یابد (۱۴). به دلیل تخمیر شکمبه‌ای اکثر قندهای محلول و نشاسته‌ها در جیره‌های کم نشاسته در شکمبه به اسیدهای چرب فرار تبدیل می‌شوند. بنابراین، تقریباً هیچ گلوکزی برای جذب به روده نمی‌رسد. لارسن و کریستنسن (۲۰۰۹) گزارش نمودند که جذب گلوکز از روده کوچک منبع کارآمدی از گلوکز برای بافت‌های محیطی^۱ گاو شیری در اوایل شیردهی، زمانی که گلوکز در ۲۹ روز نخست بعد زایش به شیردان تزریق شد، فراهم می‌کند (۱۵). افزون بر این ریگوت و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که تأمین گلوکز دئودنومی نرخ تظاهر گلوکز کل بدن^۲، استفاده پستان از گلوکز و تولید شیر را افزایش می‌دهد (۲۳). بر اساس پژوهش‌های پیشین افزایش گلوکز در روده کوچک ممکن است برای بهبود وضعیت فیزیولوژیکی گاوهای شیری مؤثر باشد و چنین فرض می‌شود که تأمین گلوکز در پسا‌شکمبه سبب افزایش تأمین گلوکز کل بدن می‌شود و سپس عملکرد کبد گاوهای شیری را در طی دوره‌ی انتقال بهبود می‌دهد. در آزمایش‌های مختلفی که ارتباط بین

۱. Peripheral tissues

۲. Whole-body rate of GLC appearance

صنعت خوراک دام^۴ استفاده از پوشینه‌داری سازی نزدیک به دو دهه است که وارد شده است (۷).

بنابراین هدف از انجام این مطالعه ساخت یک منبع گلوکز عبوری به منظور تأمین گلوکز در دسترس در روده و ارزیابی اثر آن بر تولید شیر و تولیدمثل گاو شیری تازه‌زا است. هدف دیگر این پژوهش دستیابی به دانش فنی پوشینه‌داری سازی مواد مغذی و ابداع یک روش جدید است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو مرحله جداگانه و مرتبط با هم انجام گرفت. در مرحله نخست، نمونه گلوکز عبوری مورد تأیید ساخته شد و در مرحله بعد این گلوکز عبوری در آزمایش مزرعه‌ای به گاوها تغذیه گردید و آثار آن مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمون در اردیبهشت ۱۴۰۰ در مزرعه آموزشی و پژوهشی گروه علوم دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در محمدشهر کرج آغاز شد و شد و در شهریور ۱۴۰۰ به پایان رسید. در این پژوهش دکستروز پودری (تولید شده توسط شرکت دکستروز ایران) به عنوان یک ترکیب خالص گلوکز انتخاب گردید و برای تولید گلوکز عبوری دو روش پوشینه‌داری سازی ماتریکسی و پوشینه‌داری سازی حقیقی جهت پوشینه‌داری سازی دکستروز مورد آزمون قرار گرفت.

در ابتدا تا گلوکز عبوری با استفاده از روش پوشینه‌داری سازی ماتریکسی^۵ تولید گردید (۲۴). ماتریکس مورد استفاده در این پژوهش برای تولید گلوکز عبوری چربی هیدروژنه شده است. پوشینه‌داری سازی ماتریکسی به این صورت انجام گرفت که ابتدا ۵۰ گرم از روغن هیدروژنه در دمای

احتمال آبستنی گاوها با غلظت گلوکز خون را بررسی کرده‌اند، عمدتاً نشان داده‌اند که سطح گلوکز خون در ۳۰ روز نخست پس از زایمان با احتمال آبستنی آن‌ها در زمان تلقیح ارتباط مثبت دارد، و از روز ۳۰ تا ۶۰ بعد از زایمان و در روزهای قبل از زایمان ارتباطی بین گلوکز خون و آبستنی وجود ندارد (۲۱، ۹، ۱۰، ۱۸).

پوشینه‌داری^۱ به معنای پوشاندن اجزای غذایی، مواد مغذی باکتری‌ها، آنزیم‌ها یا داروها با پوشینه‌های (کپسول‌های) کوچک است (۷). ذرات جامد، مایعات یا گازها را می‌توان پوشینه‌دار (کپسوله) نمود. این فرایند شامل کاربرد پوشش روی مواد مغذی یا ترکیبات دیگر برای کنترل برهمکنش آن‌ها با یک محیط خاص است. در پوشینه‌داری سازی سدی میان جزء فعال^۲ و محیط ایجاد می‌شود. این پوشش یا سد برای نگهداری نامحدود جزء فعال نمی‌باشد؛ بلکه به گونه‌ای طراحی می‌شود که جزء فعال را در محیطی محافظت و در محیط دیگر از پیش تعیین شده، رها شود. سرعت و زمان رهایش از طریق ضخامت و ترکیب پوشش قابل کنترل است. از این طریق می‌توان رهایش یک ماده را کنترل نمود و بنابراین می‌توان آن را به ناحیه خاصی از دستگاه گوارش رساند. صنعت غذایی^۳ از پوشینه‌داری برای پنهان کردن بوها و مزه‌ها، جلوگیری از اکسیداسیون و جلوگیری از تجزیه میکروبی مواد مغذی استفاده می‌کند. صنعت داروسازی از پوشینه‌داری برای رساندن داروها به نواحی خاصی از دستگاه گوارش استفاده می‌کنند. در

۱. Encapsulation

[واژه‌های مصوب فرهنگستان، علوم و فناوری غذا] روشی که در آن ترکیبات حساس مواد غذایی با مواد محافظ پوشانده می‌شوند.

۲. Active ingredient

3. Food industry

4. Animal feed industry

5. Matrix encapsulation

۸۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً ذوب گردید، سپس به این روغن ذوب شده به آرامی ۵۰ گرم پودر دکستروز اضافه شد و هم‌زمان با افزودن دکستروز عمل هم زدن نیز انجام می‌شد. پس از افزودن تمام پودر موردنظر چند دقیقه هم زدن ادامه یافت و پس از اطمینان از اختلاط کامل روغن و دکستروز اجازه داده شد تا دما کاهش یابد و روغن سرد شود و به دمای اتاق برسد. بعد از سرد شدن نمونه مخلوط روغن و چربی با دست خرد گردید تا اندازه ذرات آن به کمتر از ۳ میلی‌متر کاهش یابد. پس از تولید نمونه‌های گلوکز عبوری به روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی، نمونه‌های تولیدشده برای آزمون شکمبه‌ای با استفاده از سه رأس گاو ماده خشک فیستولادار مورد استفاده قرار گرفتند.

برای گرانول کردن پودر دکستروز از روش گرانول مرطوب استفاده شد و گرانولی با قطر ۱-۳ میلی‌متر تهیه شد (۱). برای تولید گلوکز عبوری به روش پوشینه‌دارسازی حقیقی از دستگاه بستر سیال استفاده شد. ابتدا انواع فرمولاسیون پوشش تهیه شد. اجزای تشکیل دهنده فرمولاسیون پوشش شامل مونوگلیسرین استئارات، گلیسرین، کوپلیمر (در حال ثبت اختراع) و چربی هیدروژنه شده هستند. انواع مختلف فرمولاسیون با نام‌های A, B, C, F, G, H و D با نسبت‌های مختلف از اجزای تشکیل دهنده طراحی شد. سپس پوشش تهیه‌شده با استفاده از دستگاه بستر سیال روی گرانول‌های گلوکز افشانه گردید. پس از این که نمونه‌های تولید شدند، توسط آزمون شکمبه‌ای مورد آزمایش مقاومت در برابر گوارش میکروبی قرار گرفتند. پس از یک نوبت آزمون اولیه همه انواع پوشش (

شکم دوم، یک رأس گاو شکم سوم و دو رأس گاو شکم اول قرار داشت؛ به این ترتیب میانگین شکم زایش هر دو تیمار یکسان (۱/۷۵) بود. جیره آزمایشی دریافتی هر دو گروه یکسان بود؛ فقط گاوهای گروه گلوکز عبوری به صورت سرک گلوکز عبوری دریافت می‌کردند و گاوهای گروه شاهد دقیقاً به همان مقدار دکستروز و پوشش G دریافت می‌نمودند. جیره دریافتی گاوهای هر دو گروه و آنالیز مواد مغذی آنها در

جدول ۱ آمده است. پس از اینکه گاوها در صبح روز ۴ بعد از زایمان وارد باکس انفرادی شدند و تغذیه جیره‌های آزمایشی شروع شد، مصرف ماده خشک روزانه هر گاو نیز اندازه‌گیری می‌شد. مقدار تولید شیر در طی روزهای شیردهی ۴ تا ۳۰ اندازه‌گیری شد. نمونه‌های شیر به صورت هفتگی در بازه تعیین شده و در روز نمونه‌گیری از دو نوبت شیردهی جمع‌آوری شد و برای آنالیز ترکیب شیر استفاده شد. نمونه خون در لوله و نوجکت دارای اتیلن دی آمین تتراستیک اسید و از سیاهرگ دم گرفته شد. بی‌درنگ پس از خون‌گیری، نمونه پلاسما با سانتریفیوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه جدا و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس نمونه‌های خون برای اندازه‌گیری گلوکز خون استفاده شدند. در این پژوهش داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از Proc Mixed نرم‌افزار SAS 9.2 واکاوی شدند.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + A_j + T_i A_j + e_{ijk}$$

Y_{ij} نشان‌دهنده هر مشاهده (هر داده) در آزمایش، μ میانگین کل جامعه، T_i اثر تیمار، A_j اثر زمان، $T_i A_j$ اثر متقابل تیمار در زمان، e_{ijk} اشتباه آزمایش.

جدول ۳) مشخص گردید که پوشش فرمول G بیشترین میزان عبوری بودن را دارد. به همین دلیل، به منظور بررسی تکرارپذیری بودن تولید و بررسی دقیق-تر گلوکز عبوری با فرمول پوشش G، این نمونه مجدداً ساخته شده و با تعداد ساعات بیشتری با استفاده از گاوهای فیستولدار تحت آزمایش انکوباسیون شکمبه‌ای قرار گرفت.

قابلیت هضم روده توسط توزین ۰/۸ گرم از باقیمانده گلوکز عبوری پس از انکوباسیون شکمبه‌ای داخل کیسه‌های نایلونی ۱۰ × ۵ سانتی‌متر با اندازه منافذ ۱۵ ± ۵۰ میکرون اندازه‌گیری شد. کیسه‌ها در محلول پپسین و هیدروکلراید (۱۰۰ میلی‌گرم پپسین و ۰/۰۱ میلی‌گرم هیدروکلراید) به مدت ۲ ساعت در ۳۹ درجه سانتی‌گراد در حمام آب متحرک برای شبیه‌سازی هضم شیردان انکوبه شد. بعد از انکوباسیون، کیسه‌ها با آب مقطر شستشو داده و در شرایط شبیه‌سازی شده با روده قرار داده می‌شود. کیسه‌ها حدود ۸ ساعت بعد از گذاشتن خارج شدند. کیسه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله با آب سرد شسته شده و در آن خشک می‌گردید. پس از خشک‌کردن، کیسه‌ها وزن شدند. درصد قابلیت هضم روده‌ای با فرمول وزن خالص باقی‌مانده در کیسه‌ها تقسیم بر وزن نمونه ریخته شده درون کیسه‌ها ضرب در ۱۰۰ به دست می‌آید. پس از این که در مرحله قبل پودر دکستروز به گرانول تبدیل شد و سپس بهترین پوشش برای پوشینه‌داری سازی حقیقی گرانول‌ها به دست آمد، ۱۵۰ کیلوگرم گلوکز عبوری مطابق با روش‌های به‌دست‌آمده تولید شد و به گاوها تغذیه گردید.

در این آزمایش ۱۶ رأس گاو تازه‌زا (روز ۴ تا ۳۰ بعد از زایش) در قالب ۲ تیمار (۸ رأس در هر تیمار) مورد مطالعه قرار گرفتند. در هر تیمار ۵ رأس گاو

Table 1- Ingredients (% of dry matter) and chemical composition of basal diets

شاهد (درصد)	گلوکز عبوری (درصد)	(Ingredients)	اجزای جیره
Control	Rumen-Protected Glucose		
0.0	2.8	Rumen-Protected Glucos	گلوکز عبوری
2.8	0.0	Dextrose+Coat	گلوکز+پوشش
21.9	21.9	Alfalfa	یونجه
17.6	17.6	Corn silage	سیلاژ ذرت
21.1	21.1	Corn	ذرت
9.5	9.5	Barley	جو
6.9	6.9	Soybean meal	کنجاله سویا
5.9	5.9	Sugar beet pulp	تفاله چغندر قند
5.0	5.0	Cottonseed	تخم پنبه
3.6	3.6	Wheat bran	سیوس گندم
2.1	2.1	Corn gluten	گلو تن ذرت
1.0	1.0	Sodium bicarbonate	جوش شیرین
0.7	0.7	Vitamin and mineral supplement	مکمل معدنی ویتامینی*
0.6	0.6	Zeolite	زنولیت
0.4	0.4	Dicalcium phosphate	دی کلسیم فسفات
0.2	0.2	Magnesium Oxid	اکسید منیزیم
0.2	0.2	Calcium carbonate	کربنات کلسیم
0.2	0.2	Toxin binder	توکسین بایندر
0.1	0.1	Salt	نمک
آنالیز مواد مغذی ((Chemical analysis (% DM))			
1.65	1.65	NEL (Mcal/kg)	انرژی خالص شیردهی
16.00	16.00	Crud protein	پروتئین خام
4.70	4.70	Ether extracte	عصاره اتری
26.2	26.2	Starch	نشاسته
31.00	31.00	NDF	دیواره سلولی
15.00	15.00	ADF	دیواره سلولی فاقد همی سلولز
7.71	7.71	Ash	خاکستر
0.73	0.73	Ca	کلسیم
0.43	0.43	P	فسفر

*حاوی ۱۹۶، ۹۶، ۷۱، ۳، ۰/۳، ۲، ۰/۱، ۳، ۰/۱، ۰/۰۰۱ و ۳ گرم در کیلوگرم به ترتیب از کلسیم، فسفر، سدیم، منیزیم، آهن، مس، منگنز، روی، کبالت، ید، سلنیم، آنتی‌اکسیدانت، ویتامین A (۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی)، ویتامین D (۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی) ویتامین E (۱۰۰ میلی‌گرم) بود.

*Containing 196, 96, 71, 3, 0.3, 2, 3, 0.1, 0.001 and 3 g /kg, calcium, phosphorus, sodium, magnesium, iron, copper, manganese, zinc, cobalt, iodine and antioxidants respectively; Vitamin A (500000 IU) vitamin D (100000 IU) vitamin E (100 mg)

نتایج شکمبه گذاری نمونه‌های گلوکز عبوری

نتایج و بحث

تولید شده به‌روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی در

تشکیل دهنده ترکیب تنها دکستروز و چربی هیدروژنه بودند، بنابراین نمونه‌ی باقی‌مانده گلوکز عبوری بعد از انکوباسیون در محیط شکمبه، در واقع مخلوط گلوکز و چربی هیدروژنه است. همان‌گونه که جدول ۲ گزارش شده است (ستون: مقدار چربی در نمونه‌ها) باقی‌مانده در ماتریکسی نتوانست به صورت قابل قبولی از گلوکز در برابر تجزیه شکمبه‌ای محافظت کند و آنچه در کیسه‌ها بعد از برداشتن آن‌ها از شکمبه باقی‌مانده است، عمدتاً چربی می‌باشد.

جدول ۲ شده است. بعد از ۶ ساعت از گذاشتن نمونه‌ها در شکمبه، ۳۸/۲۳ درصد وزن اولیه نمونه‌ی درون کیسه، تجزیه نشده و در کیسه باقی‌مانده بودند (جدول ۲). با توجه به اینکه در این روش مواد جدول ۲) اکثر وزن نمونه باقی‌مانده در کیسه بعد از شکمبه گذاری را چربی تشکیل می‌دهد و سهم اندک آن گلوکز می‌باشد. روش پوشینه‌داری سازی

جدول ۲- نتایج انکوباسیون شکمبه‌ای گلوکز عبوری تولید شده به روش پوشینه‌داری سازی ماتریکسی

Table 2- Rumen incubation results of Rumen-protected glucose produced by matrix encapsulation method

میانگین گلوکز خالص عبوری (%) (Net bypassed glucose %)	مقدار پوشش در نمونه تجزیه نشده (%) (coat content of bypassed sample %)	مقدار گلوکز در نمونه تجزیه نشده (%) (Glucose content of bypassed sample %)	میانگین عدم تجزیه در شکمبه (عبوری) (%) (Average bypass %)	ساعات انکوباسیون در شکمبه (reumen incubation Time, h)
7.50	85.00	15.00	44.04	2
4.00	87.00	13.00	44.22	4
2.53	93.00	7.00	38.23	6
2.08	95.00	4.80	36.37	8

بعد از یک دور آزمایش اولیه مشخص گردید فرمول پوشش G) جدول ۳) بیشتری کارایی را در برابر تجزیه در شکمبه دارد. به منظور اطمینان بیشتر از کارایی فرمول G در برابر گوارش شکمبه‌ای و تکرارپذیر بودن تولید گلوکز عبوری با این پوشش، مجدد یک نمونه دیگر از

این پوشش تهیه گردید و دوباره با تکرار بیشتر و در ساعت‌های بیشتر مورد آزمایش تجزیه‌ی شکمبه‌ای قرار گرفت (ت)

جدول ۴). همان‌گونه که در

گلوکز عبوری در شکمبه گاوها، ۴۳/۴ درصد نمونه اولیه
درون کیسه‌ها هنوز در کیسه‌ها هضم نشده‌اند.
همان‌گونه که در

جدول ۴ نشان داده شده است، پس از گذشت ۱۶
ساعت از زمان انکوباسیون کیسه‌های نایلونی حاوی

جدول ۴ مشاهده می‌شود، تولید

گلوکز عبوری با پوشش G موفقیت‌آمیز بوده است. نمونه‌های تولیدشده با این روش در عرض ۴/۵ ساعت ۴۰ درصد در شکمبه هضم شدند؛ اما بعد از آن با سرعت کمتری تجزیه شدند. برای مثال مشاهده می‌شود که ۱۲ ساعت بعد از قرار دادن نمونه گلوکز عبوری در شکمبه، ۴۷/۴ درصد نمونه هنوز درون

کیسه‌های نایلونی باقی‌مانده‌اند. از این مقدار باقیمانده درون کیسه ۸۵ درصد آن گلوکز است و ۱۵ درصد آن پوشش روی گرانول‌های گلوکز می‌باشند. بنابراین مشخص گردید که این مطالعه در تولید گلوکز عبوری از شکمبه موفق بوده است. گلوکز عبوری باقی‌مانده در کیسه‌های نایلونی

پوشینه‌داری سازی گلوکز و ارزیابی اثر آن بر مصرف ماده خشک... / رضا کریمی و همکاران

جدول ۴ برای انجام آزمون قابلیت هضم روده‌ای گلوکز عبوری باقی مانده در کیسه‌های نایلونی بیش از مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج این آزمون نشان داد که ۹۵ درصد در روده هضم خواهند شد.

جدول ۳- آنکوباسیون شکمبه‌ای گلوکز عبوری تولید شده به روش پوشینه‌داری سازی حقیقی با انواع مختلف پوشش دهی به مدت ۳، ۶ و ۱۲ ساعت

Table 3- Rumen incubation results of Rumen-protected glucose produced by true encapsulation method with different coating formulation

میانگین مقدار عبوری نمونه اولیه (%) [*] (Average bypass %)	نوع فرمولاسیون پوشش دهی (Coating Formulation)	ساعات ماندن در شکمبه (rumen incubation time)
4.50 ^a	A	۳ ساعت ماندن در شکمبه (3 hours rumen incubation)
9.80 ^a	B	
3.00 ^a	C	
8.60 ^a	D	
85.70 ^b	G	
6.30 ^a	F	
6.70 ^a	H	
3.80 ^a	A	
6.00 ^a	B	
2.50 ^a	C	
7.30 ^a	D	
74.90 ^b	G	
3.70 ^a	F	
4.40 ^a	H	
2.20 ^a	A	۱۲ ساعت ماندن در شکمبه (12 hours rumen incubation)
3.90 ^a	B	
2.10 ^a	C	
5.50 ^a	D	
65.90 ^b	G	
3.40 ^a	F	
2.50 ^a	H	

حروف بالانویس انگلیسی مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

Different English lowercase letters shows a significant difference at the 5% level.

روزانه ۶۰۰ گرم گلوکز پوشش‌دار دریافت کردند که بر اساس آزمایش‌های مرحله قبلی پیش‌بینی می‌شود که ۲۵۰ گرم گلوکز خالص در روده فراهم نمایند. تیمار شاهد نیز گرانول‌های گلوکز و پوشش را دریافت کردند. نتایج تغذیه گلوکز عبوری در جدول-ها و شکل‌ها در زیر آورده شده است.

پس طی مرحله نخست آزمایش مشخص گردید که فرمول پوشش G بهترین کارایی را هم از نظر مقاومت قابل قبول به تجزیه شدن در شکمبه (حدود ۵۰ درصد عبوری) و هم گوارش‌پذیری بالا (بیش از ۹۵ درصد) در روده دارد. بنابراین از این محصول به مقدار موردنیاز برای تغذیه به ۸ رأس گاو تازه (تیمار گلوکز عبوری) تولید گردید. گروه گلوکز عبوری

جدول ۴- نتایج انکوباسیون شکمبه‌ای گلوکز عبوری تولیدشده با پوشش G که به مدت ۴/۵، ۶، ۱۲ و ۱۶ ساعت

Table 4- Rumen incubation results of Rumen-protected glucose produced with G coating formulation in 4.5, 6, 12, 16 h incubation

میانگین گلوکز خالص عبوری (%) (Net bypassed glucose %)	مقدار پوشش در نمونه تجزیه‌نشده (%) (coat content of bypassed sample %)	مقدار گلوکز در نمونه تجزیه نشده (%) (Glucose content of bypassed sample %)	میانگین عدم تجزیه در شکمبه (عبوری) * (%) (Average bypass %)	ساعات انکوباسیون در شکمبه (reumen incubation Time, h)	نوع فرمولاسیون پوشش‌دهی (Coating Formulation)
60.0	15.0	85.0	70.6	4.5	G
50.1	15.0	85.0	59.1	9.0	G
47.4	15.0	85.0	55.8	12.0	G
43.2	15.0	85.0	51.1	16.0	G

جدول ۵- تأثیر گلوکز عبوری بر عملکرد تولیدی گاوهای تازه‌زا

Table 5- Effect of rumen protected glucos on the milk yield of fresh cows

P	تیمار		SEM	تیمار		فراسنجه (parameters)
	تیمار × زمان Treat*Time	زمان Time		شاهد Control Treatment	گلوکز عبوری RPG Treatment	
0.16	0.002	0.54	1.29	32.87	31.64	تولید شیر (کیلوگرم در روز) (Milk yield kg/day)
0.57	0.01	0.73	3.97	36.07	37.43	شیر تصحیح‌شده بر اساس ۳/۵٪ چربی** 3.5% FCM kg/day
0.52	0.01	0.88	3.67	35.42	35.98	شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی*** (ECM kg/day)

* Rumen-Protected Glucose Treatment

**FCM = (0.4324 × milk yield (kg)) + (16.216 × milk fat (kg)) (de Souza *et al.*, 2017)

***ECM = (12.82 × fat yield (kg)) + (7.13 × protein yield (kg)) + (0.323 × milk yield (kg)) (de Souza *et al.*, 2017)

جدول ۶- مقایسه ترکیبات شیر بین گروه گلوکز عبوری و گروه شاهد.

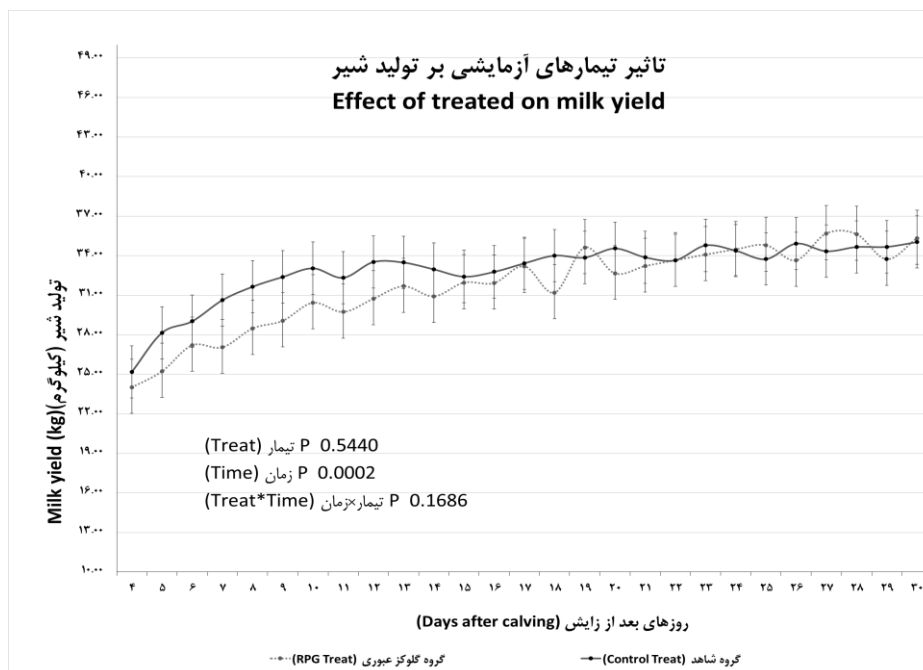
Table 6- Least square means for milk composition of cows fed treatment diets

P	تیمار		SEM	تیمار		فراسنجه (parameters)
	تیمار × زمان Treat*Time	زمان Time		شاهد Control Treatment	گلوکز عبوری RPG Treatment*	
0.55	0.72	0.033	0.27	4.29	4.94	چربی (%) (Fat %)
0.44	0.001	0.44	0.056	3.34	3.27	پروتئین (%) (Protein %)
0.55	0.097	0.037	0.1	1.30	1.54	نسبت چربی به پروتئین (Fat to protein ratio)
0.64	0.15	0.074	0.167	12.97	13.50	مواد جامد شیر (%) (Total solids %)

اعداد گزارش شده در جدول میانگین حداقل مربعات (LSM) هستند.

The numbers reported in the table are the least squares mean (LSM).

* Rumen-Protected Glucose Treatment



شکل ۱- تغییرات تولید شیر در تیمار شاهد و گلوکز عبوری

Figure 1- Changes in milk production in control and Rumen-Protected glucose treatments

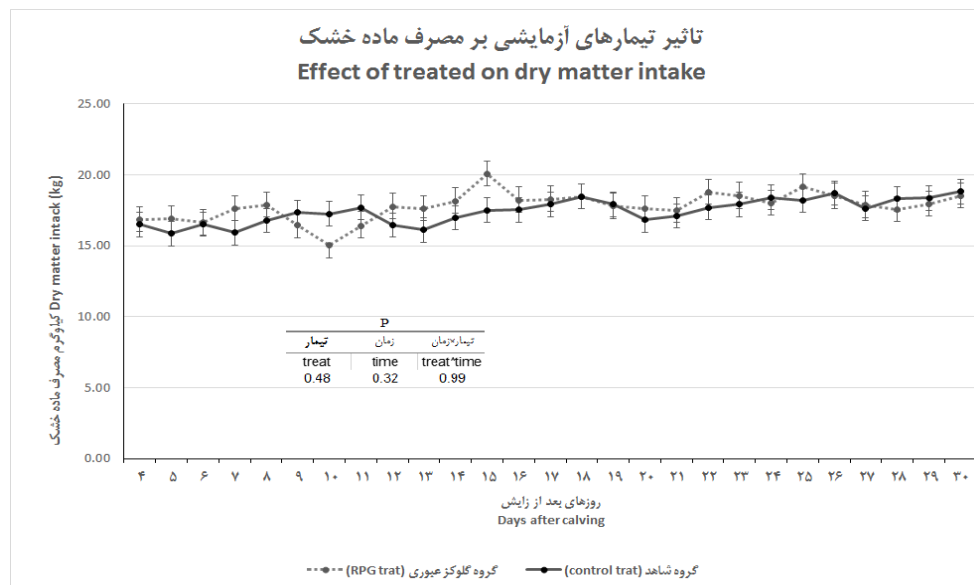
که در این نمودار مشخص است هیچ تفاوت معنی‌داری از این نظر بین دو تیمار وجود نداشت ($P > 0/481$). همچنین اثر زمان یا تیمار در زمان نیز معنی‌دار نبود.

به‌طور کلی موفق شدیم در این طرح یک محصول گلوکز عبوری با میزان مقدار قابل قبول عبوری بودن (حدود ۵۰ درصد) و قابلیت هضم بالا در روده (حدود ۹۵ درصد) تولید کنیم. مشخص گردید که بهترین فرمول برای پوشش دهی گلوکز فرمول پوشش G می‌باشد. پژوهش‌های مختلفی در رابطه با تأثیر تزریق گلوکز به قسمت‌های مختلف (دوازدهه، شیردان یا ورید) در زمان‌های مختلف شیردهی (اوایل، اواسط یا اواخر) و پاسخ آن بر مصرف ماده خشک و تولید شیر انجام شده است. نتایج اکثر مطالعات با نتایج مطالعه حاضر همسو است (۶، ۲۲، ۱۱، ۱۵، ۱۳). در اثر تغذیه گلوکز عبوری به گاوهای تازه‌زا بین روزهای ۴ تا ۳۰ بعد از زایمان اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار تولید شیر مصرف ماده خشک

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تولید شیر در جدول ۵ و ترکیب شیر در جدول ۶ گزارش شده است. از نظر مقدار تولید شیر، مقدار شیر تصحیح شده بر اساس انرژی و شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار وجود نداشت؛ با این وجود تأثیر زمان بر هر سه مقدار معنی‌دار بود. از نظر مقدار شیر تصحیح شده بر اساس انرژی و شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی تیمار گلوکز عبوری مقادیر بالاتری تولید کردند. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، گاوهای گروه گلوکز در مقایسه با گروه شاهد در ۲۱ روز اول مقدار شیر کمتری تولید کردند، اما شیر آن‌ها چربی بالاتری داشت و به همین دلیل مقدار تولید شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی در هر دو تیمار اختلاف معنی‌دار نداشت ($P > 0/552$). مصرف ماده خشک از روز ۴ تا پایان روز ۳۰ بعد از زایش که در جایگاه انفرادی قرار داشتند اندازه‌گیری شد. نتایج مصرف ماده خشک در شکل ۲ گزارش شده است. همان‌گونه

گلوکز به سیاهرگ (۲،۸) و چند آزمایش پیرامون تأثیر تغذیه گلوکز عبوری (۱۶، ۲۵، ۲۰) که عدم تفاوت معنی داری در مصرف ماده خشک مشاهده کردند، همسو بود. دلیل این مغایرت‌ها بین آزمایش‌های مختلف در مصرف ماده خشک مشخص نیست، اما شایان ذکر است که در آزمایش حاضر هر دو تیمار ایزوانرژتیک و ایزونیتروژنیک بودند که ممکن است مواد مغذی جذب شده و تنظیمات کیمواسموتیک مصرف ماده خوراک یکسانی تجربه کرده باشند (۱۹).

مشاهده نشد که نشان می‌دهد گلوکز عبوری تأثیر منفی بر خوش خوراکی جیره نداشته است (جدول ۵). مکمل کردن جیره با گلوکز عبوری در این آزمایش تأثیر معنی داری بر مصرف ماده خشک نداشت. این نتیجه با نتایج آزمایش‌های پیشین که تأثیر تزریق گلوکز به صورت شکمبه‌ای (۱۴) یا شیردانی (۱۵) را بررسی نمودند و کاهش مصرف خوراک را گزارش کردند، ناهمسو بود. با این حال، با چند آزمایش دیگر از جمله در دو آزمایش پیرامون تأثیر تزریق



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف ماده خشک.

Figure 2- Changes in dry matter intake in the control and Rumen-Protected glucose treatments

اساس عدم تفاوت معنی دار در تولید شیر، احتمالاً گاوها در این طرح با محدودیت گلوکز روبرو نبودند. از نظر ترکیب شیر، گروه گاوهایی که گلوکز عبوری دریافت کردند، چربی بیشتری تولید کردند (۴/۳۴ درصد گروه گلوکز عبوری در برابر ۳/۹۰ درصد گروه کنترل، $P > 0.02$). از نظر پروتئین شیر تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما از نظر نسبت چربی به پروتئین و مواد جامد شیر بین دو تیمار تفاوت معنی دار وجود داشت (جدول ۶) و این تفاوت معنی دار احتمالاً ناشی از بالاتر بودن چربی شیر در

عملکرد تولید شیر گاوها در این آزمایش در جدول ۵ آورده است. تغذیه گلوکز عبوری تأثیر معنی دار بر تولید شیر در طی روزهای ۴ تا ۳۰ بعد از زایش نداشت. در بسیاری از مطالعاتی که تزریق گلوکز در مراحل مختلف شیردهی و تأثیر آن بر تولید شیر بررسی نمودند، عدم تفاوت معنی دار بین گروه دریافت کننده گلوکز و شاهد گزارش نمودند (۱۱، ۲۲)، (۶، ۱۵). اشاره شده است که افزایش تولید شیر در پاسخ به فراهمی گلوکز در زمانی مشاهده می‌شود که محدودیت گلوکز وجود داشته باشد، بنابراین، بر

تغذیه این منبع گلوکز عبوری سبب افزایش چربی شیر شد. احتمالاً علت افزایش چربی شیر گروه گلوکز عبوری پایین‌تر بودن مقدار تولید شیر در سه هفته اول بعد از زایش است که ناشی از بهبود وضعیت گلوکوژنیک گاو و کاهش انتقال مواد مغذی برای تولید شیر می‌باشد.

سیاسگزاری

از شرکت‌های رادین فیدار فردا، آذرکامان مطلوب، داروسازی توفیق‌دارو، دکستروز ایران، پیشگام سپند البرز و کیمیا دانش الوند که هر کدام به‌نوعی در این طرح مؤثر بودند، سپاسگزاری می‌شود. همچنین از دانشگاه تهران به دلیل حمایت مالی تحت شماره ۷۱۰۸۰۱/۶/۴۲ و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور سپاسگزاری می‌شود.

گروه گاوهای گلوکز عبوری است. احتمالاً علت افزایش چربی شیر گروه گلوکز عبوری پایین‌تر بودن مقدار تولید شیر در سه هفته اول بعد از زایش است. این کاهش مقدار تولید شیر در اوایل شروع شیردهی در یک مطالعه‌ی دیگر که به گاوها گلوکز تزریق شده بود مشاهده است (۱۵). کاهش مقدار شیر ممکن است ناشی از بهبود وضعیت گلوکوژنیک گاو و مخالفت با انتقال مواد مغذی برای تولید شیر باشد.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش با استفاده از روش پوشینه-داری سازی حقیقی یک منبع گلوکز عبوری با مقاومت به تجزیه مناسب (حدود ۵۰ درصد عبوری) و قابلیت هضم روده‌ای بالا (۹۵ درصد هضم روده‌ای) با نسبت ۷ درصد ماده مؤثره و ۳۰ درصد پوشش تولید شد.

منابع

1. Agrawal, R. and Naveen, Y. 2011. Pharmaceutical processing—A review on wet granulation technology. *International Journal of Pharmaceutical Frontier Research*, 1: 65-83.
2. Amaral, D.M., Veenhuizen, J., Drackley, J., Cooley, M., McGilliard, A. and Young, J. 1990. Metabolism of propionate, glucose, and carbon dioxide as affected by exogenous glucose in dairy cows at energy equilibrium. *Journal of Dairy Science*, 73: 1244-1254.
3. Aschenbach, J.R., Kristensen, N.B., Donkin, S.S., Hammon, H.M. and Penner, G.B. 2010. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB life*, 62: 869-877.
4. Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73: 2804-2819.
5. de Souza, J., Batistel, F. and Santos, F.A.P. 2017. Effect of sources of calcium salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100: 1072-1085.
6. Dhiman, T., Cadorniga, C. and Satter, L. 1993. Protein and energy supplementation of high alfalfa silage diets during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 76: 1945-1959.
7. Emanuele, S.M. 2006. Microencapsulation and its application in animal nutrition. *Proceedings of the 4th Mid-Atlantic Nutrition Conference*. Date; University of Maryland, College Park, MD, USA, pp. 126-131.
8. Fisher, L. and Elliot, J. 1966. Effect of intravenous infusion of propionate or glucose on bovine milk composition. *Journal of Dairy Science*, 49: 826-829.
9. Garverick, H., Harris, M., Vogel-Bluel, R., Sampson, J., Bader, J., Lamberson, W., Spain, J., Lucy, M. and Youngquist, R. 2013. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science*, 96: 181-188.
10. Green, J.C., Meyer, J.P., Williams, A.M., Newsom, E.M., Keisler, D.H. and Lucy, M.C. 2012. Pregnancy development from day 28 to 42 of gestation in postpartum Holstein cows

- that were either milked (lactating) or not milked (not lactating) after calving. *Reproduction*, 143: 699-711.
11. Gualdrón-Duarte, L.B. and Allen, M.S. 2018. Fuels derived from starch digestion have different effects on energy intake and metabolic responses of cows in the postpartum period. *Journal of Dairy Science*, 101: 5082-5091.
 12. Hurtaud, C., Lemosquet, S. and Rulquin, H. 2000. Effect of graded duodenal infusions of glucose on yield and composition of milk from dairy cows. 2. Diets based on grass silage. *Journal of Dairy Science*, 83: 2952-2962.
 13. Hurtaud, C., Rulquin, H. and Verite, R. 1998. Effects of graded duodenal infusions of glucose on yield and composition of milk from dairy cows. 1. Diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science*, 81: 3239-3247.
 14. Knowlton, K., Dawson, T., Glenn, B., Huntington, G. and Erdman, R. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. *Journal of Dairy Science*, 81: 3248-3258.
 15. Larsen, M. and Kristensen, N. 2009. Effect of abomasal glucose infusion on splanchnic and whole-body glucose metabolism in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92: 1071-1083.
 16. Li, X., Tan, Z., Jiao, J., Long, D., Zhou, C., Yi, K., Liu, C., Kang, J., Wang, M. and Duan, F. 2019. Supplementation with fat-coated rumen-protected glucose during the transition period enhances milk production and influences blood biochemical parameters of liver function and inflammation in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 252: 92-102.
 17. Lucy, M., Escalante, R., Keisler, D., Lamberson, W. and Mathew, D. 2013. Glucose infusion into early postpartum cows defines an upper physiological set point for blood glucose and causes rapid and reversible changes in blood hormones and metabolites. *Journal of Dairy Science*, 96: 5762-5768.
 18. Lucy, M.C. 2015. Mechanisms linking postpartum metabolism with reproduction in dairy cows University of Missouri, from the 2015 Florida Ruminant Nutrition Symposium, February 2 - 4, 2015, Gainesville, FL, USA.
 19. McCarthy, C., Dooley, B., Branstad, E., Kramer, A., Horst, E., Mayorga, E., Al-Qaisi, M., Abeyta, M., Perez-Hernandez, G. and Goetz, B. 2020. Energetic metabolism, milk production, and inflammatory response of transition dairy cows fed rumen-protected glucose. *Journal of Dairy Science*, 103: 7451-7461.
 20. McCarthy, C.S. 2019. Evaluating the effects of rumen-protected glucose (RPG) on production, metabolism, and inflammation in transitioning dairy cows (Doctoral dissertation, Iowa State University).
 21. Moore, S., Fair, T., Lonergan, P. and Butler, S. 2014. Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: IV. Transition period, uterine health, and resumption of cyclicity. *Journal of Dairy Science*, 97: 2740-2752.
 22. Ørskov, E., Grubb, D. and Kay, R. 1977. Effect of postruminal glucose or protein supplementation on milk yield and composition in Friesian cows in early lactation and negative energy balance. *British Journal of Nutrition*, 38: 397-405.
 23. Rigout, S., Lemosquet, S., Bach, A., Blum, J. and Rulquin, H. 2002. Duodenal infusion of glucose decreases milk fat production in grass silage-fed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85: 2541-2550.
 24. Vidhyalakshmi, R., Bhakayaraj, R. and Subhasree, R. 2009. Encapsulation “the future of probiotics”-a review. *Advances in Biological Research*, 3: 96-103.
 25. Wang, Y., Cai, M., Hua, D., Zhang, F., Jiang, L., Zhao, Y., Wang, H., Nan, X. and Xiong, B. 2020. Metabolomics reveals effects of rumen-protected glucose on metabolism of dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 269: 114620.

