Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Ruminant Research

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

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

Reza Karimi[1], Armin towhidi[2*], Mahdi Ganjkhanlou[3], Sepide Khoee[4], Hamid Gasemzade Nava[5]

[1] Ph.D.Student, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Professor, Deparment of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: atowhidi@ut.ac.ir
[3] Associate Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[4] Professor, Department of Polymer Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Tehran, Tehran, Iran
[5] Associate Professor, Department Theriogenology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Iran

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., Khoee, 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

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

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

رضا کریمی[۱]، آرمین توحیدی[۲*]، مهدی گنج خانلو[۳]، سپیده خویی[٤]، حمید قاسم‌زاده نوا[٥]

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
٤. استاد، بخش شیمی پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه تهران، تهران
۵. دانشیار، گروه مامایی و بیماری های تولیدمثل دام، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۰/۱۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۲/۲۲

واژه‌های کلیدی:
پوشینه دارسازی
گاو تازه زا
گلوکز

چکیده

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 پساشکمبه 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.

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 مورداستفاده 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 ۱٦ رأس گاو تازه زایمان 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 ٦۰۰ گرم گلوکز عبوری دریافت می‌کردند و گاوهای تیمار شاهد به مقدار مشابه مواد پوشش و دکستروز دریافت می‌نمودند. گلوکز عبوری از روز ٤ 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.

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 ٦۰۰

گرم گلوکز عبوری تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک (۱۷/۷٦ کیلـوگرم در روز در تیمـار گلوکز عبوری و ۱۷/٤۳ کیلوگرم در روز در تیمار کنترل؛ P<۰/٤۸) و مقدار تولید شیر (۳۱/٦٤ کیلوگرم در روز در تیمار گلوکز عبوری و ۳۲/۸۷ کیلوگرم در روز در تیمار کنتـرل؛ P<۰/۷۸) نداشت. اثر زمان بر تولید شیر در هر دو تیمار معنی‌دار بـود (P<۰/۰۰۵)، امـا، تـأثیر زمـان بـر مصرف ماده خشک معنی‌دار نبود (P<۰/۳۱). چربی شیر در گاوهای که گلوکز عبوری دریافت کرده بودند افزایش معنی‌دار نشان داد (٤/۹٤ درصد در تیمار گلوکز عبوری و ٤/۲۹ درصـد در تیمار کنترل، (P<۰/۰۳۳).

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

استناد: کریمی، ر.، توحیدی، آ.، گنج خانلو، م.، خویی، س.، قاسم‌زاده نوا، ح. (۱٤۰۱). پوشینه‌دارسازی گلوکز و ارزیابی اثر آن بر مصرف ماده خشک و تولید شیر گاوهای تازه‌زای هلشتاین. *پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۱۰ (۲)، ٤٦-۳۱.

DOI: 10.22069/ejrr.2022.19801.1827

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گلوکز یک مولکول حیات برای همه‌ی گونه‌ها می‌باشد، اما با گاوهای شیری شیرده ارتباط ویژه‌ای دارد، چراکه نشخوارکنندگان تقریباً فقط به گلوکونئوژنز کبدی، به جای هضم کربوهیدرات‌ها و جذب مستقیم گلوکز از روده‌ها، برای تأمین احتیاجات گلوکزی خود متکی هستند (۳). افزون براین، 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 موردنیاز است (٤) 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 ۳/٦ 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 (٤ و ۱۷). نرخ تولید گلوکز می‌تواند یا از طریق افزایش گلوکونئوژنز کبدی (با افزایش تولید پروپیونات 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 (١٤). به‌دلیل 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[1] 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[2]، 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 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 ٦۰ بعد از زایمان و در روزهای قبل از زایمان ارتباطی بین گلوکز خون و آبستنی وجود ندارد (۲۱، ۹، ۱۰، ۱۸).

پوشینه‌دارسازی[3] 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 پوشینه‌دارسازی سدی میان جزء فعال[4] و محیط ایجاد می‌شود. این پوشش یا سد برای نگهداری نامحدود جزء فعال نمی‌باشد؛ بلکه به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که جزء فعال را در محیطی محافظت و در محیط دیگر از پیش تعیین‌شده، رها

1. Peripheral tissues

2. Whole-body rate of GLC appearance

3. Encapsulation

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

4. Active ingredient

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[1] از پوشینه‌دارسازی برای پنهان کردن بوها و مزه‌ها، جلوگیری از اکسیداسیون و جلوگیری از تجزیه میکروبی موادمغذی استفاده می‌کند. صنعت داروسازی از پوشینه‌دارسازی برای رساندن داروها به نواحی خاصی از دستگاه گوارش استفاده می‌کنند. در صنعت خوراک دام[2] استفاده از پوشینه‌دارسازی نزدیک به دو دهه است که واردشده است (۷).

بنابراین هدف از انجام این مطالعه ساخت یک منبع گلوکز عبوری به‌منظور 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 پوشینه‌دارسازی 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 عبوریِ مورد تائید ساخته شد و در مرحله بعد این گلوکز عبوری در آزمایش مزرعه‌ای به گاوها تغذیه گردید و آثار آن موردمطالعه 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 (تولیدشده توسط شرکت دکستروز ایران) به‌عنوان یک ترکیب خالص گلوکز انتخاب گردید و برای تولید گلوکز عبوری دو روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی و پوشینه دارسازی حقیقی جهت پوشینه‌دارسازی دکستروز مورد آزمون قرار گرفت.

در ابتدا تا گلوکز عبوری با استفاده از روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی[3] تولید گردید (۲۴). ماتریکس مورد استفاده در این پژوهش برای تولید گلوکز عبوری چربی هیدروژنه شده است. پوشینه‌دارسازی ماتریکسی به این صورت انجام گرفت که ابتدا ۵۰ گرم از روغن هیدروژنه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً ذوب گردید، سپس به این روغن ذوب شده به‌آرامی 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 به‌روش 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 G، F، C، A، H، B و

1. Food industry
2. Animal feed industry
3. Matrix encapsulation

D با نسبت‌های مختلف از اجزای تشکیل‌دهنده طراحی شد. سپس پوشش تهیه‌شده با استفاده از دستگاه بستر سیال روی گرانول‌های گلوکز افشانه گردید. پس‌ازاین 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 (جدول ۳) مشخص گردید که پوشش فرمول G بیشترین میزان عبوری بودن را دارد. به همین دلیل، به‌منظور بررسی تکرارپذیر بودن تولید و بررسی دقیق‌تر گلوکز عبوری با فرمول پوشش G، این نمونه مجدد ساخته‌شده و با تعداد ساعات بیشتری با استفاده از گاوهای فیستولادار 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 ۵ × ۱۰ 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 سانتی گراد در حمام آب متحرک برای شبیه‌سازی هضم شیردان انکوبه شد. بعد از انکوباسیون، کیسه‌ها با آب مقطر شستشو داده و در شرایط شبیه‌سازی‌شده با روده قرار داده می‌شود. کیسه‌ها حدود ۸ ساعت بعد از گذاشتن خارج شدند. کیسه‌های جمع‌آوری‌شده بلافاصله با آب سرد شسته شده و در آون 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 ضرب‌در ۱۰۰ به دست می‌آید. پس از این که در مرحله قبل پودر دکستروز به گرانول تبدیل شد و سپس بهترین پوشش برای پوشینه‌دارسازی 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 ٤ تا ۳۰ بعد از زایش) در قالب ۲ تیمار (۸ رأس در هر تیمار) موردمطالعه قرار گرفتند. در هر تیمار ۵ رأس گاو 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 به‌صورت 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. پس‌ازاینکه گاوها در صبح روز ٤ 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 ٤ تا ۳۰ اندازه‌گیری شد. نمونه‌های شیر به‌صورت هفتگی در بازه تعیین‌شده و در روز نمونه‌گیری از دو نوبت شیردهی جمع‌آوری شد و برای آنالیز ترکیب شیر استفاده شد. نمونه خون در لوله ونوجکت دارای اتیلن دی آمین تترا استیک 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.

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

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

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌ها (برحسب درصد در ماده خشک)

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

شاهد (درصد) Control	گلوکز عبوری (درصد) Rumen-Protected Glucose	(Ingredients)	اجزای جیره
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 چغندرقند
5.0	5.0	Cottonseed	تخم پنبه
3.6	3.6	Wheat bran	سبوس گندم
2.1	2.1	Corn gluten	گلوتن ذرت
1.0	1.0	Sodium bicarbonate	جوش‌شیرین
0.7	0.7	Vitamin and mineral suplement	مکمل معدنی ویتامینی*
0.6	0.6	Zeolite	زئولیت
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، 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 (۵۰۰۰۰۰واحد بین‌المللی)، ویتامین D (۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی) ویتامین E (۱۰۰ میلی‌گرم) بود.

*Cntaining 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 و بحث

نتایج شکمبه گذاری نمونه‌های گلوکز عبوری تولیدشده به‌روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی در جدول ۲ شده است. بعد از ٦ ساعت از گذاشتن نمونه-درصد وزن اولیه نمونه‌ی درون ها در شکمبه، ۳۸/۲۳ کیسه، تجزیه نشده و در کیسه باقی‌مانده بودند

جدول ۱جدول ۱ گزارش شده است (ستون: مقدار چربی در نمونه باقی‌مانده در جدول ۲) اکثر وزن نمونه باقی‌مانده در کیسه بعد از شکمبه گذاری را چربی تشکیل می‌دهد و سهم اندک آن گلوکز می-(جدول ۲). با توجه به اینکه در این روش مواد تشکیل‌دهنده ترکیب تنها دکستروز و چربی هیدروژنه بودند، بنابراین نمونه‌ی باقی‌مانده گلوکز عبوری بعد از انکوباسیون در محیط شکمبه، درواقع مخلوط گلوکز و چربی هیدروژنه است. همان‌گونه که

باشد. روش پوشینه‌دارسازی 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 ۱- نتایج انکوباسیون شکمبه‌ای گلوکز عبوری تولید شده به روش پوشینه‌دارسازی ماتریکسی

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

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

بعد از یک دور آزمایش اولیه مشخص گردید فرمول پوشش G (جدول ۳) بیشتری کارایی را در برابر تجزیه در شکمبه دارد. به‌منظور 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 (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ٤ نشان داده‌شده است، پس از گذشت ١٦ ساعت از زمان انکوباسیون کیسه‌های نایلونی حاوی گلوکز عبوری در شکمبه گاوها، ٤٣/٤ درصد نمونه اولیه درون کیسه‌ها هنوز در کیسه‌ها هضم نشده‌اند.

همان‌گونه که در جدول ٤ مشاهده می‌شود، تولید گلوکز عبوری با پوشش G موفقیت‌آمیز بوده است. نمونه‌های تولیدشده با این روش در عرض ٤/٥ ساعت ٤٠ 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، ٤٧/٤ 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 جدول ٤ برای انجام آزمون قابلت هضم روده‌ای مورداستفاده قرار گرفتند. نتایج این آزمون نشان داد که گلوکز عبوری باقی‌مانده در

کیسه‌های نایلونی بیش از ۹۵ درصد در روده هضم خواهند شد.

جدول ۲- انکوباسیون شکمبه‌ای گلوکز عبوری تولیدشده به روش پوشینه‌دارسازی حقیقی با انواع مختلف پوشش دهی به مدت ۳، ٦ و ۱۲ ساعت .

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

ساعات ماندن در شکمبه (rumen incubation time)	نوع فرمولاسیون پوشش‌دهی (Coating Formulation)	میانگین مقدار عبوری نمونه اولیه (٪)* (Average bypass %)
۳ ساعت ماندن در شکمبه (3 hours rumen incubation)	A	4.50 [a]
	B	9.80 [a]
	C	3.00 [a]
	D	8.60 [a]
	G	85.70 [b]
	F	6.30 [a]
	H	6.70 [a]
٦ ساعت ماندن در شکمبه (6 hours rumen incubation)	A	3.80 [a]
	B	6.00 [a]
	C	2.50 [a]
	D	7.30 [a]
	G	74.90 [b]
	F	3.70 [a]
	H	4.40 [a]
۱۲ ساعت ماندن در شکمبه (12 hours rumen incubation)	A	2.20 [a]
	B	3.90 [a]
	C	2.10 [a]
	D	5.50 [a]
	G	65.90 [b]
	F	3.40 [a]
	H	2.50 [a]

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

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

پس طی مرحله نخست آزمایش مشخص گردید که فرمول پوشش G بهترین کارایی را هم ازنظر مقاومت قابل‌قبول 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 روزانه ٦۰۰ 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 جدول‌ها و شکل‌ها در زیر آورده شده است.

جدول ۳- نتایج انکوباسیونشکمبه‌ای گلوکز عبوری تولیدشده با پوشش G که به مدت ٤/٥، ٦، ١٢ و ١٦ 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 ٥- تأثیر گلوکز عبوری بر عملکرد تولیدی گاوهای تازه‌زا

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

P			SEM	تیمار Treatments		فراسنجه (parameters)
تیمار × زمان Treat*Time	زمان Time	تیمار Treatment		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 اساس۳/٥٪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)

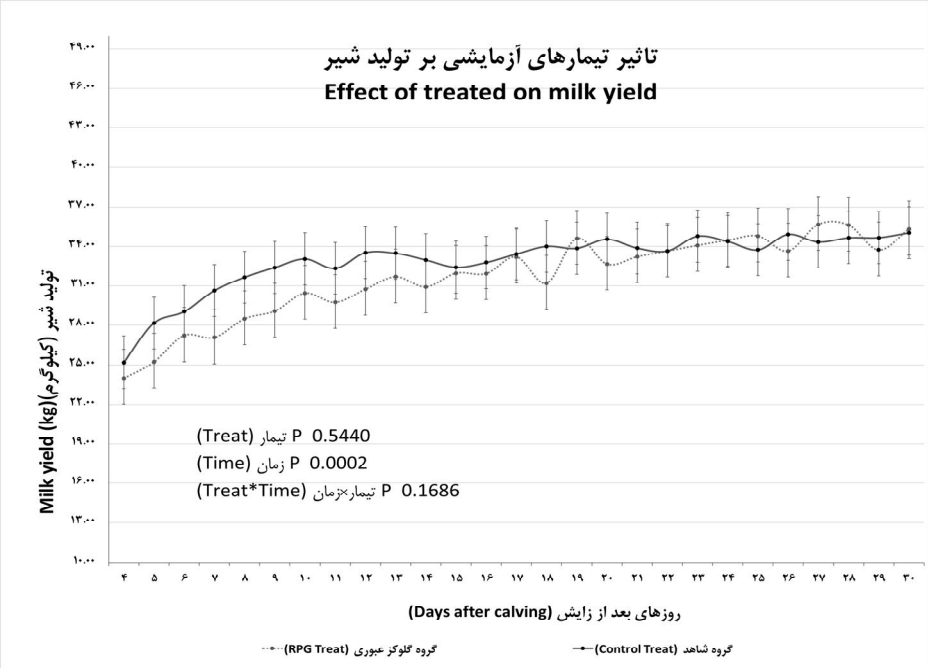
جدول ٦- مقایسه ترکیبات شیر بین گروه گلوکز عبوری و گروه شاهد.

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

P			SEM	تیمار Treatments		فراسنجه (parameters)
تیمار×زمان Treat*Time	زمان Time	تیمار Treatment		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 گزارش‌شده در جدول میانگین حداقل مربعات (LSM) هستند.

The numbers reported in the table are the least squares mean (LSM).
* Rumen-Protected Glucose Treatment



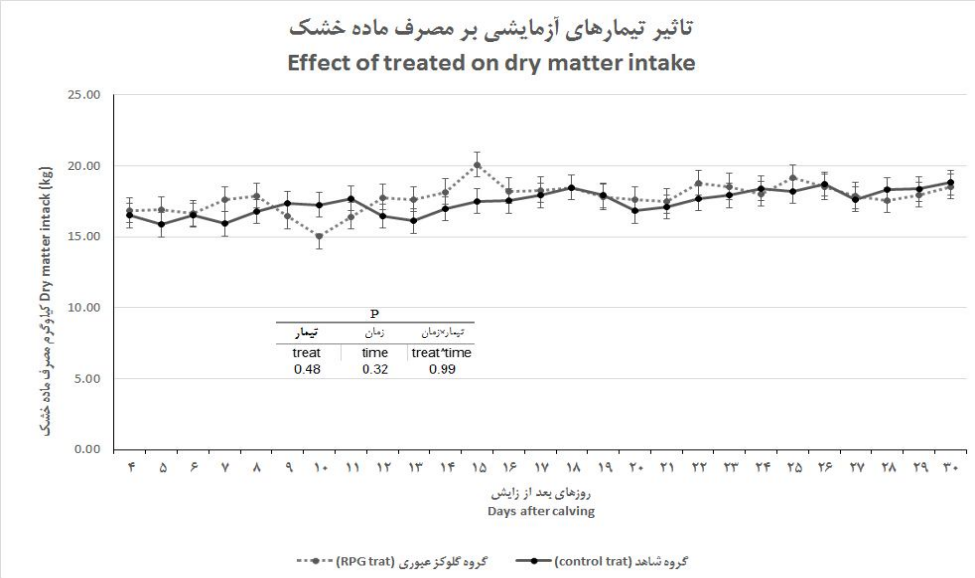
شکل ۱- تغییرات تولید شیر در تیمار شاهد و گلوکز عبوری

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

نتایج تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تولید شیر در جدول ۵ و ترکیب شیر در جدول ٦ گزارش‌شده است. ازنظر مقدار تولید شیر، مقدار شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی و شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار وجود نداشت؛ بااین‌وجود تأثیر زمان بر هر سه مقدار معنی‌دار بود. ازنظر مقدار شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی و شیر تصحیح‌شده 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 تصحیح‌شده بر اساس۳/۵ درصد چربی در هر دو تیمار اختلاف معنی‌دار نداشت (P >۰/۵۵۲). مصرف ماده خشک از روز ٤ تا پایان روز ۳۰ بعد از زایش که در جایگاه انفرادی قرار داشتند اندازه‌گیری شد. نتایج مصرف ماده خشک در شکل ۲ گزارش‌شده است. همان‌گونه که در این نمودار مشخص است هیچ تفاوت معنی‌داری از این نظر بین دو تیمار وجود نداشت (P>۰/۴۸۱). همچنین اثر زمان یا تیمار در زمان نیز معنی‌دار نبود.

به‌طورکلی موفق شدیم در این طرح یک محصول گلوکز عبوری با میزان مقدار قابل‌قبول 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 وریدی) در زمان‌های مختلف شیردهی (اوایل، اواسط یا اواخر) و پاسخ آن بر مصرف ماده خشک و تولید شیر انجام‌شده است. نتایج اکثر مطالعات با نتایج مطالعه حاضر همسو است (٦، ۲۲، ۱۱، ۱۵، ۱۳). در اثر تغذیه گلوکز عبوری به گاوهای تازه‌زا بین روزهای ٤ تا ۳۰ بعد از زایمان اختلاف معنی‌داری ازنظر مقدار تولید شیر مصرف ماده خشک

مشاهده نشد که نشان می‌دهد گلوکز عبوری تأثیر منفی بر خوش‌خوراکی جیره نداشته است (جدول ۵). مکمل کردن جیره با گلوکز عبوری در این آزمایش تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نداشت. این نتیجه با نتایج آزمایش‌های پیشین که تأثیر تزریق گلوکز به‌صورت شکمبه‌ای (۱٤) یا شیردانی (۱۵) را بررسی نمودند و کاهش مصرف خوراک را گزارش کردند، ناهمسو بود. بااین‌حال، با چند آزمایش دیگر ازجمله در دو آزمایش پیرامون تأثیر تزریق گلوکز به سیاهرگ (۲۸) و چند آزمایش پیرامون تأثیر تغذیه گلوکز عبوری (۲۵،۲۰، ۱٦) که عدم تفاوت معنی‌داری 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 موادمغذی جذب‌شده و تنظیمات کیمواسموتیک مصرف ماده خوراک یکسانی تجربه کرده باشند (۱۹).



شکل ۲- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مصرف ماده خشک.

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

عملکرد تولید شیر گاوها در این آزمایش در جدول ۵ آورده است. تغذیه گلوکز عبوری تأثیر معنی‌دار بر تولید شیر در طی روزهای ٤ 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 معنی‌دار بین گروه دریافت‌کننده گلوکز و شاهد گزارش نمودند (۲۲، ۱۱، ۱۵، ٦). اشاره‌شده است که افزایش تولید شیر در پاسخ به فراهمی گلوکز درزمانی مشاهده می‌شود که محدودیت گلوکز وجود داشته باشد، بنابراین، بر اساس عدم تفاوت معنی‌دار 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 (٤/۳٤ درصد گروه گلوکز عبوری در برابر ۳/۹۰ درصد گروه کنترل، P>۰/۰۲). از نظر پروتئین شیر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما از نظر نسبت چربی به پروتئین و مواد جامد شیر بین دو تیمار تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ٦) و این تفاوت معنی‌دار احتمالاً ناشی از بالاتر بودن چربی شیر در

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 تزریق‌شده 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 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 ۷ درصد ماده مؤثره و ۳۰ درصد پوشش تولید شد.

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.

سپاسگزاری

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 /۴۲/۶ و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور سپاسگزاری می‌شود.

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., Bhakyaraj, 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.