

Research Paper

Effect of Milk Replacer Feeding Level on Nutrient Intake, Weight Gain and Skeletal Growth in Newborn Holstein Calves Under Cold Stress

Hasan Rezaei¹, and Shahriyar Kargar² 

1- M.Sc. Graduated Student, Department of Animal Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Associate Professor, Department of Animal Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran,
(Corresponding author: skargar@shirazu.ac.ir)

Received: 9 December, 2022

Accepted: 19 August, 2023

Extended Abstract

Background: The lower limit of critical temperature for newborn calves ranges from 5°C (from 3 weeks and older) to 15°C (up to 3 weeks). As the temperature declines below the calf's lower critical temperature, more dietary energy is required to maintain body temperature. Hence, the main goal of this trial was to investigate the effect of milk replacer feeding levels on nutrient intake, weight gain, and skeletal growth in newborn Holstein calves under cold stress.

Methods: Twenty-four neonatal Holstein calves were randomly assigned to receive either a restricted (4 L/d; RPN) or a moderate (6 L/d; MPN) milk replacer feeding plan. Calves were weaned on day 61 and remained in the study until day 91. Milk replacer intake, starter feed intake, and ambient temperature were measured daily. Body weight was recorded immediately before the initiation of the study and every 10 days thereafter. Average daily gain (g of BW gain/d) was calculated as the difference between body weights recorded at 10-day intervals divided by 10. Body frame size was measured immediately before the initiation of the study, at weaning, and at the end of the trial.

Results: Nutrient intake from milk replacer was greater in MPN-fed calves before weaning ($p < 0.001$); however, nutrient intake from starter feed and total nutrient intake (except for crude fat and metabolizable energy) were not affected by treatment groups before and after weaning. Average daily gain was greater in MPN-fed calves ($P = 0.04$). Body weight gain before and after weaning, as well as over the study period, was greater in MPN-fed calves ($P = 0.01$). Withers height (at the end of the trial), body barrel (at weaning and at the end of the trial), hip height (before weaning and over the overall period), and hip width (after weaning and over the overall period) were greater in MPN-fed calves ($P \leq 0.05$).

Conclusion: Changing the feeding level of milk replacer did not affect starter feed intake before and after weaning; however, calves fed a moderate level of milk replacer had greater weight and skeletal growth. In general, feeding a moderate level of milk replacer is recommended for newborn Holstein calves under cold stress conditions.

Keywords: Calf production, Level of liquid feed feeding, Winter

How to Cite This Article: Rezaei, H., & Kargar, S. (2023). Effect of Milk Replacer Feeding Level on Nutrient Intake, Weight Gain and Skeletal Growth in Newborn Holstein Calves Under Cold Stress. *Res Anim Prod*, 14(4), 33-41. <https://doi.org/10.61186/rap.14.42.33>



مقاله پژوهشی

اثر سطح تغذیه جایگزین شیر بر مصرف مواد مغذی، افزایش وزن و رشد اسکلتی در گوساله‌های تازه متولد شده هلشتاین تحت تنش سرمایی

حسن رضایی^۱ و شهریار کارگر^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، بخش علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
 ۲- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، (نویسنده مسئول: skargar@shirazu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۱۸

صفحه: ۳۳ تا ۴۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: حد پایین دمای بحرانی برای گوساله‌های تازه متولد شده در دامنه بین ۵ (از سه هفتگی به بعد) تا ۱۵ (تا سه هفتگی) درجه سانتی‌گراد است. وقتی دمای هوا به کم‌تر از حد پایین دمای بحرانی می‌رسد، گوساله برای حفظ دمای بدن به انرژی بیش‌تری نیاز پیدا می‌کند. از این روی، هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی اثر سطح تغذیه جایگزین شیر بر مصرف، افزایش وزن و رشد اسکلتی در گوساله‌های تازه متولد شده هلشتاین تحت تنش سرمایی بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۲۴ رأس گوساله تازه متولد شده هلشتاین به‌طور تصادفی به دو گروه مساوی دریافت‌کننده سطح محدود (چهار لیتر در روز) یا سطح متوسط (شش لیتر در روز) جایگزین شیر تقسیم شدند. گوساله‌ها ۶۱ روز پس از شروع آزمایش از شیر گرفته شده و تا ۹۱ روزه‌گی در طرح بودند. جایگزین شیر مصرفی، خوراک آغازین مصرفی و دمای هوا روزانه ثبت شد. وزن بدن پیش از شروع آزمایش و هر ده روز پس از آن اندازه‌گیری شد. میانگین افزایش وزن روزانه (گرم افزایش وزن در روز) از تفاضل وزن بدن گوساله ثبت شده در فواصل ده روزه تقسیم بر عدد ده به‌دست آمد. اندازه اسکلت بدن در زمان شروع آزمایش، در زمان شیرگیری و انتهای دوره آزمایش اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: مواد مغذی مصرفی از خوراک مایع در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر در دوره پیش از شیرگیری بیش‌تر بود؛ به هر حال، مواد مغذی مصرفی از خوراک آغازین و نیز کل مواد مغذی مصرفی (به‌جز چربی خام و انرژی قابل سوخت و ساز) در دوره پیش از شیرگیری تحت تأثیر گروه‌های تیماری قرار نگرفت. میانگین افزایش وزن روزانه در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر بود. میزان افزایش در وزن بدن در دوره پیش و پس از شیرگیری و در کل دوره آزمایش در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر بود. ارتفاع جدوگاه (در انتهای دوره آزمایش)، دور شکم (در زمان شیرگیری و در انتهای دوره آزمایش)، ارتفاع هیپ (پیش از شیرگیری و در کل دوره آزمایش) و عرض هیپ (پس از شیرگیری و در کل دوره آزمایش) رشد بیش‌تری در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر داشت.

نتیجه‌گیری: تغییر سطح تغذیه جایگزین شیر تأثیری بر مقدار خوراک آغازین مصرفی در دوره پیش و پس از شیرگیری نداشت اما گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر وزن و رشد اسکلتی بیش‌تری داشتند. در کل، تغذیه با سطح متوسط جایگزین شیر در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در شرایط تنش سرمایی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرورش گوساله، تنش سرمایی، سطح تغذیه خوراک مایع

مقدمه

در پژوهشی تغذیه سطح متوسط در مقایسه با سطح محدود جایگزین شیر در شرایطی که میانگین دمای هوا ۲۶ درجه‌سانتی‌گراد بود تأثیری بر خوراک آغازین مصرفی نداشت اما میانگین افزایش وزن روزانه و بازده خوراک افزایش یافت (Silper et al., 2014). اطمینان از کافی بودن خوراک عرضه شده به گوساله‌های شیرخوار در دوره تنش سرمایی به‌خاطر افزایش نیاز نگهداری برای تنظیم دمایی دشوار است اما نشان داده شده که با تغذیه محدود جایگزین شیر گوساله‌های پرورش یافته تحت تنش سرمایی با افزایش خوراک آغازین مصرفی سرعت رشد و وزن بدن را حفظ می‌نمایند (Nonnecke et al., 2009). به‌هرحال، مشخص نیست اگر سطح بیش‌تری از جایگزین شیر (در مقایسه با سطح محدود) در شرایط تنش سرمایی تغذیه شود چگونه مصرف مواد مغذی و عملکرد رشد را در گوساله‌های شیرخوار تحت تأثیر قرار خواهد داد و از این روی نیاز به بررسی بیش‌تر دارد.

تغذیه سطح متوسط جایگزین شیر (۶ لیتر در روز) به‌منظور افزایش فراهمی مواد مغذی نسبت به سطح محدود تغذیه آن (۴ لیتر در روز) برای گوساله در فصل سرد می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار مطرح باشد. افزایش سطح تغذیه خوراک مایع در دوره پیش از شیرگیری می‌تواند سبب تحریک رشد در دوره پیش از شیرگیری و بهبود در عملکرد شیردهی آتی شود

گوساله‌ها به‌خاطر عایق کم بدن (چربی کم زیرپوستی و ضخامت کم پوست بدن)، زیادی نسبت سطح بدن به توده بدنی، کنترل ضعیف عروق پوستی و از دست دادن حرارت به‌صورت تبخیر از سطح بدن خیس در زمان تولد و نیز کامل توسعه نیافتن ساز و کارهای دخیل در حفظ دمای بدن برای مقابله با تغییرات دمای محیطی به سردی هوا و نوسانات دمایی (فزون بر وزش باد و رطوبت هوا) در فصل زمستان حساس هستند (Holt, 2014; Olson et al., 1980). حد پایین دمای بحرانی در گوساله‌هایی با سن زیر سه هفته یا بیش‌تر از آن به‌ترتیب ۱۵ و ۵ درجه سانتی‌گراد است که در دماهای کم‌تر از آن ساز و کارهای سوخت و سازی برای گرم نگه داشتن بدن فعال می‌شوند (Young, 1981; Young, 1983; Arieli et al., 1995; Drackley, 2008). با سرد شدن هوا حیوانات انرژی بیش‌تری صرف حفظ دمای داخلی بدن خود می‌نمایند که این انرژی صرف شده اگر با ساز و کارهایی مانند تغییر در مصرف، از دست دادن یا ذخیره انرژی جبران نشود سبب کاهش رشد شده و می‌تواند آثار منفی بر بازدهی و سلامت حیوانات داشته باشد (Ames, 1980; Holt, 2014).

کننده سطح متوسط جایگزین شیر به‌میزان ۶ لیتر در روز) اختصاص داده شدند. جایگزین شیر (دارای ۲۱ درصد پروتئین خام، ۱۷ درصد چربی و ۴۳ درصد لاکتوز) روزانه در دو وعده (در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۷:۰۰) و در هر وعده به‌مقدار مساوی (۲ یا ۳ لیتر) و با سطل به گوساله‌ها تغذیه می‌شد. گوساله‌ها در دو روز اول پس از تولد در محل مسقف نگهداری شده و از روز سوم به جایگاه‌های انفرادی (با ابعاد ۲ × ۱ × ۱/۸ متر؛ طول در عرض در ارتفاع) که از قبل ضدعفونی و شعله‌دهی شده بودند، منتقل شدند. در طول دوره آزمایش متوسط دمای بیشینه، میانگین و کمینه به ترتیب ۱۱/۱، ۳/۰ و ۴/۹- درجه سانتی‌گراد بود.

گوساله‌ها از روز سوم پس از تولد دسترسی آزاد به آب تمیز و خوراک آغازین متوازن داشتند (NRC, 2001). در جدول ۱ اقلام خوراکی تشکیل دهنده جیره آغازین و ترکیبات شیمیایی آن آورده شده است. تهویه در محل نگهداری گوساله‌ها با جریان طبیعی هوا صورت می‌گرفت. از کاه گندم به‌عنوان بستر استفاده می‌شد و در صورت نیاز روزانه تعویض می‌شد تا محل استراحت گوساله‌ها ظاهری تمیز و خشک داشته باشد. گوساله‌ها در گروه سطح محدود جایگزین شیر از روز یک تا ۵۵ آزمایش چهار لیتر، روزهای ۵۶ و ۵۷ سه لیتر، روزهای ۵۸ و ۵۹ دو لیتر و روز ۶۰ یک لیتر جایگزین شیر از روز یک تا ۵۳ شش لیتر، روز ۵۴ پنج لیتر، روزهای ۵۵ و ۵۶ چهار لیتر، روزهای ۵۷ و ۵۸ سه لیتر، روز ۵۹ دو لیتر و روز ۶۰ نیم لیتر جایگزین شیر دریافت کردند. گوساله‌ها ۶۱ روز پس از شروع آزمایش از شیر گرفته شدند و تا یک ماه پس از شیرگیری (روز ۹۱ آزمایش) پایش شدند.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیبات شیمیایی (درصدی از ماده خشک) جیره آزمایشی

Table 1. Ingredients and chemical composition (% of DM unless otherwise noted) of the experimental diet	
ترکیب اقلام خوراکی جیره Diet composition	
10.0	علف خشک یونجه Alfalfa hay
7.1	سبوس گندم Wheat bran
47.0	دانه ذرت آسیاب شده Corn grain, ground
14.1	دانه جو آسیاب شده Barley grain, ground
18.8	کنجاله سویا Soybean meal
1.2	کربنات کلسیم Calcium carbonate
0.38	اکسید منیزیم Magnesium oxide
0.38	بنتونیت Bentonite
0.57	مکمل ویتامینی- معدنی Vitamin and mineral mixture*
0.47	نمک Salt
ترکیب شیمیایی (%) Chemical composition	
91.9	ماده خشک Dry matter
19.1	پروتئین خام Crude protein
52.8	کربوهیدرات غیرالیافی Non fibrous carbohydrates
19.2	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
3.2	عصاره اتری Ether extract
5.7	خاکستر Ash
0.74	کلسیم Calcium
0.43	فسفر Phosphorus
3.01	انرژی قابل سوخت و ساز Metabolizable energy (Mcal/kg of DM)
2.25	انرژی خالص برای نگهداری Net energy for maintenance (Mcal/kg of DM)
1.71	انرژی خالص برای رشد Net energy for gain (Mcal/kg of DM)

* هر کیلوگرم مکمل دارای ۹۷۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۷۵۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱۴۳ گرم روی، ۲۶ گرم منگنز، ۴۸/۶ گرم مس، ۱۹/۵ گرم سلیوم، ۱۸/۴ گرم آهن، ۸ گرم کلسیم و ۱/۳ گرم کبالت بود.

* Each kilogram of supplement contained: 975,000 IU of vitamin A, 750,000 IU of vitamin D, 1,800 IU of vitamin E, 143 g of Zn, 76 g of Mn, 48.6 g of Cu, 19.5 g of Se, 18.4 g of Fe, 8 g of Ca, and 1.3 g of Co.

(Raeth-Knight et al., 2009; Gelsinger et al., 2016; Soberon et al., 2012). فزون بر آن، پرورش گوساله با سطح زیاد خوراک مایع می‌تواند سبب کاهش علائم گرسنگی (Gerbert et al., 2017; Rosenberger et al., 2018) و کاهش بروز بیماری شود (de Passille et al., 2016; Ollivett et al., 2012). به هر حال، آثار تغذیه سطح متوسط در مقایسه با سطح محدود جایگزین شیر بر مصرف، وزن بدن و رشد اسکلتی به‌طور مبسوط مشخص نیست. از این روی، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر سطوح متوسط و محدود جایگزین شیر بر مصرف ماده خشک، مواد مغذی و عملکرد رشد گوساله‌های هلشتاین تحت تنش سرمایی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک مزرعه پرورشی و در فاصله ماه‌های آذر تا اسفند سال ۱۳۹۹ انجام شد. گوساله‌ها در روز اول تولد دو بار با آغوز پر کیفیت (عدد بریکس بیش‌تر از ۲۳) پاستوریزه شده و در فواصل یک و ۱۲ ساعت پس از تولد و به میزان ۸ درصد وزن بدن تغذیه شدند. در روز دوم پس از تولد گوساله‌ها در دو وعده و در هر وعده با دو لیتر شیرانتقالی (شیرآغوز) پاستوریزه شده تغذیه شدند. گوساله‌های سالم و با ظاهر عمومی خوب و بدون هیچ‌گونه علائم تب، اسهال، سخت‌زایی در حین تولد انتخاب و پروتئین خون آنها (۲۴ ساعت پس از تغذیه وعده اول آغوز، با اخذ نمونه خون از ورید وادجی تعیین شد) شمار ۲۴ رأس گوساله هلشتاین (با وزن $40/1 \pm 0/84$ کیلوگرم) که پروتئین سرم خون آن‌ها بیش از ۵/۵ گرم بر دسی‌لیتر گزینش و از سن سه روزگی و به‌طور تصادفی به دو گروه شاهد (۱۲ رأس؛ دریافت کننده سطح محدود جایگزین شیر به‌میزان ۴ لیتر در روز) و آزمایشی (۱۲ رأس؛ دریافت

مقدار جایگزین شیر (۰.۸:۰.۰ و ۱.۷:۰.۰) و خوراک آغازین (۰.۹:۰.۰) عرضه شده و باقی‌مانده آن‌ها روزانه برای محاسبه دقیق ماده خشک مصرفی از خوراک مایع و جامد ثبت می‌شد. کل ماده خشک مصرفی حاصل جمع ماده خشک مصرفی از خوراک مایع و جامد بود. دو نمونه در روز از جایگزین شیر عرضه شده (یک نمونه در هر وعده خوراندن شیر) به گوساله‌ها گرفته شد و به آن دی‌کرومات پتاسیم اضافه و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌ها برای تعیین ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام و لاکتوز به آزمایشگاه مرکزی مزرعه ارسال شد. ترکیب شیمیایی جایگزین شیر مصرفی در جدول ۲ آورده شده است. خوراک آغازین (۱۰ نمونه در کل دوره آزمایشی) و باقی‌مانده آن (۹ نمونه به ازای هر گوساله) هر ده روز یکبار و پیش از وعده خوراک‌دهی صبح نمونه‌گیری و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای تجزیه شیمیایی بعدی نگهداری شد. ماده خشک نمونه‌ها با استفاده از آون و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد (AOAC, 2002). پس از یخ‌گشایی نمونه‌ها توسط آسیابی دارای الک با قطر منافذ یک میلی‌متر و برای تعیین پروتئین خام (AOAC, 2002)، عصاره اتری (AOAC, 2002)، خاکستر (AOAC,

2002)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از آنزیم آلفا-آمیلاز مقاوم به حرارت (۱۰۰ میکرولیتر به ازای ۰.۵ گرم نمونه، شرکت سیگما آلد ریچ، ۵-۸۵-۹۰۰۰) و سولفیت سدیم (Van Soest et al., 1991) تجزیه شدند. از کسر حاصل جمع پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، عصاره اتری و خاکستر از عدد ۱۰۰ کربوهیدرات غیرالیافی به‌دست آمد (NRC, 2001). گوساله‌ها در روز ورود به طرح و هر ده روز یکبار با ترازوی رقومی و پیش از وعده خوراک‌دهی صبح وزن‌کشی شدند. میانگین افزایش وزن روزانه (گرم رشد وزن بدن در روز) از تفاضل وزن بدن گوساله ثبت شده در فواصل ده روزه تقسیم بر عدد ده به‌دست آمد. همچنین، نتیجه‌های رشد اسکلتی مانند دور سینه، ارتفاع جدوگاه، طول بدن، دور شکم، ارتفاع هیپ و عرض هیپ در روز ورود به طرح، در زمان شیرگیری و در انتهای دوره آزمایشی اندازه‌گیری شد (Ansari et al., 2022). میزان رشد در وزن و نتیجه‌های اسکلتی گوساله‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری و در کل دوره آزمایش محاسبه شد. همین‌طور، وزن بدن گوساله‌ها در ابتدای ورود به طرح، در زمان شیرگیری و در انتهای دوره آزمایشی گزارش شد.

جدول ۲- میانگین روزانه ترکیب مواد مغذی جایگزین شیر* (درصدی از ماده خشک) تغذیه شده به گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی

ترکیب شیمیایی (درصد) (%) Chemical composition	جایگزین شیر Milk replacer
ماده خشک DM	10.77 ± 0.29
پروتئین خام CP	21.06 ± 0.09
چربی خام Fat	17.09 ± 0.91
لاکتوز Lactose	43.09 ± 0.32
خاکستر Ash	7.99 ± 0.05
انرژی قابل سوخت و ساز ME (Mcal/kg of DM)	4.63 ± 0.04

* جایگزین شیر (ایمپریال: نوین رشد شهران فوده، اصفهان، ایران) دارای شیر پودر، پودر آب پنیر، کنسانتره پروتئین آب پنیر، چربی گیاهی، ویتامین‌ها (در هر کیلوگرم از محصول دارای ۲۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۵۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۸ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۱۰ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۶ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۳۰۰ میلی‌گرم ویتامین C، ۲ میلی‌گرم ویتامین K، ۳۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید و ۲۰۰ میلی‌گرم بیوتین)، مواد معدنی (در هر کیلوگرم از محصول دارای ۸۰ میلی‌گرم روی، ۷۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱ میلی‌گرم ید، ۰/۴ میلی‌گرم سلنیوم و ۰/۶ میلی‌گرم کبالت) و ساکارومایسس سرویزیا (۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم از محصول) است. جایگزین شیر بر اساس ماده خشک دارای ۲۲ درصد پروتئین خام، ۱۷ درصد چربی خام، ۰/۴ درصد الیاف خام، ۸ درصد خاکستر، ۰/۹ درصد کلسیم و ۰/۶ درصد فسفر است.

Milk replacer (Imperial, Novin Roshd Shahrān Foudh, Isfahan, Iran) contains skimmed milk, whey powder, whey protein concentrate, vegetable fat, vitamins (each kilogram contains 25000 IU vitamin A, 5000 IU vitamin D₃, 150 mg vitamin E, 8 mg vitamin B₁, 10 mg vitamin B₂, 6 mg vitamin B₆, 300 mg vitamin C, 2 mg vitamin K, 300 mg choline chloride and 200 mg biotin), minerals (each kilogram contains 80 mg Zn, 70 mg Mn, 100 mg Fe, 1 mg I, 0.4 mg Se and 0.6 mg Co) and Saccharomyces cerevisiae (10 mg/kg of product). This milk replacer contains (% DM) 22 % CP, 17 % fat, 0.4 % CF, 8 % Ash, 0.9 % Ca and 0.6 % P.

بررسی نرمالیده داده با استفاده از رویه تک‌متغیره^۱ نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. داده مربوط به مصرف مواد مغذی، میانگین افزایش وزن روزانه و بازده خوراک با رویه مختلط و به‌صورت تکرار شونده در زمان واکاوی شد. در مدل آماری گوساله به‌عنوان اثر تصادفی و تیمار (T)، دوره (P) و برهم‌کنش تیمار با دوره (T × P) به‌عنوان اثرات ثابت در نظر گرفته شدند. برای واکاوی آماری داده چندین ساختار کوواریانس مورد آزمون قرار گرفت و از میان آن‌ها ساختار رگرسیون خودکار^۲ نوع یک بر مبنای کمینه معیار اطلاعات

بیزی^۳ انتخاب شد. از گزینه برش^۴ برای تفکیک معنی‌داری مربوط به میانگین حداقل مربعات برای برهم‌کنش بین تیمار و دوره استفاده شد. وزن بدن (اولیه، شیرگیری و نهایی)، نتیجه‌های رشد اسکلتی (اولیه، شیرگیری و نهایی) و میزان رشد آن‌ها در دوره پیش و پس از شیرگیری و در کل دوره در قالب مدل اشاره شده ولی بدون در نظر گرفتن اثر دوره و برهم‌کنش آن با تیمار واکاوی شد. داده به‌صورت میانگین حداقل مربعات گزارش شد و سطح احتمال معنی‌داری مساوی یا کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار بود.

نتایج و بحث

در دوره پیش از شیرگیری، گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر پیوسته ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام، لاکتوز و انرژی قابل سوخت و ساز بیش‌تری در مقایسه با گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود از خوراک مایع دریافت کردند ($T \times P = 0.001$). مواد مغذی دریافتی از خوراک آغازین تحت تأثیر سطح تغذیه جایگزین شیر قرار نگرفت ($p = 0.75$). در دوره پیش از شیرگیری، کل چربی خام

دریافتی در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود بود (0.001). کل انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود بود ($p = 0.05$ ؛ نگاره ۱). بدون توجه به سطح تغذیه جایگزین شیر، خوراک آغازین و کل ماده خشک مصرفی با افزایش سن گوساله‌ها افزایش یافت ($p = 0.001$).

جدول ۳- اثر سطح تغذیه جایگزین شیر (محدود در مقابل متوسط) بر مواد مغذی مصرفی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی
Table 3. Effect of milk replacer levels (restricted vs. moderated; RPN vs. MPN) on nutrients intake in cold-stressed neonatal Holstein calves

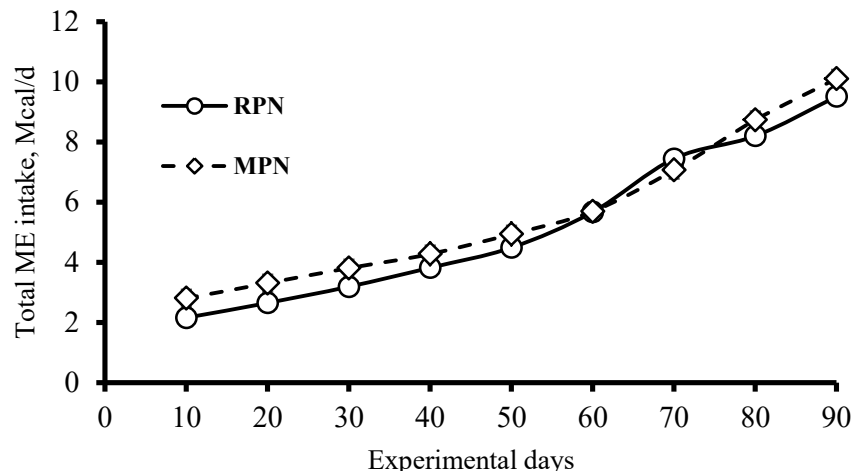
سطح احتمال معنی‌داری P- value		تیمارهای آزمایش Experimental treatment			
تیمار × دوره T × P	دوره Period	تیمار Treat	خطای استاندارد میانگین SEM	MPN	RPN
					مواد مغذی مصرفی از جایگزین شیر (روز ۱ تا ۶۰) Milk replacer nutrients intake (d 1-60)
0.001	0.001	0.001	2.58	597 ^b	413 ^a
					ماده خشک (گرم در روز) Dry matter (g/d)
0.001	0.001	0.001	0.02	1.49 ^b	1.03 ^a
					ماده خشک (درصدی از وزن تولد) Dry matter (% of birth weight)
0.001	0.001	0.001	0.54	125 ^b	87 ^a
					پروتئین خام (گرم در روز) Crude protein (g/d)
0.001	0.001	0.001	1.11	257 ^b	178 ^a
					لاکتوز (گرم در روز) Lactose
0.001	0.001	0.001	0.43	102 ^b	72 ^a
					عصاره اتری (گرم در روز) Ether extract (g/d)
0.001	0.001	0.001	0.01	2.76 ^b	1.91 ^a
					انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری در روز) Metabolizable energy (Mcal/d)
					مواد مغذی مصرفی خوراک آغازین (روز ۱ تا ۹۱) Starter nutrients intake (d 1-91)
0.84	0.001	0.75	69.60	1267	1302
					ماده خشک (گرم در روز) Dry matter (g/d)
0.72	0.001	0.79	0.16	3.17	3.24
					ماده خشک (درصدی از وزن تولد) Dry matter (% of birth weight)
0.84	0.001	0.75	13.29	242	249
					پروتئین خام (گرم در روز) Crude protein (g/d)
0.84	0.001	0.75	36.75	669	687
					کربوهیدرات‌های غیرالیافی (گرم در روز) Non fibrous carbohydrates (g/d)
0.84	0.001	0.75	13.36	243	250
					الیاف نامحلول در شوینده خنثی (گرم در روز) Neutral detergent fiber (g/d)
0.84	0.001	0.75	2.22	41	42
					عصاره اتری (گرم در روز) Ether extract (g/d)
0.84	0.001	0.75	0.20	3.81	3.92
					انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری در روز) Metabolizable energy (Mcal/d)
					کل مواد مغذی مصرفی (روز ۱ تا ۹۱)* Total nutrients intake
0.57	0.001	0.34	69.39	1667	1572
					ماده خشک مصرفی (گرم در روز) Dry matter intake (g/d)
0.45	0.001	0.26	0.16	4.18	3.91
					ماده خشک (درصدی از وزن تولد) Dry matter (% of birth weight)
0.56	0.001	0.27	13.24	326	306
					پروتئین خام (گرم در روز) Crude protein (g/d)
0.001	0.001	0.001	2.13	107 ^a	90 ^b
					عصاره اتری (گرم در روز) Ether extract (g/d)
0.64	0.001	0.05	0.20	5.66 ^a	5.18 ^b
					انرژی قابل سوخت و ساز (مگا کالری در روز) Metabolizable energy (Mcal/d)

a,b. میانگین‌ها در هر ردیف با حروف غیرمشابه از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($p \leq 0.05$).

* کل مواد مغذی مصرفی از حاصل جمع مواد مغذی مصرفی از جایگزین شیر و خوراک آغازین به دست آمد.

a,b. Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

* Total nutrients intake includes milk replacer nutrients plus starter nutrients intake.



شکل ۱- اثر سطح تغذیه جایگزین شیر (محدود در مقابل متوسط) بر کل انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی (مگا کالری بر روز) گوساله‌های تازه متولد شده هلشتاین تحت تنش سرمایی. میانگین خطای استاندارد برابر با ۰/۲۰ است. اثرات در مدل: اثر تیمار برابر با ۰/۰۵؛ اثر دوره برابر با ۰/۰۱؛ اثر تیمار در دوره برابر با ۰/۶۴ است.

Figure 1. Effect of milk replacer plane of nutrition (restricted vs. moderated; RPN vs. MPN) on total metabolizable energy (ME) intake (Mcal/d) in cold-stressed newborn Holstein calves. The SEM = 0.20. Effects in model: Treat (T): $P = 0.05$; Period (P): $P = 0.001$; $T \times P$: $P = 0.64$.

گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن به ترتیب تمایل به افزایش (۰/۰۶ = p) و افزایش (۰/۰۵ = p) داشت. میزان افزایش وزن در دوره پیش از شیرگیری (۲/۶ + کیلوگرم)، پس از شیرگیری (۳/۲ + کیلوگرم) و کل دوره آزمایش (۵/۸ + کیلوگرم) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن بود. سطح تغذیه جایگزین شیر تأثیری بر بازده خوراک در کل دوره آزمایش نداشت اما بازده خوراک در دوره پیش از شیرگیری بیش‌تر از دوره پس از شیرگیری بود (۰/۰۰۱ = p).

میانگین افزایش وزن روزانه در کل دوره آزمایش در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر (۶۵ گرم در روز) از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن بود (۰/۰۴ = p). همچنین، میانگین افزایش وزن روزانه در دوره پس از شیرگیری بیش‌تر از دوره پیش از شیرگیری بود (۰/۰۰۱ = p). وزن اولیه گوساله‌ها در دو گروه در زمان ورود به آزمایش تفاوتی با هم نداشت (۰/۸۵ = p) اما وزن شیرگیری (۲/۶ + کیلوگرم) و وزن نهایی (۵/۸ + کیلوگرم) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر در مقایسه با

جدول ۴- اثر سطح تغذیه جایگزین شیر (محدود در مقابل متوسط) بر عملکرد رشد (روز ۱ تا ۹۱) گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی

سطح احتمال معنی‌داری P-value		تیمارهای آزمایش Experimental treatments			
تیمار × دوره T×P	دوره Period	تیمار Treat	خطای استاندارد میانگین SEM	MPN	RPN
عملکرد رشد					
0.42	0.001	0.04	22.33	787 ^a	722 ^b
میانگین افزایش وزن روزانه (روز ۱ تا ۹۱)، گرم در روز					
Average daily gain (d 1-91) g/d					
وزن بدن (کیلوگرم)					
Body weight (kg)					
—	—	0.85	0.84	40.0	40.2
وزن ورود به طرح (روز یک)					
Initial weight (d 1)					
—	—	0.06	1.10	75.5	72.9
وزن از شیرگیری (روز ۶۱)					
Weaning weight (d 61)					
—	—	0.05	2.01	110.08 ^a	105.0 ^b
وزن پایان دوره آزمایش (روز ۹۱)					
Final weight (d 91)					
افزایش وزن بدن (کیلوگرم)					
Weight gain (kg)					
—	—	0.05	1.10	35.5 ^a	32.7 ^b
پیش از شیرگیری					
Pre weaning					
—	—	0.04	1.41	35.3 ^a	32.1 ^b
پس از شیرگیری					
Post weaning					
—	—	0.01	2.01	70.8 ^a	65.0 ^b
کل دوره آزمایش					
Total (pre+post)					
بازده مصرف خوراک					
Feed efficiency					
0.06	0.001	0.45	0.01	0.47	0.46
میانگین افزایش وزن روزانه بر کل ماده خشک مصرفی					
ADG/total nutrients intake					
0.35	0.001	0.94	0.003	0.14	0.14
میانگین افزایش وزن روزانه بر کل انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی					
ADG/total ME intake					

a,b: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

a,b: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

سطح محدود آن بود. ارتفاع هیپ در زمان شیرگیری (۰/۰۱) و میزان رشد آن در دوره پیش از شیرگیری (۰/۰۱) ($p=$) کل دوره آزمایش (۰/۰۵) ($p=$) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن بود. عرض هیپ در انتهای دوره آزمایش (۰/۰۲) ($p=$) و میزان رشد آن در دوره پس از شیرگیری (۰/۰۱) ($p=$) و کل دوره آزمایش (۰/۰۲) ($p=$) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن بود.

سطح تغذیه جایگزین شیر تأثیری بر نتیجه‌های رشد اسکلتی مانند دور سینه و طول بدن نداشت. ارتفاع جدوگاه در انتهای دوره آزمایش (۰/۰۴) ($p=$) و میزان رشد آن در کل دوره آزمایش (۰/۰۳) ($p=$) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن بود. دور شکم در زمان شیرگیری (۰/۰۵) ($p=$) و انتهای دوره آزمایش (۰/۰۲) ($p=$) و همین‌طور میزان رشد آن در دوره پیش (۰/۰۵) ($p=$) و پس از شیرگیری (۰/۰۵) ($p=$) و در کل دوره (۰/۰۲) ($p=$) در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر بیش‌تر از گوساله‌های تغذیه شده با

جدول ۵- اثر سطح تغذیه جایگزین شیر (محدود در مقابل متوسط) بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی
Table 5. Effect of milk replacer levels (restricted vs. moderated; RPN vs. MPN) on skeletal growth in cold-stressed neonatal Holstein calves

P-value	سطح معنی‌داری	Experimental treatments تیمارهای آزمایش		
		خطای استاندارد میانگین SEM	MPN	LPN
Treat	تیمار			
0.50	0.56	80.9	80.4	Hearth girth (cm) (سانتی‌متر) دور سینه
0.22	0.74	104.9	103.6	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.30	1.01	116.5	115.0	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.22	0.74	24.0	23.2	Hearth girth change (cm) (سانتی‌متر) رشد دور سینه
0.88	0.76	11.6	11.4	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.30	1.01	35.6	34.6	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش
0.62	0.52	78.5	78.8	Withers height (cm) (سانتی‌متر) ارتفاع جدوگاه
0.40	0.39	91.4	90.9	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.04	0.56	99.7 ^a	98.3 ^b	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.40	0.39	12.9	12.1	Withers height change (cm) (سانتی‌متر) رشد ارتفاع جدوگاه
0.12	0.43	8.3	7.4	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.03	0.56	21.2 ^a	19.5 ^b	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش
0.43	0.32	43.1	42.7	Body length (cm) (سانتی‌متر) طول بدن
0.12	0.21	51.0	50.5	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.96	0.35	55.6	55.6	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.21	0.21	7.9	7.8	Body length change (cm) (سانتی‌متر) افزایش طول بدن
0.28	0.32	4.6	5.1	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.96	0.35	12.5	12.9	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش
0.54	0.51	84.5	83.9	Body depth (cm) (سانتی‌متر) عمق بدن
0.05	0.31	115.2 ^a	112.0 ^b	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.02	0.60	145.2 ^a	139.9 ^b	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.05	0.31	30.7 ^a	28.1 ^b	Body depth change (cm) (سانتی‌متر) رشد عمق بدن
0.05	0.48	30.0 ^a	27.9 ^b	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.02	0.60	60.7 ^a	56.0 ^b	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش
0.32	0.51	80.0	80.7	Hip height (cm) (سانتی‌متر) ارتفاع هیپ
0.01	0.31	94.1 ^a	92.9 ^b	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.05	0.60	101.8	100.5	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.01	0.31	14.1 ^a	12.2	Hip height change (cm) (سانتی‌متر) رشد ارتفاع هیپ
0.89	0.48	7.7	7.6	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.05	0.60	21.8 ^a	19.8 ^b	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش
0.32	0.12	14.0	14.2	Hip width (cm) (سانتی‌متر) عرض هیپ
0.52	0.15	19.0	19.1	Initial (d 1) (روز یک) ورود به طرح
0.02	0.19	23.9 ^a	23.0 ^b	Weaning (d 61) (روز ۶۱) از شیرگیری
				Final (d 91) (روز ۹۱) پایان دوره آزمایش
0.52	0.15	5.0	4.9	hip width change (cm) (سانتی‌متر) رشد عرض هیپ
0.01	0.16	4.9 ^a	3.9 ^b	Pre weaning پیش از شیرگیری
0.02	0.19	9.9 ^a	8.8 ^b	Post weaning پس از شیرگیری
				Overall کل دوره آزمایش

a,b: Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

a,b: Means within a row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

آغازین نداشت که هم‌سو با یافته‌های دیگران است که سطح محدود (۴ لیتر در روز) و متوسط (۶ لیتر در روز) جایگزین شیر را به گوساله‌ها تغذیه کردند (Silper et al., 2014). افزایش در انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر در کل دوره آزمایش به دلیل افزایش در چربی خام مصرفی بود. افزایش مصرف مواد مغذی در دوره پس از شیرگیری در مقایسه با دوره پیش از شیرگیری هم‌سو با یافته‌های دیگران بود (Kargar et al., 2021). مواد مغذی (به‌ویژه انرژی) دریافتی بیش‌تر سبب افزایش وزن و رشد اسکلتی (به‌ویژه ارتفاع جدوگاه، دور شکم، ارتفاع و عرض هیپ) بیش‌تر در گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر در مقایسه با گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود آن شد که هم‌سو با یافته‌های دیگران است (Silper et al., 2014). یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های استراتژی تغذیه گوساله برای رشد سریع در دوره پیش از شیرگیری حفظ افزایش وزن ایجاد شده در زمان شیرگیری و پس از آن است (Rosenberger et al., 2017). بر اساس این آزمایش مقدار جایگزین شیر تغذیه شده در گروه تغذیه سطح متوسط برای تحریک نمو بهتر گوساله‌ها کافی بوده (هر چند امکان بهتر شدن آن هم وجود داشت) و آثار مثبتی بر افزایش وزن و رشد اسکلتی در دوره پس از شیرگیری نشان داد. استراتژی مدیریتی اتخاذ شده که شامل نگاه‌داشتن گوساله‌ها در همان جایگاه‌های انفرادی تا یک ماه پس از شیرگیری و تغذیه با همان خوراک آغازین و نیز پرهیز از ایجاد هر گونه تنش به جز تنش شیرگیری ممکن است در رسیدن به حفظ افزایش وزن ایجاد شده در دوره پیش از شیرگیری در زمان شیرگیری و پس از آن کمک کننده بوده باشد (Silper et al., 2014).

نتیجه‌گیری کلی

تغذیه سطح متوسط جایگزین شیر سبب افزایش مصرف مواد مغذی در دوره پیش از شیرگیری شد اما تأثیری بر خوراک آغازین مصرفی در دوره پیش و پس از شیرگیری نداشت. میزان مواد مغذی دریافتی بیش‌تر (به‌ویژه چربی خام و انرژی قابل سوخت و ساز) در کل دوره آزمایشی سبب افزایش وزن و رشد اسکلتی شد. از این روی، تغذیه سطح متوسط جایگزین شیر در شرایط تنش سرمایی قابل توصیه است.

در طول دوره آزمایش متوسط دمای بیشینه، میانگین و کمینه به‌ترتیب ۱۱/۱، ۳/۰ و ۴/۹- درجه سانتی‌گراد بود. حد پایین دمای بحرانی در گوساله‌هایی با سن زیر سه هفته یا بیش‌تر از آن به‌ترتیب ۱۵ و ۵ درجه سانتی‌گراد است که در دماهای کم‌تر از آن ساز و کارهای سوخت و سازی برای گرم نگه داشتن بدن فعال می‌شوند (Drackley, 2008; Arieli et al., 1995; Young, 1981; Young, 1983). از این روی، نیاز نگهداری به انرژی افزایش پیدا کرده و انرژی قابل سوخت و ساز بیش‌تری برای تأمین آن نیاز است (Young, 1981; Young, 1983). از آن جایی که دمای هوا ثبت شده در آزمایش حاضر کم‌تر از حد پایین دمای بحرانی گوساله‌ها بود انتظار می‌رفت که در گوساله‌های تغذیه شده با سطح کم جایگزین شیر میزان رشد کاهش پیدا بکند (Silper et al., 2014). میزان ماده خشک دریافتی از جایگزین شیر نسبت به توصیه‌های انجام شده که به ترتیب ۱/۵ و ۲/۰ درصد وزن بدن در هفته‌های اول و دوم (به بعد تا شیرگیری) پس از تولد است (Drackley, 2008). در گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود در مقایسه با سطح متوسط کم‌تر بود به گونه‌ای که برای نمونه گوساله‌های تغذیه شده با سطح محدود شیر نسبت به توصیه‌ها در هفته اول ۱۷۲ گرم در روز ماده خشک کم‌تری از جایگزین شیر دریافت کردند اما گوساله‌های تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر نسبت به توصیه‌ها در هفته اول ۴۶ گرم در روز ماده خشک بیش‌تری از جایگزین شیر دریافت کردند. به‌هر حال، حتی با تغذیه سطح متوسط جایگزین شیر گوساله‌ها در هفته دوم نسبت به توصیه‌ها ۱۵۴ گرم در روز ماده خشک کم‌تری از جایگزین شیر دریافت کردند که امکان تغذیه سطوح زیادتر شیر (حدود ۷/۵ لیتر در روز) را برای رشد بیش‌تر و استاندارد دیکته می‌کند (Drackley, 2008; Silper et al., 2014). تفاوت در ماده مغذی مصرفی بین دو گروه در دوره پیش از شیرگیری و زیادی آن در گروه تغذیه شده با سطح متوسط جایگزین شیر ناشی از تأثیر مستقیم تیمار اعمال شده است که مواد مغذی بیش‌تری را برای مصرف گوساله‌ها فراهم آورده است (Silper et al., 2014). اثر کم‌کنندگی خوراک آغازین مصرفی با تغذیه سطوح زیاد (۸ لیتر در روز و بیش‌تر) خوراک مایع در پژوهش‌های پیشین نشان داده شده است (Rosenberger et al., 2017; Khan et al., 2007). به‌هر حال، در پژوهش حاضر سطح تغذیه جایگزین شیر کم‌تر از پژوهش‌های پیشین ذکر شده بود و تأثیری بر خوراک آغازین مصرفی و همین‌طور مواد مغذی دریافتی از خوراک

References

- Ames, D. (1980). Thermal environment affects production efficiency of livestock. *BioScience*, 30(7), 457-460.
- Ansari, M., Kargar, S., Eslami, M. A., Falahati, R., Albenzio, M., Caroprese, M., Zamiri, M. J., & Kanani, M. (2022). Potential benefits of early-life supplementation of liquid feed with fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds or oregano (*Origanum vulgare*) leaves on growth, health, and blood metabolites in Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 105, 6639-6653. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21776>.
- AOAC International. (2002). Official Methods of Analysis. 17th ed. AOAC International.
- Arieli, A., Schrama, J. W., Van-Der-Hel, W., & Verstegen, M. W. A. (1995). Development of metabolic partitioning of energy in young calves. *Journal of Dairy Science*, 78, 1154-1162.

- de Passille, A. M., Rabeyrin, M., & Rushen, J. (2016). Associations between milk intake and activity in the first days of a calf's life and later growth and health. *Applied Animal Behaviour Science*, 175, 2–7.
- Drackley, J. K. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 55–86.
- Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. J., & Jones, C. M. (2016). A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of dairy science*, 99(8), 6206–6214.
- Gerbert, C., Fritten, D., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Stefaniak, T., Bajzert, J., Jawor, P., Tuchscherer, A., & Hammon, H. M. (2018). Effects of ad libitum milk replacer feeding and butyrate supplementation on behavior, immune status, and health of Holstein calves in the postnatal period. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7348–7360.
- Holt, S. D. (2014). *Ambient temperature, calf intakes, and weight gains on preweaned dairy calves*. Utah State University.
- Kargar, S., Nowroozinia, F., & Kanani, M. (2021). Feeding fennel (*Foeniculum vulgare*) seed as potential appetite stimulant to newborn Holstein dairy calves: Effects on meal pattern, ingestive behavior, orosensorial preference, and feed sorting. *Animal Feed Science and Technology*, 278, 115009.
- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Ki, K. S., Hur, T. Y., Suh, G. H., Kang, S. J., & Choi, Y. J. (2007). Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3376–3387.
- Nonnecke, B. J., Foote, M. R., Miller, B. L., Fowler, M., Johnson, T. E., & Horst, R. L. (2009). Effects of chronic environmental cold on growth, health, and select metabolic and immunologic responses of preruminant calves. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 6134–6143.
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci.
- Ollivett, T. L., Nydam, D. V., Linden, T. C., Bowman, D. D., & Van Amburgh, M. E. (2012). Effect of nutritional plane on health and performance in dairy calves after experimental infection with *Cryptosporidium parvum*. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241(11), 1514–1520.
- Olson, D. P., Papasian, C. J., & Ritter, R. C. (1980). The effects of cold stress on neonatal calves: I. Clinical condition and pathological lesions. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 44(1), 11–18.
- Raeth-Knight, M., Chester-Jones, H., Hayes, S., Linn, J., Larson, R., Ziegler, D., ... & Broadwater, N. (2009). Impact of conventional or intensive milk replacer programs on Holstein heifer performance through six months of age and during first lactation. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 799–809.
- Rosenberger, K., Costa, J. H. C., Neave, H. W., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 504–512.
- Silper, B. F., Lana, A. M. O., Carvalho, A. U., Ferreira, C. S., Franzoni, A. P. S., Lima, J. A. M., ... & Coelho, S. G. (2014). Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *Journal of dairy science*, 97(2), 1016–1025.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., & Van Amburgh, M. E. (2012). Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 783–793.
- 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.
- Young, B. A. (1981). Cold stress as it affects animal production. *Journal of animal science*, 52(1), 154–163.
- Young, B. A. (1983). Ruminant cold stress: Effect on production. *Journal of Animal Science*, 57(6), 1601–1607.