نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۶، بهـــار ۱۳۹۹
ص‌ص: ۱۷~۳۰

اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر عملکرد رشد و فراسنجه‌های خونی گوساله های هلشتاین قبل و بعد از شیرگیری

- **احسان محجوبی**
استادیار گروه علوم دامی دانشگاه زنجان.
- **امیر ارمکان**
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه زنجان.
- **مهدی حسین یزدی**
استادیار گروه علوم دامی دانشگاه اراک.
- **داود زحمتکش** (نویسنده مسئول)
استادیار گروه علوم دامی دانشگاه زنجان.

تاریخ دریافت : مهر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش : بهمن ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۶۱۵۴۸۸۶
Email: zahmatkesh@znu.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2019.123406.1775

چکیده

به منظور بررسی اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر عملکرد رشد و فراسنجه های خونی گوساله های هلشتاین از ۳۶ راس گوساله هلشتاین در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد بدون افزودنی ((B0، ۲) گروه شاهد + ٤ گرم در روز اسید بوتیریک در شیر (B4)، و ۳) گروه شاهد + ۸ گرم در روز اسید بوتیریک در شیر (B8). در طول آزمایش به خوراک و آب به صورت آزاد دسترسی داشتند. وزن بدن در زمان شیرگیری و پایان دوره در B4 و B8 تمایل به افزایش داشت (P = ۰/۰۸). افزایش وزن روزانه به طور معنی داری (P < ۰/۰۱) در دوره پیش از شیرگیری تحت تأثیر تیمار قرار گرفت به طوری که B0 کمترین افزایش وزن روزانه را داشت ولی تفاوتی بین B4 و B8 مشاهده نشد. استارتر مصرفی در دوره پیش از شیرگیری (P < ۰/۰۱)، پس از شیرگیری (P = ۰/۰٤) و کل دوره (P < ۰/۰۱) برای B0 کمتر از دو گروه دیگر بود ولی بین B4 و B8 تفاوتی وجود نداشت. غلظت گلوکز، پروتئین کل و آلبومین سرم در دوره پیش از شیر گیری تفاوتی بین تیمارها نداشت ولی غلظت BHBA در گروه B0 کمتر از سایر گروه ها بود (P < ۰/۰۱). میانگین امتیاز مدفوع پیش از شیرگیری بین تیمارها تفاوتی نشان نداد. در کل نتایج این پژوهش برای اولین بار نشان داد که افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل می تواند اثرات مثبتی بر بهبود عملکرد در پی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: اسید بوتیریک، شیر کامل، گوساله، عملکرد تولیدی

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 126 pp: 17-30

Effect of adding butyric acid to whole milk on growth performance and blood parameters of Holstein calves in pre-weaning and post-weaning

By: Ehsan Mahjoubi[1], Amir Armakan[1], Mehdi Hossein Yazdi[2], Davood Zahmatkesh[1*]
[1] Department of Animal Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
[2] Department of Animal Science, Arak University, Arak, Iran.

Received: October 2018 **Accepted: February 2019**

In order to evaluate the effect of adding butyric acid to whole milk on growth performance and blood parameters of Holstein calves, 36 calves were used in a completely randomized design. The experimental treatments were: 1) control group without any additive (B0); 2) B0 + 4 grams per day of added butyric acid in milk (B4); and 3) B0 + 8 grams per day of added butyric acid in milk (B8). The calves had free access to feed and water during the experiment. Body weight at weaning and end of experiment tended to increase in B4 and B8 compared to B0 (P = 0.08). Average daily gain was significantly (P < 0.01) affected by treatment during the pre-weaning, so that B0 had the lowest daily gain, but no difference was observed between B4 and B8. The starter intake was less in B0 compared to the other two groups during pre-weaning period (P < 0.01), post-weaning, (P = 0.04) and throughout study (P < 0.01), but there was no difference between B4 and B8. The serum concentrations of glucose, total protein and albumin within pre-weaning were not significantly different among treatments, but BHBA concentration was lower in B0 group than in other groups (P < 0.01). There was no difference among treatments in terms of average fecal score. In general, for the first time, the results of this study showed that adding butyric acid to the whole milk can have positive effects on improving performance.

Key words: Butyric acid, whole milk, calf, productive performance.

مقدمه

پرورش گوساله‌ای که افزایش وزن بالایی در دوره پیش از شیرگیری دارد و در عین حال بروز اسهال کمی را تجربه می کند، از اهداف هر گله گاو شیری محسوب می شود. داشتن دستگاه گوارشی توسعه یافته در رشد و نمو گوساله اثر محسوسی دارد و یکی از محرک های رشد طبیعی که موجب رشد و نمو دستگاه گوارش و به ویژه شکمبه گوساله می گردد اسید بوتیریک می باشد (Guilloteau و همکاران، ۲۰۱۰b). اسید بوتیریک به طور طبیعی، ولی در مقادیر کم (۰/۱۶ گرم در لیتر؛ Guilloteau و همکاران، ۲۰۱۰a)، در شیر گاو وجود دارد، که در همین مقادیر کم نیز اثرات خود را می گذارد. از لحاظ وزنی چربی شیر گاو حدود ۲ تا ۴ درصد اسید بوتیریک دارد (Palmquist و همکاران، ۱۹۹۳). با این حال، اغلب شیر خشک ها دارای مقادیر کم و یا فاقد اسید بوتیریک هستند (Górka و همکاران، ۲۰۱۸).

اغلب پژوهش های انجام شده در گوساله ها در دوره پیش از شیرگیری با افزودن اسید بوتیریک به شیر خشک انجام گرفته است. افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر به طور برجسته ای روده کوچک و رشد پانکراس و عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می دهد (Górka و همکاران، ۲۰۱۸). این محرک رشد تقسیم سلولی را افزایش می دهد و شاخص مرگ سلولی در اپیتلیوم ژئوژنومی را کم می کند (Guilloteau و همکاران، ۲۰۰۹ ؛

Górka و همکاران، ۲۰۱۱b). از لحاظ عملکرد رشد، استفاده از اسید بوتیریک در جایگزین شیر افزایش وزن روزانه دام ها را در بسیاری از مطالعات (Hill و همکاران، ۲۰۰۷؛ Guilloteau و همکاران، ۲۰۰۹ ؛ Górka و همکاران، ۲۰۱۱a، ۲۰۱۴) افزایش داد ولی در برخی دیگر از پژوهش ها چنین اثری نداشته است (Kato و همکاران، ۲۰۱۱؛ Araujo و همکاران، ۲۰۱۵ ؛ Frieten و همکاران، ۲۰۱۷). افزودن بوتیرات به جایگزین شیر همچنین احتمال اسهال در گوساله ها را کاهش می دهد (Hill و همکاران، ۲۰۰۷؛ Górka و همکاران، ۲۰۱۱a). همچنین در ترکیب با اسیدهای چرب فعال نظیر اسید لینولنیک، افزودن اسید بوتیریک منجر به بهبود عملکرد رشد، بازده هضم مواد مغذی و تعدیل پاسخ های ایمنی شده است (Hill و همکاران، ۲۰۱۶) در مجموع، به نظر می رسد که افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر منجر به بازده بیشتر هضم مواد مغذی و نیز رشد بهتر حیوان می شود و این انتظارات در بیشتر پژوهش ها به اثبات رسیده است (Górka و همکاران، ۲۰۱۸).

همان طور که ذکر شد همه پژوهش های انجام شده بر افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر معطوف بوده اند و با بررسی منابع انجام شده اثر افزودن این محرک رشد را به شیر کامل گاو بر عملکرد و فراسنجه های خونی بررسی نشده است. بنابراین، هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر افزودن اسید بویتریک به شیر کامل گاو بر عملکرد رشد، بروز اسهال و فراسنجه های خونی بود. فرضیه ما این بود که اثرات مثبت افزودن این محرک رشد که در پژوهش های پیشین به دست آمده است در زمان افزودن به شیر کامل نیز مشاهده خواهد شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در فاصله مرداد تا مهر ماه سال ۹۶ در کشت و صنعت مگسال قزوین انجام شده است. ۳۶ رأس گوساله ماده با وزن (۲/۳ ± ۳۸/۷) به طور تصادفی به ۳ تیمار آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارها عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد بدون افزودن اسید بوتیریک، ۲) افزودن ۴ گرم اسید بوتیریک (,GUSTOR® Norel Co. Spain) به شیر از روز سوم تا شیرگیری و ۳) افزودن ۸ گرم اسید بوتیریک به شیر از روز سوم تا شیرگیری. دوز انتخابی بر اساس میانگین اعداد بیان شده در مقالات به دست آمد بدین نحو که چون چربی شیر کامل حاوی ۲-۴ درصد اسید بوتیریک است (میانگین ۳ درصد که معادل حدود ۴ گرم با مصرف ۴ لیتر شیر در روز می شود)، سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ درصد مقدار اسید بوتیریک موجود در شیر مورد مقایسه قرار گرفتند. حدود یک ساعت پس از تولد، گوساله ها از مادر جدا شده و به باکس های انفرادی زایشگاه منتقل شدند. در ظرف ۴ ساعت اول پس از تولد حدود ۴ لیتر آغوز به آنها داده شد و وعده بعدی آغوز ۱۲ ساعت پس از تولد ارائه شد. روز دوم و سوم نیز به مقدار ۱۰ درصد وزن تولد گوساله ها شیر دریافت کردند و به غرفه های انفرادی پرورشگاه منتقل شدند. برنامه شیردهی به صورت زیر بود: از روز ۴ تا ۱۲ مقدار ۴ لیتر شیر در روز در دو وعده، از روز ۱۳ تا ۴۰ مقدار ۶ لیتر در روز در دو وعده، از روز ۴۱ تا ۵۰ مقدار ۴ لیتر شیر در روز در دو وعده، از روز ۵۱ تا ۵۹ مقدار ۳ لیتر شیر در روز در دو وعده و روز ۶۰ شیرگیری کامل. اسید بوتیریک در وعده صبح (۷ صبح) و عصر (۴ عصر) در حجم مساوی در شیر هر گوساله مخلوط و عرضه شد. گوساله ها در تمام مدت انجام تحقیق به آب و استارتر دسترسی آزاد داشتند. ترکیب استارتر در جدول ۱ گزارش شده است که با استفاده از نرم افزار شورای تحقیقات ملی (۲۰۰۱) متوازن و ساخته شد.

وزن تولد، وزن ورود به آزمایش (روز سوم)، وزن یک ماهگی، وزن از شیر گیری (روز ۶۰) و وزن پایان دوره (روز ۷۴) اندازه گیری شد. افزایش وزن روزانه به صورت تفاضل بین دو وزن کشی و تقسیم عدد بدست آمده بر تعداد روزهای سپری شده محاسبه شده است. برای افزایش وزن کل دوره وزن ابتدایی از وزن انتهایی کسر و تقسیم بر تعداد روزهای آزمایشی گردید. خوراک مصرفی با استفاده از تفاضل بین خوراک ریخته شده در روز قبل و خوراک باقیمانده در روز بعد برای هر گوساله به طور روزانه اندازه گیری گردید. هر هفته نمونه های خوراک گرفته شد و در آخر دوره نمونه ها با هم ترکیب شدند تا یک نمونه واحد به

دست آید. نمونه به دست آمده برای اندازه گیری ماده خشک، پروتئین خام، عصاره اتری (AOAC، ۱۹۹۵) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (VanSoeat et al., 1991) مورد آزمایش قرار گرفت.

امتیاز مدفوع بر اساس پژوهش Osorio و همکاران (۲۰۱۲) ثبت و اندازه گیری شد که امتیاز ۱) طبیعی و قوام دار (اما نه سخت)، ۲) خمیری (نرم تا شل)، ۳) شل ولی هنوز روی بستر باقی می‌ماند و ۴) آبکی بودند.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره آغازین (بر اساس درصد ماده خشک)

اقلام	درصد
علف خشک یونجه	۸/۴۳
دانه جو	۱۱/۸۲
دانه ذرت	۳۸/۶۹
کنجاله سویا	۳۰/۸۴
کنجاله جرم ذرت	۲/۵۲
دانه سویا	۱/۹۵
کربنات کلسیم	۰/۷۲
نمک	۰/۷۲
جوش شیرین	۰/۷۲
مکمل معدنی-ویتامینه[۱]	۳/۱۶
بیوتکس[۲]	۰/۳۷
مونسین	۰/۰۵
لووسل[۳]	۰/۰۲
ترکیب مواد مغذی	
ماده خشک، درصد	۹۱/۲
پروتئین خام، درصد ماده خشک	۲۰/۶
عصاره اتری، درصد ماده خشک	۲/۹۲
NDF، درصد ماده خشک	۱۸/۴۱
ME، مگاکالری در کیلوگرم[۴]	۲/۹۴
NEg، مگاکالری در کیلوگرم[۴]	۱/۶۸
NEm، مگاکالری در کیلوگرم[۴]	۲/۲۰

[۱] مکمل معدنی-ویتامینه حاوی ۷۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۶۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D، ۱۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۱۰۰۰ میلی گرم مونسین، ۲۵ درصد کلسیم، ۲۰ درصد منیزیم، ۸ میلی گرم کبالت، ۸۰۰ میلی گرم مس، ۴۰ میلی گرم ید، ۳۲۰۰ میلی گرم منگنز، ۱۰ میلی گرم سلنیوم، ۳۰۰۰ میلی گرم روی بود.

[۲] B.I.OTox®، شرکت Biochem

[۳] مخمر لووسل (Levucell SC)، شرکت Lallemand

[۴] برآورد شده توسط نرم افزار NRC (۲۰۰۱)

نمونه‌های خون به مقدار ۷ سی سی، ۳ ساعت پس از خوراکدهی صبح و از ورید وداج با استفاده از لوله های تحت خلاء بدون ماده ضد انعقاد (Vacumed ® no additive, FL medical, Italy) در سن ۴، ۳۰، ۶۰ و ۷۴ روزگی گرفته شد. نمونه‌های سرم به دنبال سانتریفیوژ در ۲۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه جمع آوری و در ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای آنالیزهای بعدی منجمد شدند. نمونه‌های سرم برای غلظت‌های گلوکز (glucose oxidase-phenol 4-aminoantipyrine peroxidase method) با استفاده از کیت های تجاری پارس آزمون و بتا- هیدروکسی بوتیرات (Randox, Abbott Diabetes Care Ltd., Witney, UK) و با دستگاه اسپکتروفتومتر آنالیز شدند.

همه داده ها (خوراک مصرفی، وزن بدن، افزایش وزن روزانه و فراسنجه های خونی) با روش MIXED (MIXED procedure) و با رویه داده های تکرار شده در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مدل نهایی شامل اثر ثابت تیمار و زمان و اثر متقابل آنها، اثر تصادفی گوساله و اثر اشتباه آزمایشی بود.

وزن اولیه و متابولیت‌های خونی به دست آمده در سن ۳ روزگی به عنوان کووریت استفاده شدند و در صورت عدم معنی‌داری ($P > ۰/۱$) از مدل خارج شدند. برای همگن تر ساختن داده های مربوط به امتیاز مدفوع، ریشه دوم همه آنها گرفته شد. اسهال به صورت امتیاز مدفوع ۲ و بالاتر در نظر گرفته شد و به همین ترتیب طبقه بندی شدند. پس از بررسی، مجذور داده های به دست آمده مجدداً در جدول ۴ گزارش شد (Mahjoubi و همکاران، ۲۰۱۷). از یک مدل چند متغیره رگرسیون مختلط برای تجزیه و تحلیل داده های مذکور استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین حداقل مربعات (LSMeans) گزارش شدند و تفاوت‌های آماری در $P < ۰/۰۵$ و تمایل به معنی‌داری در $۰/۰۵ < P < ۰/۱$ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از گزاره PDIFF انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ حاوی داده های مربوط به وزن بدن، و عملکرد تولیدی است. وزن بدن در ابتدای آزمایش تفاوتی بین تیمارها نداشت. اما، وزن بدن در ماه اول و زمان شیرگیری و همچنین در پایان دوره تمایل به معنی داری ($P= ۰/۰۸$) داشت به نحوی که گوساله های دریافت کننده اسید بوتیریک وزن بدن بالاتری داشتند.

اگرچه تفاوت معنی داری بین تیمارها، به جز ماه دوم، در افزایش وزن روزانه وجود نداشت (جدول ۲)، ولی گوساله های تیمارهای دریافت کننده اسید بوتیریک به طور معنی داری در دو ماه اول ($P < ۰/۰۱$) و نیز کل دوره ($P = ۰/۰۳$) افزایش وزن روزانه بالاتری داشتند.

جدول ۲- اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر وزن بدن، افزایش وزن روزانه، ماده خشک مصرفی و بازده خوراک

	تیمار[1]				سطح معنی داری			مقایسه ها (Contrast)
	B0	B4	B8	SEM	تیمار	روز	روز×تیمار	شاهد در مقابل اسید بوتیریک
وزن بدن، کیلوگرم								
روز ۴ (شروع)	۳۸/۲	۳۸/۷	۳۹/۱	۲/۳۰	۰/۷۳	–	–	۰/۵۰
روز ۳۰	۴۸/۲	۵۰/۱	۴۹/۹	۳/۱۵	۰/۲۰	–	–	۰/۰۸
روز ۶۰ (پیش از شیرگیری)	۶۹/۶	۷۱/۴	۷۲/۰	۷/۲۰	۰/۲۰	–	–	۰/۰۸
روز ۷۴ (پس از شیرگیری)	۸۵/۱	۸۴/۲	۸۵/۵	۵/۶۵	۰/۵۴	–	–	۰/۸۲
میانگین افزایش وزن روزانه (کیلوگرم/روز)								
روز ۴-۳۰	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۱۷	–	–	۰/۰۶
روز ۳۱-۶۰	۰/۶۶	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۰۴	۰/۰۶	–	–	۰/۰۲
روز ۴-۶۰ (پیش از شیرگری)	۰/۵۴[b]	۰/۶۲[a]	۰/۶۳[a]	۰/۰۳	۰/۰۳	–	–	< ۰/۰۱
روز ۶۱-۷۴ (پس از شیرگیری)	۱/۰۱	۰/۹۴	۱/۰۳	۰/۰۳	۰/۵۳	–	–	۰/۷۶
کل دوره	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۰۲	۰/۰۸	–	–	۰/۰۳
ماده خشک مصرفی (گرم / روز)								
روز ۴-۳۰	۵۸۰/۲ [b]	۶۶۳/۳ [a]	۶۷۸/۱ [a]	۱۷/۷۸	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱
روز ۳۱-۶۰	۱۳۱۲/۴ [b]	۱۴۵۴/۴ [a]	۱۴۹۸/۷ [a]	۳۱/۷۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۱۳	< ۰/۰۱
روز ۴-۶۰ (پیش از شیرگری)	۹۶۵/۵ [b]	۱۰۷۹/۶ [a]	۱۱۱۰/۰ [a]	۱۷/۸۵	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۲	< ۰/۰۱
روز ۶۱-۷۴ (پس از شیرگیری)	۲۰۶۳/۹	۲۱۹۵/۶	۲۲۶۲/۴	۶۴/۲۳	۰/۰۹	< ۰/۰۱	۰/۶۸	۰/۰۴
کل دوره	۱۱۸۲/۱[b]	۱۲۹۹/۷ [a]	۱۳۳۷/۲ [a]	۱۸/۷۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۶	< ۰/۰۱
استارتر مصرفی (گرم / روز)								
روز ۴-۳۰	۷۲/۱	۱۲۱/۸	۱۰۵/۰	۱۸/۴۰	۰/۱۶	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۷
روز ۳۱-۶۰	۷۵۰/۸[b]	۹۰۰/۶ [a]	۹۵۹/۹ [a]	۳۱/۴۶	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۱۵	< ۰/۰۱
روز ۴-۶۰ (پیش از شیرگری)	۴۲۹/۳ [b]	۵۳۱/۷ [a]	۵۵۴/۹ [a]	۱۷/۷۳	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۲	< ۰/۰۱
روز ۶۱-۷۴ (پس از شیرگیری)	۲۰۶۳/۹	۲۱۹۵/۶	۲۲۶۲/۴	۶۴/۲۳	۰/۰۹	< ۰/۰۱	۰/۶۸	۰/۰۴
کل دوره	۷۵۱/۷[b]	۸۵۹/۸ [a]	۸۹۱/۶ [a]	۱۸/۶۴	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۶	< ۰/۰۱
روزها تا مصرف ۱ کیلو استارتر (۳ روز متوالی)	۵۳	۴۹/۵	۴۸/۵	۱/۴۷	۰/۰۹	–	–	۰/۰۴
بازده خوراک								
روز ۴-۳۰	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۰۰۳	۰/۸۱	–	–	۰/۶۵
روز ۳۱-۶۰	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۸۵	–	–	۰/۶۰
روز ۴-۶۰ (پیش از شیرگری)	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۰۰۱	۰/۶۰	–	–	۰/۴۷
روز ۶۱-۷۴ (پس از شیرگیری)	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۰۱	۰/۳۶	–	–	۰/۲۰
کل دوره	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۰۰۰۲	۰/۸۷	–	–	۰/۶۰
قد (سانتی متر)								
روز ۴ (شروع)	۷۶/۱۷	۷۶/۱۷	۷۷/۹۲	۱۲/۲۵	۰/۵۳	–	–	۰/۱۷
روز ۳۰	۸۱/۶۸	۸۲/۰۹	۸۰/۴۰	۷/۶۳	۰/۲۳	–	–	۰/۶۰
روز ۶۰ (پیش از شیرگری)	۸۷/۸۷	۸۸/۷۸	۹۰/۰۲	۱۳/۹۲	۰/۳۳	–	–	۰/۴۷
روز ۷۴ (پس از شیرگیری)	۹۲/۲۷	۹۲/۲۵	۹۱/۶۴	۱/۴۱	۰/۵۶	–	–	۰/۵۸

[1] تیمار ها عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد بدون افزودنی در شیر (B0)؛ ۲) B0 + ۴ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B4) و ۳) B0 + ۸ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B8).

[a-c] در هر ردیف نشاندهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

– خط تیره به این معنی است که برای فراسنجه مورد نظر اثرات زمان و اثر تقابل زمان در تیمار به دلیل اندازه گیری مقطعی (نه در طول زمان) برآورد نشده است.

در بیشتر پژوهش های انجام شده، افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر یا استارتر موجب بهبود عملکرد رشد گوساله گردیده است (Hill و همکاران، ۲۰۰۷؛ Guilloteau و همکاران، ۲۰۰۹ ؛ Górka و همکاران، ۲۰۱۱a، ۲۰۱۴) که در توافق با داده های به دست آمده در پژوهش حاضر است؛ با این حال برخی محققین دیگر هیچ اثری از افزودن اسید بوتیریک بر عملکرد گوساله مشاهده نکرده اند (Kato و همکاران، ۲۰۱۱؛ Araujo و همکاران، ۲۰۱۵ ؛ Frieten و همکاران، ۲۰۱۷). بخشی از این تفاوت ها به دلیل نوع نمک اسید بوتیریک استفاده شده است و برخی دیگر به دلیل سن گوساله در زمان وارد کردن اسید بوتیریک به جیره می باشد. به عنوان مثال Guilloteau و همکاران (۲۰۱۰a) ثابت کردند وقتی اسید بوتیریک از روز ۱۲ پس از تولد به گوساله ها عرضه شد، اثر برجسته‌ای مشاهده نشد. بخش اعظم مقالات نشان می دهند که بیشترین اثر اسید بوتیریک در هفته اول پس از تولد است (برای مثال: Niwińska و همکاران، ۲۰۱۷) که این اثر در پژوهش کنونی نیز به وضوح مشاهده شده است. به طور کلی اسید بوتیریک می تواند عملکرد تولیدی پیش از نشخوارکنندگی کامل را از طریق مسیرهای زیر افزایش دهد: ۱) تقویت توسعه پرزهای شکمبه، که موجب افزایش جذب مواد مغذی می شود، ۲) افزایش مصرف کنسانتره که به نوبه خود موجب فراهمی بیشتر مواد مغذی می گردد، ۳) کاهش وقوع اسهال و استفاده از الکترولیت درمانی (Hill و همکاران، ۲۰۰۷؛ Górka و همکاران، ۲۰۰۹)، ۴) اثر تحریکی بر رشد و فعالیت روده کوچک و پانکراس (Guilloteau و همکاران، ۲۰۱۰b) و در نهایت ۵) افزایش غلظت پلاسمایی گلوکز (Nazari و همکاران، ۲۰۱۲) که نشان دهنده بهبود متابولیسم انرژی است. فزون بر آن، Kato و همکاران (۲۰۱۱) بهبود حساسیت بافت ها به انسولین را دلیل دیگری در افزایش عملکرد گونه های مختلف تغذیه شده با مکمل اسید بوتیریک بر شمرده‌اند.

در دوره پیش از شیرگیری و کل دوره آزمایشی به طور کلی ماده خشک مصرفی اختلاف معنی داری بین تیمارها ($P < ۰/۰۱$) داشت ولی این اختلاف در دوره پس از شیرگیری تمایل به معنی داری داشت ($P = ۰/۰۹$). عمده اختلاف ایجاد شده بین تیمارها از مصرف استارتر ناشی شد که الگوی مشابهی را بین تیمارها بروز داد (جدول ۲)، چرا که شیر مصرفی بین تیمارها یکسان بود. اثر متقابلی بین تیمار و زمان ($P = ۰/۰۲$) برای دوره پیش از شیرگیری وجود داشت به این معنی که گوساله های دریافت کننده اسید بوتیریک در سنین پایین تری مصرف استارتر خود را افزایش داده بودند. تعداد روزها تا رسیدن به یک کیلوگرم استارتر مصرفی در ۳ روز متوالی در تیمارهای مصرف کننده اسید بوتیریک به طور معنی داری کمتر بود ($P = ۰/۰۴$) در حالی که تفاوتی بین B4 و B8 وجود نداشت. با این حال، تفاوتی بر حسب بازده خوراک بین گوساله ها مشاهده نشد و حتی مقایسه مستقل مصرف اسید بوتیریک در مقابل تیمار شاهد هم در هیچ کدام از دوره های زمانی متفاوت نبود (جدول ۲). قد بدن نیز در هیچ کدام از زمان های اندازه گیری تفاوتی را بین تیمارها نشان نداد (جدول ۲).

اثر افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر بر مصرف استارتر ضد و نقیض بوده است (Niwińska و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال با توجه به افزایش وزن بیشتر در ماه اول و دوم در تیمارهای دریافت کننده اسید بوتیریک و افزایش نیازهای بدن و نظر به اینکه شیر مصرفی بین تیمارها یکسان بوده است، افزایش استارتر مصرفی معقول به نظر می رسد. مصرف استارتر در گوساله های جوان اهمیت زیادی دارد چرا که رشد و سلامت پس از شیرگیری را تعیین می کند (Greenwood و همکاران، ۱۹۹۷). علی رغم اثر مثبت جایگزین شیر حاوی اسید بوتیریک بر افزایش وزن در پژوهش Hill و همکاران (۲۰۰۷)، اثری بر استارتر مصرفی مشاهده نکردند؛ شاید به این دلیل که ترکیب شیرخشک با افزودن اسید بوتیریک تغییر یافته بود و سهم آب پنیر در آن کم شده بود. در گوساله های جوان مصرف استارتر به توسعه ظرفیت و حجم شکمبه (Khan و همکاران، ۲۰۰۷؛ Kristensen و همکاران، ۲۰۰۷) و نیز میکروفلور و پرزهای شکمبه بستگی دارد، که بازده هضم و جذب مواد مغذی را تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین،

اگرچه در این مطالعه اندازه گیری نشد، بر طبق نتایج بدست آمده می توان نتیجه گرفت که احتمالاً اسید بوتیریک موجب توسعه بهتر شکمبه و افزایش مصرف خوراک شده است. نتایج حاصل از افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل در مقایسه با نتایج پیشین بایستی با احتیاط تفسیر شود چرا که در پژوهش های پیشین اسید بوتیریک را به جایگزین شیر یا استارتر اضافه کرده بودند.

بازده خوراک تفاوتی در بین تیمارها نشان نداد. این مشاهده در توافق با برخی مطالعات (Kato و همکاران، ۲۰۱۱) و در تعارض با برخی دیگر است (Hill و همکاران، ۲۰۰۷؛ Davarmanesh و همکاران، ۲۰۱۵). این تناقضات ممکن است به دلیل نوع نمک استفاده شده (کلسیمی در برابر سدیمی؛ در این مطالعه هم نوع سدیمی استفاده شده است) و نیز نحوه مصرف باشد به نحوی که به عنوان مثال Davarmanesh و همکاران (۲۰۱۵) از نمک کلسیمی استفاده کرده بودند که تا روز ۲۱ در جایگزین شیر مصرفی افزوده شد و پس از آن در استارتر گنجانده شد. دوز مصرف نیز در این رابطه تأثیر گذار است؛ به طوری که Hill و همکاران (۲۰۰۷) از دوز ۳ درصد ماده خشک جایگزین شیر استفاده کرده بودند در حالی که Kato و همکاران (۲۰۱۱) از دوز پلکانی ۳ تا ۷ گرم بهره برده بودند. با این حال، باید توجه داشت که بازده خوراک محاسبه شده تأییدی بر بلوغ اندام و نمو اندام ، نظیر نمو غده پستانی، در تلیسه های پیش از شیرگیری نخواهد بود (Geiger و همکاران، ۲۰۱۶).

داده های به دست آمده در مورد فراسنجه های خونی در جدول ۳ نشان داده شده است. در دوره پیش از شیرگیری تفاوتی در غلظت گلوکز بین تیمارها دیده نشد؛ با این حال تیمار شاهد در مقایسه با دو گروه دیگر تمایل به داشتن گلوکز بالاتری داشت ($P = ۰/۰۸$). کل پروتئین و آلبومین پلاسما نیز در دوره پیش از شیرگیری بین گروه ها مشابه بودند ($P > ۰/۱۰$). غلظت BHBA در تیمارهای دریافت کننده اسید بوتیریک در دوره پیش از شیرگیری افزایش یافت ($P < ۰/۰۱$).

مطابق با داده های Kato و همکاران (۲۰۱۱) که ثابت کردند اسید بوتیریک موجب افزایش حساسیت بافت ها به انسولین و کاهش گلوکز می گردد، در پژوهش حاضر نیز تیمارهای حاوی اسید بوتیریک غلظت گلوکز کمتری داشتند ($P = ۰/۰۸$). Górka و همکاران (۲۰۱۱a) نشان دادند که گوساله های تغذیه شده با شیر کامل در مقایسه با جایگزین شیر گلوکز بیشتری در خون خود دارند؛ همچنین، افزودن اسید بوتیریک موجب افزایش عددی گلوکز گردید که مخالف با پژوهش حاضر است. به احتمال زیاد دلیل این اختلاف، مربوط به طول دوره آزمایش مورد بررسی است که در پژوهش حاضر شیرگیری در روز ۶۰ رخ داد در حالی که Górka و همکاران (۲۰۱۱a) گوساله ها را در ۲۶ روزگی کشتار کردند. گلوکز به عنوان سوبسترای ترجیحی انرژی در گوساله های پیش نشخوارکنندگی محسوب می شود (Donkin and Armentano، ۱۹۹۵) و شاید این گلوکز کمتر در تیمارهای اسید بوتیریک به عنوان نکته منفی در نظر گرفته شود. اما، این اختلاف چیزی در حدود ۵ میلی گرم در دسی لیتر است و اثر فیزیولوژیکی این سطح از اختلاف هنوز مشخص نشده است. غلظت کمتر گلوکز می تواند ناشی از برداشت سریعتر آن توسط بافت هایی باشد که حساسیت بیشتری به انسولین پیدا کرده اند (Kato و همکاران، ۲۰۱۱). عدم وجود تفاوت در غلظت پروتئین کل و آلبومین نیز نشان می دهد که فراهمی پروتئین برای نمو اندام ها متفاوت نبوده است.

افزایش غلظت BHBA تا حدی قابل انتظار بود و نشان داد که تیمارهای آزمایشی در افزایش تحویل BHBA موفق بوده‌اند. غلظت BHBA به عنوان نشانگر توسعه فعال شکمبه در گوساله های شیرخوار است (Kristensen و همکاران، ۲۰۰۷). این افزایش در BHBA نشان دهنده عملکرد و نمو بهتر شکمبه نیز می باشد به طوری که اثر خود را در استارتر مصرفی بیشتر این گروه ها نمایان کرده بود. Frieten و همکاران (۲۰۱۷) اثری بر BHBA با افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر گزارش نکردند.

جدول ۳- اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر متابولیت های خون.

	تیمار[1]				سطح معنی داری			مقایسه ها (Contrast)
	B0	B4	B8	SEM	تیمار	روز	روز×تیمار	شاهد در مقابل اسید بوتیریک
پیش از شیرگیری								
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	۹۱/۲۵	۸۸/۰۴	۸۶/۴۴	۱/۸۴	۰/۱۸	< ۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۰۸
کل پروتئین (گرم/دسی لیتر)	۶/۴۷	۶/۳۱	۶/۵۰	۰/۱۲	۰/۴۹	< ۰/۰۱	۰/۷۶	۰/۶۶
آلبومین (گرم/دسی لیتر)	۲/۸۵	۲/۷۴	۲/۸۰	۰/۱۳	۰/۵۱	< ۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۳۴
BHBA (میل مول/لیتر)	۰/۱۲ [c]	۰/۱۵ [b]	۰/۱۸ [a]	۰/۰۰۵	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱
پس از شیرگیری								
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	۶۶/۸۰	۵۷/۴۴	۶۵/۷۸	۳/۴۹	۰/۱۳	–	–	۰/۲۳
کل پروتئین (گرم/دسی لیتر)	۴/۲۴[b]	۵/۹۴ [a]	۵/۹۲ [a]	۰/۰۸	< ۰/۰۱	–	–	< ۰/۰۱
آلبومین (گرم/دسی لیتر)	۳/۴۵ [c]	۳/۷۲ [b]	۳/۶۸ [a]	۰/۰۷	۰/۰۲	–	–	۰/۰۱
BHBA (میل مول/لیتر)	۰/۲۲[c]	۰/۳۱ [b]	۰/۳۷ [a]	۰/۰۱	< ۰/۰۱	–	–	< ۰/۰۱
کل دوره								
گلوکز (میلی گرم/دسی لیتر)	۸۵/۱۴	۸۰/۳۹	۸۱/۲۷	۱/۹۰	۰/۱۲	< ۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۰۴
کل پروتئین (گرم/دسی لیتر)	۵/۹۱ [c]	۶/۲۲ [b]	۶/۳۵ [a]	۰/۱۰	۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۰۱
آلبومین (گرم/دسی لیتر)	۳/۰۰	۲/۹۸	۳/۰۲	۰/۰۶	۰/۸۹	< ۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۹۳
BHBA (میل مول/لیتر)	۰/۱۵[c]	۰/۱۹ [b]	۰/۲۲ [a]	۰/۰۰۴	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱

[1] تیمار ها عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد بدون افزودنی در شیر (B0)؛ ۲) B0 + ۴ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B4)؛ و ۳) B0 + ۸ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B8)

[a-c] در هر ردیف نشاندهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

– خط تیره به این معنی است که برای فراسنجه مورد نظر اثرات زمان و اثر تقابل زمان در تیمار به دلیل اندازه گیری مقطعی (نه در طول زمان) برآورد نشده است.

اگرچه غلظت گلوکز در دوره پس از شیرگیری بین تیمارها مشابه بود، ولی غلظت های پروتئین کل، آلبومین و BHBA در تیمار شاهد از دو گروه آزمایشی کمتر بود (P < ۰/۰۱). روند تقریباً مشابهی در کل دوره برای فراسنجه های ذکر شده مشاهده شد، ولی فقط غلظت پروتئین کل و BHBA در کل دوره در تیمار شاهد کمتر از بقیه گروه ها بود (P < ۰/۰۱). Górka و همکاران (۲۰۱۱a) تاثیری از افزودن اسید بوتیریک به جایگزین شیر بر BHBA خون مشاهده نکردند. دلیل این اختلاف ممکن است به سن کم گوساله ها مربوط باشد که در ۲۶ روزگی کشتار شدند و از لحاظ زمانی مجالی برای نشان دادن اثر اسید بوتیریک وجود نداشت. فزون بر آن، سطح مصرف اسید بوتیریک در آن پژوهش به اندازه ۰/۳ درصد میزان حجمی جایگزین شیر بود.

میانگین امتیاز مدفوع تفاوتی در بین تیمارها نشان نداد (جدول ۴). همچنین در میان تیمارها از لحاظ تعداد روزهای با امتیاز بالاتر از ۲

در دوره پیش از شیرگیری و در کل دوره اختلافی مشاهده نشد. تعداد روزهای درمان در ۱۴ روز اول، که عمده مشکلات مربوط به اسهال در این مدت رخ می دهد، به طور معنی داری بین تیمارها متفاوت بود و گروه شاهد بالاترین تعداد روزهای درمان را به خود اختصاص داد (۱/۸ در برابر ۰/۲۵ روز؛ $P < ۰/۰۵$).

جدول ٤- اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر امتیاز مدفوع گوساله ها.

	تیمار[1]				سطح معنی داری			مقایسه ها (Contrast)
	B0	B4	B8	SEM	تیمار	روز	روز×تیمار	شاهد در مقابل اسید بوتیریک
امتیاز مدفوع								
پیش از شیرگیری	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۶	۰/۰۱	۰/۳۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۴۹
کل دوره	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۴	۰/۰۰	۰/۳۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۱	۰/۴۹
تعداد روز با امتیاز مدفوع بالای ۲								
پیش از شیرگیری	۱/۰۴	۱/۰۴	۲/۵۰	۰/۲۶	۰/۱۹	–	–	۰/۳۶
پس از شیر گیری	۰	۰	۰	۰	۰	–	–	–
کل دوره	۱/۰۴	۱/۰۴	۲/۶۰	۰/۲۶	۰/۲۰	–	–	۰/۳۷
تعداد روزهای درمان (۱۴ روز اول)	۱/۸ [a]	۰/۲۵ [b]	۰/۲۵ [b]	۱/۸ [a]	۰/۰۵	–	–	۰/۰۱

[1] تیمار ها عبارت بودند از: ۱) گروه شاهد بدون افزودنی در شیر (B0)؛ ۲) B0 + ۴ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B4)؛ و ۳) B0 + ۸ گرم در روز اسید بوتیریک افزوده شده در شیر تا از شیرگیری (B8)

[a,b] در هر ردیف نشاندهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

بر خلاف فرضیه اولیه این پژوهش، بوتیرات تاثیری بر اسهال یا مدفوع شل دیده نداشت. اسهال با افزودن اسید بوتیریک به استارتر، ولی نه جایگزین شیر، در مطالعه Górka و همکاران (۲۰۱۱b) کاهش یافت. توسعه کمتر روده به عنوان نتیجه‌ای از تغذیه جایگزین شیر به جای شیر کامل، گوساله های تازه به دنیا آمده را به اسهال مستعدتر می کند (Blattler و همکاران، ۲۰۰۱). از آنجایی که در این تحقیق شیر کامل استفاده شده بود، به نظر می رسد مقدار اسید بوتیریک موجود در شیر تا حدی موجب توسعه بافت روده‌ای شده است که حداقل، برای مقابله با اسهال توانایی داشته باشد. نشان داده شده است که هنگامی که اسید بوتیریک در جایگزین شیر افزوده می شود، موجب بهبود عملکرد روده بزرگ می شود و می تواند سلامت دام را بهبود دهد (Guilloteau و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه ای به منظور افزایش اسید بوتیریک در شکمبه با استفاده از خورانیدن ملاس، پژوهشگران دریافتند که علی رغم افزایش در غلظت اسید بوتیریک در شکمبه اثری بر امتیاز مدفوع دیده نشد (Oltramari و همکاران، ۲۰۱۶). همسو با پژوهش حاضر، Wanat و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر خطی (تمایل به معنی داری) با افزایش اسید بوتیریک به صورت ریزکپسول های محافظت شده در استارتر را روی اسکور مدفوع مشاهده کردند که موجب افزایش اسکور

مدفوع شده بود. این نتایج در کل نشان می دهد که اثر اسید بوتیریک در استارتر، به نحوه و مقدار مصرف آن بستگی دارد و نتایج ضد و نقیضی در پی دارد.

تعداد گوساله های درمان شده در تیمار شاهد بالاتر بود که با توجه به هزینه های درمان، بار اقتصادی زیادی را به دامداری تحمیل می کند. برای مثال در زمان اجرای این طرح در دامداری، هزینه درمان هر راس گوساله مبتلا به اسهال حدود ۶۰ هزار تومان بار مالی به گاوداری تحمیل می کرد.همچنین باید خاطرنشان کرد که گوساله هایی که به اسهال مبتلا می شوند، در آینده شیر تولیدی کمتری خواهند داشت . چنین نتایجی پیشتر هم در مطالعات دیگر مشاهده شده بود (Górka و همکاران، ۲۰۱۱b).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش اثر افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل بر خصوصیات رشد و سلامت گوساله ها در سه سطح شاهد، ۴ گرم در روز و ۸ گرم در روز بررسی شد. نتایج نشان داد که اسید بوتیریک موجب افزایش مصرف ماده خشک در دوره پیش از شیرگیری گردید و عمده این اثر از مصرف استارتر بیشتر ناشی شد. اثر انتقالی اسید بوتیریک تا پس از شیرگیری نیز ادامه یافت و در کل دوره نیز گوساله های آزمایشی نسبت به شاهد خوراک بیشتری مصرف کردند. افزایش وزن روزانه در ماه دوم و نیز دوره پیش از شیرگیری و کل دوره در گروه شاهد کمتر از دو گروه دیگر بود و تفاوتی بین گروه های تغذیه شده با اسید بوتیریک وجود نداشت. غلظت BHBA خون در کل دوره تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی بود و با افزودن اسید بوتیریک افزایش داشت. اسید بوتیریک اضافه شده تأثیری بر امتیاز مدفوع و تعداد روزهای با مدفوع شل نداشت. با این حال تعداد روزهای درمان در ۱۴ روز اول در گروه شاهد از دو گروه دیگر بیشتر بود. در کل نتایج برای اولین بار نشان داد که افزودن اسید بوتیریک به شیر کامل در حد ۴ گرم می تواند اثرات مثبتی بر عملکرد رشد داشته باشد بدون آنکه بازده خوراک را تحت تأثیر قرار دهد.

منابع

AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Araujo, G., Terré, M., Mereu, A., Ipharraguerre, I. R., and Bach, A. (2016). Effects of supplementing a milk replacer with sodium butyrate or tributyrin on performance and metabolism of Holstein calves. *Animal production science*. 56 (11): 1834-1841.

Blattler, U., Hammon, H. M., Morel, C., Philipona, C., Rauprich, A., Romé, V., et al. (2001). Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. *The journal of nutrition*. 131 (4): 1256-1263.

Davarmanesh, A. R., Nasri, M. F., Firouzabad, A. K., and Montazer-Torbati, M. B. (2015). Effect of Ca-butyrate and Oleobiotec (a flavouring agent) supplemented starter on the performance of Holstein dairy calves. *The journal of agricultural science*. 153 (8): 1506-1513.

Donkin, S. S., and Armentano, L. E. (1995). Insulin and glucagon regulation of gluconeogenesis in preruminating and ruminating bovine. *Journal of animal science*. 73 (2): 546-551.

Frieten, D., Gerbert, C., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Kanitz, E., et al. (2017). Ad libitum milk replacer feeding, but not butyrate supplementation, affects growth performance as well as metabolic and endocrine traits in Holstein calves. *Journal of dairy science*. 100 (8): 6648-6661.

Geiger, A. J., Parsons, C. L. M., James, R. E., and Akers, R. M. (2016). Growth, intake, and health of Holstein heifer calves fed an enhanced preweaning diet with or without postweaning exogenous estrogen. *Journal of dairy science*. 99 (5): 3995-4004.

Górka, P., Pietrzak, P., Kotunia, A., Zabielski, R., and Kowalski, Z. M. (2014). Effect of method of delivery of sodium butyrate on maturation of the small intestine in newborn calves. *Journal of dairy science*. 97 (2): 1026-1035.

Gorka, P., Kowalski, Z. M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Kiljanczyk, R., Flaga, J., et al. (2009). Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. *Development*. 4 (5): 10-11.

Górka, P., Kowalski, Z. M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Jagusiak, W., Holst, J. J., et al. (2011a). Effect of method of delivery of sodium butyrate on rumen development in newborn calves. *Journal of dairy science*. 94 (11): 5578-5588.

Górka, P., Kowalski, Z. M., Pietrzak, P., Kotunia, A., Jagusiak, W., and Zabielski, R. (2011b). Is rumen development in newborn calves affected by different liquid feeds and small intestine development?. *Journal of dairy science*. 94 (6): 3002-3013.

Górka, P., Kowalski, Z. M., Zabielski, R., and Guilloteau, P. (2018). Invited review: Use of butyrate to promote gastrointestinal tract development in calves. *Journal of dairy science*. 101 (6):4785–4800.

Greenwood, R. H., Morrill, J. L., and Titgemeyer, E. C. (1997). Using Dry Feed Intake as a Percentage of Initial Body Weight as a Weaning Criterion1. *Journal of dairy science*. 80 (10): 2542-2546.

Guilloteau, P., Savary, G., Jaguelin-Peyrault, Y., Rome, V., Le Normand, L., and Zabielski, R. (2010a). Dietary sodium butyrate supplementation increases digestibility and pancreatic secretion in young milk-fed calves. *Journal of dairy science*. 93 (12): 5842-5850.

Guilloteau, P., Martin, L., Eeckhaut, V., Ducatelle, R., Zabielski, R., and Van Immerseel, F. (2010b). From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate. *Nutrition research reviews*. 23 (2): 366-384.

Guilloteau, P., Zabielski, R., David, J. C., Blum, J. W., Morisset, J. A., Biernat, M., et al. (2009). Sodium-butyrate as a growth promoter in milk replacer formula for young calves1. *Journal of dairy science*. 92 (3): 1038-1049.

Hill, T. M., Quigley, J. D., Suarez-Mena, F. X., Bateman II, H. G., and Schlotterbeck, R. L. (2016). Effect of milk replacer feeding rate and functional fatty acids on dairy calf performance and digestion of nutrients. *Journal of dairy science*. 99 (8): 6352-6361.

Hill, T. M., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L., and Bateman II, H. G. (2007). Effects of changing the fat and fatty acid composition of milk replacers fed to neonatal calves. *The professional animal scientist*. 23 (2): 135-143.

Kato, S. I., Sato, K., Chida, H., Roh, S. G., Ohwada, S., Sato, S., et al. (2011). Effects of Na-butyrate supplementation in milk formula on plasma concentrations of GH and insulin, and on rumen papilla development in calves. *Journal of endocrinology*. 211 (3): 241-248.

Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Ki, K. S., Hur, T. Y., et al. (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.

Kristensen, N. B., Sehested, J., Jensen, S. K., and Vestergaard, M. (2007). Effect of milk allowance on concentrate intake, ruminal environment, and ruminal development in milk-fed Holstein calves. *Journal of dairy science*. 90 (9): 4346-4355.

Mahjoubi, E., Yazdi, M. H., Afsarian, O., and Vonnahme, K. A. (2017). Evaluation of an accelerated growth program for pre-weaned Shall lambs. *Livestock science*. 198: 72-75.

Nazari, M., Karkoodi, K., and Alizadeh, A. (2012). Performance and physiological responses of milk-fed calves to coated calcium butyrate supplementation. *South african journal of animal science*. 42 (3): 296-303.

Niwińska, B., Hanczakowska, E., Arciszewski, M. B., and Klebaniuk, R. (2017). Exogenous butyrate: implications for the functional development of ruminal epithelium and calf performance. *Animal*. 11 (9): 1522-1530.

National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press. Washington, DC.

Oltramari, C. E., Nápoles, G. G. O., De Paula, M. R., Silva, J. T., Gallo, M. P. C., Pasetti, M. H. O., and Bittar, C. M. M. (2016). Performance and Metabolism of Calves Fed Starter Feed Containing Sugarcane Molasses or Glucose Syrup as a Replacement for Corn. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 29 (7): 971-978.

Osorio, J. S., Wallace, R. L., Tomlinson, D. J., Earleywine, T. J., Socha, M. T., and Drackley, J. K. (2012). Effects of source of trace minerals and plane of nutrition on growth and health of transported neonatal dairy calves. *Journal of dairy science*. 95 (10): 5831-5844.

Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D., and Barbano, D. M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition1. *Journal of dairy science*. 76 (6): 1753-1771.

Svensson, C., and Hultgren, J. (2008). Associations between housing, management, and morbidity during rearing and subsequent first-lactation milk production of dairy cows in Southwest Sweden. *Journal of dairy science* 91 (4):1510 – 1518.

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., and 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.

Wanat, P., Górka, P., and Kowalski, Z. M. (2015). Effect of inclusion rate of microencapsulated sodium butyrate in starter mixture for dairy calves. *Journal of dairy science*. 98 (4): 2682-2686.