

Effects of nano-encapsulated plant promoter on the performance, blood parameters and structural growth of Holstein dairy calves

Pirouz Shakeri^{1*}, Amir Davar Foroozandeh²

¹ Animal Nutrition and Physiology Research Department, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

² Department of Animal Science, Khorasgan (Isfahan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	Background and Objectives: Stimulating dairy calves to consume more feed results faster transition from milk to solid feed. Many medicinal plants improve the taste of feed, and by increasing feed consumption, they improve the growth performance and production of animals. This study aimed to determine the effects of nano-encapsulated plant stimulants (NPS) based on thyme, oregano and ajwain on the growth performance, blood metabolites and structural growth of calves.
Article history: Received: 07/03/2024 Revised: 09/26/2024 Accepted: 09/29/2024	Material and Methods: Individually housed calves (n=40; body weight=37.6±0.79 kg) were randomly assigned in a completely randomized design for 68 days (4 to 72 days, n=10 calves per treatment: 5 males and 5 females) to one of the following four treatments: 1) control diet- starter, 2) starter + 0.1% NPS, 3) starter + 0.2% NPS and 4) starter + 0.3% NPS. The calves were weighed at birth and it was repeated at 10, 30, 60 and 72 (weaning) days. Blood was sampled 2 hours after the morning milk on the 56 th day of the experiment, and the concentration of triglyceride, cholesterol, total protein and immunoglobulin G was determined. Also, the structural growth of calves was measured using standard measuring tapes on days 30 and 60 of the experiment.
Keywords: Ajwain Dairy calf Nano-encapsulated Oregano Performance Thyme	Results: The results showed that at the time of weaning, the calves fed 0.3 % NPS in the diets, had the highest average body weight and it was 8.6% more than the control group (P=0.04), and linearly increased (P=0.02) as the level of NPS increased in the diets. The average daily gain of calves were higher in the calves fed rations containing 0.3% NPS than other groups (P<0.05), and linearly increased (P<0.01) as the level of NSP increased in the diets. Daily dry matter intake was not affected by different levels of NSP in the diets. Feed conversion ratio ranged from 1.80 to 1.98 in the experimental groups (P<0.01), and responded linearly (P = 0.05) as the level of NPS increased in the diets. The concentration of cholesterol and total protein in the blood plasma, were highest (P<0.05) in calves fed 0.2% and 0.1% NPS in the diets respectively, while the concentration of triglyceride and immunoglobulin G was not affected by different levels of NPS in the diets. No significant difference was observed in the average structural growth of calves

such as body length, height, body barrel and heart girth between calves of different groups at the age of 30, 60 and 72 days. However, heart girth tended to increase linearly ($P=0.08$) at day 30, and increase linearly ($P=0.04$) at day 72 as the level of NPS increased in the diets.

Conclusion: It was concluded that, the use of NPS in the starter of dairy calves did not affect the dry matter intake, but by increasing the level of NPS in the diets, the average daily gain increased linearly and the feed conversion ratio improved linearly.

Cite this article: Shakeri, P., Davar Foroozandeh, A. (2025). Effects of nano-encapsulated plant promoter on the performance, blood parameters and structural growth of Holstein dairy calves. *Journal of Ruminant Research*, 13(2), 35-48.



© The Author(s)

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22594.1965

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر استفاده از محرک رشد گیاهی نانوکپسوله بر عملکرد، فراسنجه‌های

خونی و رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

پیروز شاکری^{۱*}، امیر داور فروزنده^۲

^۱ دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات تغذیه و فیزیولوژی دام، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،

رایانامه: Pirouz_shakeri@yahoo.co.uk

^۲ دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: تحریک گوساله‌های شیرخوار به مصرف بیشتر خوراک سبب انتقال سریع‌تر آن‌ها از مصرف شیر به خوراک جامد می‌شود. بسیاری از گیاهان دارویی باعث بهبود طعم و مزه خوراک شده و با افزایش مصرف خوراک عملکرد رشد و تولید حیوانات بهبود می‌یابد. این آزمایش به منظور بررسی اثرات محرک رشد گیاهی نانوکپسوله حاوی آویشن، پونه کوهی و زنیان بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۸	مواد و روش‌ها: برای این منظور از ۴۰ رأس گوساله هلشتاین با میانگین وزنی $37/6 \pm 0/79$ کیلوگرم در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۱۰ تکرار با نسبت مساوی از هر دو جنس به مدت ۶۸ روز (۴ تا ۷۲ روزگی) استفاده شد. گوساله‌ها در ۴ روزگی به صورت تصادفی به یکی از ۴ گروه آزمایشی شامل: گروه ۱ (شاهد) (خوراک آغازین)، گروه ۲ (خوراک آغازین + ۰/۱ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله)، گروه ۳ (خوراک آغازین + ۰/۲ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله) و گروه ۴ (خوراک آغازین + ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله) اختصاص داده شدند. وزن‌کشی از گوساله‌ها در زمان تولد، ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۷۲ (شیرگیری) روزگی انجام شد. در سن ۵۶ روزگی، ۲ ساعت پس از مصرف شیر وعده صبحگاهی، از خون سیاهرگ گردنی گوساله‌ها نمونه‌برداری انجام شد و در پلاسمای آن غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول، پروتئین کل و ایمونوگلوبولین G تعیین شد. همچنین در سن ۳۰ و ۶۰ روزگی و در زمان از شیرگیری طول بدن، قد، محیط شکم و محیط قفسه سینه گوساله‌ها با استفاده از نوار متر استاندارد اندازه‌گیری شد.
واژه‌های کلیدی: آویشن پونه زنیان عملکرد گوساله شیرخوار نانوکپسوله	یافته‌ها: نتایج نشان داد وزن بدن گوساله‌ها در زمان از شیرگیری با جیره حاوی ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی ۸/۶ درصد نسبت به گروه شاهد بیشتر بود ($P=0/04$) و با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌ها وزن بدن گوساله‌ها به صورت خطی افزایش یافت ($P=0/02$). میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی از سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P<0/05$) و با افزایش سطح محرک رشد در جیره‌ها میانگین افزایش وزن روزانه

به صورت خطی افزایش یافت ($P < 0/01$). میانگین مصرف خوراک روزانه گوساله‌ها در گروه‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف و در کل دوره مشابه بود و تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت. نسبت تبدیل خوراک گوساله‌های آزمایشی با مصرف سطوح مختلف محرک رشد گیاهی بین $1/80$ تا $1/98$ متغیر بود ($P < 0/01$) و بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌ها نسبت تبدیل خوراک به صورت خطی کاهش یافت ($P = 0/05$). در پلاسمای خون گروه با جیره حاوی $0/2$ درصد محرک رشد گیاهی بیشترین غلظت کلسترول و در گروه با جیره حاوی $0/1$ درصد محرک رشد کمترین غلظت پروتئین کل مشاهده شد ($P < 0/05$). در حالی که غلظت تری‌گلیسرید و ایمونوگلوبولین G تحت تأثیر سطوح مختلف محرک رشد گیاهی قرار نگرفت. تفاوت معنی‌داری در میانگین قد، طول بدن، دور سینه و دور شکم گوساله‌ها در سنین ۳۰، ۶۰ و ۷۲ روزگی مشاهده نشد، اگرچه با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی، دور سینه گوساله‌ها در ۳۰ روزگی به صورت خطی تمایل به افزایش ($P = 0/08$) و در زمان از شیرگیری به صورت خطی افزایش ($P = 0/04$) نشان داد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از محرک رشد نانو کپسوله در جیره آغازین گوساله‌های شیرخوار، بر مصرف خوراک گوساله‌ها تأثیری نداشت اما با افزایش سطح محرک رشد در جیره‌های آزمایشی، افزایش وزن روزانه گوساله‌ها به صورت خطی افزایش و نسبت تبدیل خوراک بهبود یافت.

استناد: شاکری، پیروز؛ فروزنده، امیر داور. (۱۴۰۴). تأثیر استفاده از محرک رشد گیاهی نانو کپسوله بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین. پژوهش در تشخیص‌رکنندگان، ۱۳(۲)، ۳۵-۴۸.

DOI: 10.22069/ejrr.2024.22594.1965



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

پرورش گوساله‌های جایگزین از مهم‌ترین عوامل موفقیت در یک گاوداری است. با انتخاب گوساله‌های مناسب و تغذیه صحیح آن‌ها یک گله شیری خوب ایجاد می‌شود. از این‌رو اخیراً برای پرورش موفق گوساله، ترکیب خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار به‌صورت جدی موردتوجه قرار گرفته است (Soberon و همکاران، ۲۰۱۲) و باهدف افزایش بازده تخمیر در شکمبه، اثرات استفاده از مواد طبیعی و گیاهی که توانایی دست‌کاری در اکوسیستم میکروبی شکمبه را دارند، مورد بررسی قرار گرفته است (Calsamiglia و همکاران، ۲۰۰۷؛ Christaki و همکاران، ۲۰۲۰؛ Escobar و همکاران، ۲۰۲۰). تغذیه صحیح از عوامل مهم و دخیل در توسعه آناتومیکی و فیزیولوژیکی دستگاه گوارش گوساله تازه متولدشده است که برای تبدیل‌شدن به یک نشخوارکننده کامل ضروری می‌باشد (Franklin و همکاران، ۲۰۰۳). افزودن برخی از گیاهان حاوی ترکیبات ثانویه گیاهی افق‌های جدیدی را در استفاده از مواد طعم‌دهنده و افزودنی‌های گیاهی در زمینه تغذیه دام به‌عنوان بهبوددهنده مصرف خوراک گشوده است که موجب افزایش بازدهی مصرف خوراک و بهبود عملکرد نیز می‌شوند (Calsamiglia و همکاران، ۲۰۰۷). تحریک گوساله‌های جوان به مصرف خوراک بیش‌تر سبب انتقال سریع‌تر آن‌ها از مصرف شیر یا جایگزین شیر به خوراک جامد می‌شود (Khan و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین ترکیبات مؤثره گیاهی به علت دارا بودن خواص ضد باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی برای درمان و کنترل برخی از بیماری‌ها استفاده می‌شوند (Hernandez و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر این محدودیت استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان محرک رشد یا عامل درمانی نیز باعث شده تا جایگزین‌های طبیعی آن‌ها که برخی از گیاهان دارویی هستند و

دارای خواص ضد میکروبی بالایی می‌باشند، موردتوجه قرار گیرند (Calsamiglia و همکاران، ۲۰۰۷). تکمیل جیره غذایی گوساله‌ها در دوره شیرخوارگی با استفاده از برخی از گیاهان دارویی و با هدف افزایش سرعت رشد در دستور کار محققین بوده و اثرات مفید این گیاهان به‌صورت افزایش مصرف خوراک، افزایش ترشحات گوارشی، تحریک سیستم ایمنی، خاصیت ضد میکروبی و به‌ویژه خواص آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است (Ghosh و همکاران، ۲۰۱۰).

گیاهان دارویی زیادی در ایران وجود دارند که از بین آن‌ها پونه (*Mentha pulegium* L.) متعلق به خانواده نعناع است و به سبب تنوع گونه‌ها و وجود ترکیبات ترپنئیدی گوناگون، اسانس و ترکیبات فنلی به خصوص فلاونوئیدهای آن موردتوجه می‌باشد. همچنین حاوی لیمونن، ۳-اکتانول، منتول، ایزو منتول، پولگون، ایزوپولگون و کاریوفیلن می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان گندزدا، ضداسپاسم و ضدالتهاب نیز مورداستفاده قرار گیرد (Hassanpour و همکاران، ۲۰۱۲). آویشن (*Thymus vulgaris* L.) نیز به خانواده نعناعیان تعلق دارد و از گیاهان دارویی مهم محسوب می‌شود. مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی موجود در آویشن تیمول و کارواکرول است که جزء ترپنئیدها محسوب می‌شوند. اصلی‌ترین اسانس فعال آن تیمول است که در شرایط آزمایشگاهی فعالیت ضدباکتریایی بر روی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت داشته و با کم کردن فعالیت آنزیم‌های باکتری و یا آسیب به ساختار غشای سلولی آن‌ها می‌تواند بر واکنش‌های مخرب آنزیمی آن‌ها تأثیر گذارد (Castro Filho و همکاران، ۲۰۲۱). زنیان (*Trachyspermum*) نیز گیاه دارویی دیگری از خانواده چتریان است. ترکیبات اصلی این گیاه را تیمول، گاما ترپینن، آلفا - پینن و سیمن تشکیل می‌دهند که درصد بالایی از آن

گوساله‌های شیرخوار و تعیین سطح بهینه آن در جیره آغازین گوساله‌های شیرخوار اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یک گاوداری صنعتی در استان اصفهان در تابستان سال ۱۴۰۲ اجرا شد. در این آزمایش از تعداد ۴۰ رأس گوساله هلستاین با میانگین وزن $37/6 \pm 0/79$ کیلوگرم به مدت ۶۸ روز در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۱۰ تکرار اجرا شد. گوساله‌ها پس از تولد به مدت سه روز در دو وعده به میزان ۴ کیلوگرم آغوز دریافت کردند و پس‌از آن از سن ۴ روزگی به‌طور تصادفی به ۴ گروه ۱۰ رأسی (۵ رأس نر و ۵ رأس ماده) تقسیم شدند و هر گروه به یکی از چهار جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی (به‌صورت مخلوط با جیره آغازین) اختصاص یافتند. گروه‌های آزمایشی شامل: گروه ۱ (شاهد): خوراک آغازین بدون افزودنی + شیر روزانه، گروه ۲: خوراک آغازین حاوی ۰/۱ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله + شیر روزانه، گروه ۳: خوراک آغازین حاوی ۰/۲ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله + شیر روزانه و گروه ۴: خوراک آغازین حاوی ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی نانوکپسوله + شیر روزانه بودند. محرک رشد گیاهی نانوکپسوله گیاهی بر پایه آویشن، پونه کوهی و زنیان بود که با پلیمر زیستی کیتوزان به‌فرم نانوکپسوله درآمده بود. نانوکپسوله کردن مخلوط گیاهی با فرآیند ژل‌سازی یونی (Stoica و همکاران، ۲۰۱۳) انجام شد. این محرک رشد گیاهی با نام تجاری نوی‌هرب توسط شرکت دانش‌بنیان سروش سبز البرز به‌صورت پودری تولید و به بازار عرضه شده است.

در طول آزمایش گوساله‌ها علاوه بر دسترسی آزاد به خوراک آغازین و آب آشامیدنی روزانه طی دو وعده با شیر کامل پاستوریزه در ساعات ۸:۰۰ و

را تیمول تشکیل می‌دهد. تیمول ماده‌ای با خاصیت ضدعفونی‌کنندگی قوی است و علاوه بر این دارای بوی معطر و طعم تند است. این ترکیبات و سایر ترکیبات مانند کارواکرول خواص ضد باکتریایی قوی دارند (Seyeddokht و همکاران، ۲۰۲۲).

از مزایای دیگر استفاده از گیاهان دارویی به‌جای آنتی‌بیوتیک‌ها، می‌توان به کاربرد ساده، عدم اثرات نامطلوب اکثر آن‌ها بر عملکرد حیوانات، عدم باقی‌ماندن بقایای مضر در فرآورده‌های دام و طیور و هزینه کمتر نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها اشاره کرد (Abaza و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش‌هایی از اثرات سودمند برخی از گونه‌های گیاهی و عصاره استخراجی از آن‌ها بر مصرف ماده خشک، وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و نسبت تبدیل خوراک گوساله‌های شیرخوار (Bampidis و همکاران، ۲۰۰۶)، قابلیت هضم ماده خشک بره‌های شیرخوار (Toghdory و همکاران، ۲۰۲۱)، جمعیت میکروبی شکمبه، بهبود شرایط تخمیر و غلظت نیترژن آمونیاکی در شکمبه (Sada و همکاران، ۲۰۰۳)، کاهش و بهبود اسهال در گوساله‌های شیرخوار (Bampidis و همکاران، ۲۰۰۶) منتشر شده است. از آنجاکه برای گیاهان دارویی خصوصاتی از قبیل ضد باکتری، ضد قارچ، آنتی‌اکسیدان، ضدویروسی، ضدالتهاب، محرک سیستم ایمنی، تحریک آنزیم‌های گوارشی و بهبود قابلیت هضم گزارش شده است (Christaki و همکاران، ۲۰۲۰؛ Escobar و همکاران، ۲۰۲۰). و با دارا بودن طعم و مزه قوی می‌توانند به‌عنوان افزودنی‌های حسی سبب تحریک گوساله‌های شیرخوار به مصرف خوراک بیشتر شده و بهبود عملکرد رشد و به دنبال آن انتقال سریع‌تر گوساله‌ها از مصرف شیر به خوراک جامد را در پی داشته باشند، این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات مختلف محرک رشد گیاهی نانوکپسوله حاوی آویشن، پونه کوهی و زنیان بر عملکرد رشد

۲۰:۰۰ با استفاده از سطل تغذیه شدند. گوساله‌ها از ۴ تا ۳۰ روزگی در هر وعده ۲ لیتر، از ۳۰ تا ۶۰ روزگی در هر وعده ۳ لیتر و از ۶۰ تا ۷۲ روزگی نیز در هر وعده ۲ لیتر شیر دریافت کردند. جیره‌های آزمایشی از ۴ روزگی در اختیار گوساله‌های آزمایشی قرار گرفت. در تمام تیمارهای آزمایشی ترکیب کنسانتره آغازین به‌صورت آردی و یکسان بود. اجزاء و ترکیبات شیمیایی خوراک آغازین آزمایشی در جدول ۱ نشان داده‌شده است. از شیرگیری گوساله‌ها در تمام گروه‌های آزمایشی در سن ۷۲ روزگی انجام شد. **تعیین عملکرد:** وزن‌کشی گوساله‌های آزمایشی در روزهای تولد، ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۷۲ (از شیرگیری) پس

از ۱۲ ساعت گرسنگی با استفاده از باسکول دیجیتالی انجام شد. متوسط افزایش وزن روزانه گوساله‌ها در دوره‌های مختلف از تقسیم تفاضل وزن انتهایی و ابتدایی در هر دوره، بر تعداد روزهای هر دوره محاسبه گردید. میزان خوراک مصرفی به‌صورت روزانه با کسر مقدار باقی‌مانده خوراک از مقدار خوراک ارائه‌شده انجام شد. برای تعیین نسبت تبدیل خوراک از تقسیم میانگین خوراک مصرفی روزانه (جیره آغازین + ماده خشک شیر مصرفی بر اساس ۱۳ درصد ماده خشک) به‌اضافه وزن روزانه محاسبه گردید.

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره آغازین (برحسب ماده خشک)

Table 1- Ingredients and chemical composition of the starter (DM basis)

مواد خوراکی	Ingredients	مقدار (%)	Amount (%)
دانه ذرت	Corn grain	58.00	
کنجاله سویا	Soy bean meal	30.20	
دانه جو	Barley grain	6.40	
شیر خشک	Milk powder	1.50	
کربنات کلسیم	Calcium carbonate	1.00	
دی کلسیم فسفات	Dicalcium phosphate	1.00	
مکمل مواد معدنی*	Mineral supplement*	0.60	
مکمل ویتامینی†	Vitamin supplement†	0.80	
نمک	Salt	0.50	
ترکیب شیمیایی (%)		Chemical composition	
ماده خشک	Dry matter	95.80	
پروتئین خام	Crude protein	18.37	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی	Neutral detergent fiber	18.23	
خاکستر خام	Ash	8.00	

* مکمل مواد معدنی برحسب ماده خشک حاوی ۱۲۰ g/kg کلسیم، ۷/۷ g/kg روی، ۲۰ g/kg فسفر، ۲۰/۵ g/kg منیزیم، ۱۸۶ g/kg سدیم، ۱/۲۵ g/kg آهن، ۳ g/kg گوگرد، ۱/۲۵ g/kg مس، ۱۴ mg/kg کبالت، ۵۶ mg/kg ید و ۱۰ mg/kg سلنیوم بود.

† مکمل ویتامینی برحسب ماده خشک حاوی ۲۵۰۰۰۰ IU/kg ویتامین A، ۵۰۰۰۰ IU/kg ویتامین D₃ و ۱۵۰۰ IU/kg ویتامین E بود.

*Mineral supplement based on DM contains 120 g/kg calcium, 7.7 g/kg zinc, 20 g/kg phosphorus, 20.5 g/kg magnesium, 186 g/kg sodium, 1.25 g/kg iron, 3 g/kg sulfur, 1.25 g/kg copper, 14 mg/kg cobalt, 56 mg/kg iodine and 10 mg/kg selenium.

†Vitamin supplement based on DM contained 250,000 IU/kg vitamin A, 50,000 IU/kg vitamin D₃ and 1500 IU/kg vitamin E.

فراسنجه‌های خونی: به‌منظور بررسی تأثیر جیره‌های آغازین حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نانو کپسوله بر غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول، پروتئین کل و ایمنوگلوبین G در خون گوساله‌های آزمایشی، در

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + tk + (\tau \times t)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (\text{مدل ۱})$$

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{مدل ۲})$$

که در این مدل‌ها: Y_{ijk} و Y_{ij} = هر مشاهده، μ = میانگین کل، τ_i = اثر i آمین تیمار، δ_{ij} = اشتباه تصادفی با میانگین صفر و واریانس σ^2_{δ} (واریانس حیوانات مورد آزمایش)، tk = اثر k آمین دوره، ik = اثر متقابل i آمین تیمار و k آمین دوره و ε_{ijk} و ε_{ij} = اثر خطای می‌باشند.

نتایج و بحث

عملکرد گوساله‌ها: نتایج مقایسه فراسنجه‌های عملکردی گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نانو کپسوله در جدول ۲ نشان داده شده است. در زمان از شیرگیری، میانگین وزن بدن گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی از سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P=0/04$) و با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌ها وزن بدن گوساله‌ها به صورت خطی افزایش یافت ($P=0/02$). به طور مشابهی میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌های با جیره با ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی از سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P<0/01$) و نتایج بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی افزایش وزن روزانه گوساله‌ها به صورت خطی افزایش یافت ($P<0/01$).

در تأیید نتایج آزمایش اخیر گزارش شده است که استفاده از اسانس آویشن به همراه پونه و رزماری در جیره گوساله‌های شیرخوار سبب افزایش وزن روزانه گوساله‌ها شده است (Jeshari و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین استفاده از عصاره آویشن و عصاره اوکالپتوس در جیره غذایی گوساله‌ها سبب افزایش وزن روزانه بالاتر گوساله‌ها در مقایسه با گروه شاهد گردید (Manafi Rasi و همکاران، ۲۰۲۰). بهبود عملکرد گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی

سن ۵۶ روزگی، ۲ ساعت پس از مصرف شیر وعده صبحگاهی، از خون سیاهرگ گردنی گوساله‌های آزمایشی در لوله‌های بدون ماده ضد انعقاد نمونه‌برداری انجام شد. پلاسمای نمونه‌های خون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در $2000 \times g$ به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی و تا زمان تجزیه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از یخ‌گشایی نمونه‌های پلاسما در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، غلظت فراسنجه‌های مورد بررسی با کیت‌های مخصوص (شرکت پارس آزمون، ایران) با استفاده از دستگاه تجزیه اتوماتیک (Technicon RA1000, Bayer Co. NY, USA) اندازه‌گیری شد.

تعیین شاخص‌های رشد اسکلتی: طول بدن، قد، محیط شکم و محیط قفسه سینه در روزهای ۳۰، ۶۰ و ۷۲ در تمام گوساله‌های آزمایشی با استفاده از نوار متری استاندارد اندازه‌گیری شد (Khan و همکاران، ۲۰۱۱).

تجزیه آماری داده‌ها

این آزمایش در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۱۰ تکرار انجام شد. تجزیه آماری اطلاعات مربوط به میانگین صفات اندازه‌گیری شده با تکرار در زمان، مانند مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه، نسبت تبدیل خوراک با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش ۹/۱ و رویه MIXED و با روش اندازه‌گیری‌های تکرار شده با در نظر گرفتن اثر تصادفی گوساله (مدل ۱) انجام شد. برای تجزیه آماری سایر فراسنجه‌های مورد بررسی نیز با همین نرم‌افزار و رویه MIXED و با در نظر گرفتن اثر تصادفی گوساله (مدل ۲) برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح خطای ۵ درصد استفاده شد (SAS, ۲۰۰۳). همچنین برای بررسی روند پاسخ‌ها به افزایش سطح محرک رشد گیاهی نانو کپسوله در جیره‌ها مقایسات متعامد انجام شد.

محرک رشد گیاهی را می‌توان به بهبود عملکرد و سلامت دستگاه گوارش و افزایش جذب مواد مغذی نسبت داد، در این خصوص گزارش شده است که استفاده از ترکیبات و اسانس‌های گیاهی ممکن است سلامت و عملکرد دستگاه گوارش را بهبود دهند و از این طریق قابلیت دسترسی مواد مغذی ضروری برای جذب را افزایش و به دنبال آن عملکرد رشد را بهبود دهند (Jeshari و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین افزایش وزن ناشی از افزودن ترکیبات مؤثره گیاهی به جیره گوساله‌ها را به بهبود سلامت در گوساله‌ها در اثر تحریک سیستم ایمنی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی موادی مانند کارواکول و سینامالدئید نسبت داده‌اند که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ممانعت‌کنندگی در مقابل ای

کولای و سالمونلا را دارند (Friedman و همکاران، ۲۰۰۴). وجود ترکیبات ثانویه گیاهی شناخته‌شده در محرک رشد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش می‌تواند سبب سلامت دستگاه گوارش گوساله‌ها و به دنبال آن بهبود افزایش وزن روزانه آن‌ها شده باشد؛ اما در تناقض با نتایج آزمایش اخیر، برخی از مطالعات نشان داده است که استفاده از اسانس آویشن و اسانس دارچین (Vakili و همکاران، ۲۰۱۳)، عصاره گیاهان آویشن و اوکالیپتوس (Tefaghi Akbarian و همکاران، ۲۰۱۸)، در جیره گوساله‌های شیرخوار استفاده از پودر کاکوتی در شیر بزغاله‌های شیرخوار (Toghdory و همکاران، ۲۰۲۱) تأثیری بر افزایش وزن آن‌ها نداشت.

جدول ۲- فراسنجه‌های عملکردی گوساله‌های شیری تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نانو کپسوله

Table 2- Performance parameters of dairy calves fed experimental diets containing different levels of nano-encapsulated plant growth stimulants

سطح معنی‌داری p-value		انحراف استاندارد		جیره Experimental diets (% growth stimulant in diet)		فراسنجه‌ها Parameters			
خطی Linear	درجه دوم Quadratic	تیمار×دوره Treatment×Period	دوره Period	تیمار Treatment	میانگین‌ها SEM	0	0.1	0.2	0.3
0.3583	0.9354	-	-	0.8271	1.453	38.33	36.90	36.70	38.17
وزن تولد (کیلوگرم) Birth weight (kg)									
0.1833	0.0216	-	-	0.0493	1.693	82.05 ^a	76.15 ^b	76.78 ^b	75.55 ^b
وزن از شیرگیری (کیلوگرم) Weaning weight (kg)									
0.1235	0.0001	0.4867	0.0001	0.0001	13.10	631.40 ^a	564.50 ^b	564.50 ^b	537.90 ^b
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)									
0.1751	0.9191	0.9893	0.0001	0.2593	24.75	1250.90	1248.90	1198.50	1263.90
خوراک مصرفی روزانه کل دوره (گرم) Daily dry matter intake (g)									
0.2956	0.0176	0.4854	0.0001	0.0078	0.044	1.80 ^b	1.98 ^a	1.89 ^{ab}	1.98 ^a
نسبت تبدیل خوراک Feed conversion ratio									

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

Means within a row with different subscripts differ ($P < 0.05$).

میانگین مصرف خوراک روزانه گوساله‌ها تحت تأثیر جیره‌های حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی قرار نگرفت و میزان مصرف خوراک روزانه در گروه‌های مختلف مشابه بود. همسو با نتایج تحقیق حاضر نشان داده‌شده است که استفاده از آویشن در جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار اثر معنی‌داری بر

مصرف خوراک گوساله‌ها نداشته است (Tefagh Akbarian و همکاران، ۲۰۱۸) و یا خوراک آغازین مکمل با اسانس نعنای فلفلی، اسانس آویشن و اسانس دارچین در گوساله‌های شیرخوار تغییری در مصرف خوراک گوساله‌های شیرخوار در مقایسه با گوساله‌های با جیره شاهد ایجاد نکرد (Sarraf و همکاران، ۲۰۲۱). درحالی‌که برخی از مطالعات نشان داده است که استفاده از مخلوط یکسان از اسانس‌های آویشن، پونه و رزماری می‌تواند افزایش مصرف خوراک در گوساله‌های شیرخوار را افزایش دهد (Jeshari و همکاران، ۲۰۱۶) و یا افزودن میزان ۰/۵ درصد آویشن شیرازی و نعنا به جیره گوساله‌های شیرخوار سبب تشویق دام به مصرف بیشتر خوراک گردیده است (Ababakri و همکاران، ۲۰۱۲). عدم تأثیر محرک رشد گیاهی بر مصرف خوراک در آزمایش اخیر و نتایج متناقض تأثیر ترکیبات مؤثره گیاهی در سایر مطالعات مشابه را می‌توان به مقدار مصرف، نوع و غلظت ماده مؤثره گیاهی و حتی اجزا و ترکیبات جیره پایه نسبت داد (Calsamiglia و همکاران، ۲۰۰۷؛ Vakili و همکاران، ۲۰۱۳).

نسبت تبدیل خوراک در گوساله‌های آزمایشی با استفاده از جیره‌های حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی متفاوت بود ($P < 0/01$) و بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌ها نسبت تبدیل خوراک به‌صورت خطی کاهش یافت ($P < 0/05$). همسو با نتایج این آزمایش گزارش شده است که استفاده از اسانس اکالیپتوس به دلیل دارا بودن ترکیبات گیاهی مشترک با نعنا و آویشن سبب کاهش تعداد پروتوزوا و کاهش متان تولیدی در دستگاه گوارش و به دنبال آن بهبود نسبت تبدیل خوراک گردید (Noriyan Soroor و Rouzbehan، ۲۰۱۷). بهبود نسبت تبدیل خوراک در این آزمایش را می‌توان به بهبود عملکرد دستگاه

گوارش و بهبود هضم و جذب مواد مغذی نسبت داد. در آزمایشی، بهبود نسبت تبدیل خوراک با استفاده از اسانس گیاهان مشابه با گیاهان مورد استفاده در این آزمایش، به تأثیر مثبت ترکیبات مؤثره گیاهی مانند منتول و تیمول بر بافت اپتلیوم روده از طریق کنترل عوامل بیماری‌زا، کاهش قرارگیری در معرض سموم میکروبی، متابولیت‌های نامطلوب مانند آمونیاک و آمین‌های بیولوژیک و همچنین ترشح بزاق و آنزیم‌های گوارشی نسبت داده شده است (Franz و همکاران، ۲۰۱۰).

فراسنجه‌های خونی: نتایج مقایسه میانگین فراسنجه‌های خونی گوساله‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نشان داد (جدول ۳) که غلظت تری‌گلیسرید و ایمونوگلوبولین G در پلاسمای خون گوساله‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف محرک رشد گیاهی قرار نگرفت، اما میانگین غلظت کلسترول و پروتئین کل در پلاسمای خون گوساله‌های گروه‌های آزمایشی متفاوت بود ($P < 0/05$). بررسی روند تغییرات نیز نشان داد که با افزایش غلظت محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی غلظت کلسترول در پلاسمای خون گوساله‌ها به‌صورت منحنی درجه دوم افزایش ($P = 0/01$) و غلظت پروتئین کل خون به‌صورت منحنی درجه سوم ($P = 0/007$) کاهش یافت.

در تأیید نتایج مطالعه حاضر گزارش شده است که افزودن اسانس‌های مختلف از قبیل نعنای فلفلی و اکالیپتوس و پودر کاکوتی به خوراک آغازین و جایگزین شیر بر غلظت فراسنجه‌های خونی بی‌تأثیر بوده است (Ababakri و همکاران، ۲۰۱۲؛ Soltan، ۲۰۰۹ و Toghdory و همکاران، ۲۰۲۱) و یا استفاده از اسانس گیاهان دارویی حاوی کارواکرول، غلظت پروتئین خون گوساله‌های دریافت‌کننده این اسانس را تحت تأثیر قرارداد (Volpato و همکاران، ۲۰۱۹).

و همکاران (۲۰۱۴) به عدم تأثیر اسانس‌های دارچین و آویشن بر این فراسنجه‌های خونی اشاره داشتند و Chaves و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که اسانس‌های دارچین و سیر منجر به افزایش تری‌گلیسیرید و کلسترول خون نسبت به گروه شاهد گردید. نتایج متناقض در تأثیر ترکیبات مؤثره گیاهی بر غلظت فراسنجه‌های خونی در این آزمایش و سایر مطالعات را می‌توان به دلیل اختلاف در مقدار مصرف، نوع و غلظت ماده مؤثره گیاهی و یا اجزا و ترکیبات جیره پایه و برهم‌کنش این موارد با یکدیگر توجیه نمود (Christaki و همکاران، ۲۰۲۰؛ Escobar و همکاران، ۲۰۲۰).

هم‌چنین به‌طور مشابهی غلظت ایمنوگلوبولین G در خون گوساله‌های دریافت‌کننده جیره‌های حاوی اسانس آویشن تحت تأثیر قرار نگرفت (Manafi Rasi و همکاران، ۲۰۲۰)؛ و در تناقض با نتایج آزمایش اخیر افزودن اسانس‌های نعنای فلفلی، آویشن و دارچین به شیر گوساله‌های شیرخوار هلستاین تأثیری بر میزان غلظت کلسترول نداشت و یا غلظت تری‌گلیسیرید در گوساله‌های تغذیه‌شده با اسانس دارچین در مقایسه با گروه شاهد بیشتر بود (Sarraf و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این در سایر تحقیقات برای بررسی تأثیر استفاده از ترکیبات مؤثره گیاهی در تغذیه گوساله‌های شیرخوار بر فراسنجه‌های خونی نتایج متناقضی گزارش شده است، برای نمونه Alsah

جدول ۳- فراسنجه‌های خونی گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نانو کپسوله

Table 3. Blood parameters of calves fed experimental diets containing different levels of nano-encapsulated plant growth stimulants

p-value	سطح معنی‌داری		انحراف استاندارد میانگین‌ها SEM	جیره‌های آزمایشی (درصد محرک رشد در جیره) Experimental diets (% growth stimulant in diet)				غلظت Concentration
	خطی Linear	تیمار Treatment		0.3	0.2	0.1	0	
درجه دوم Quadratic								
0.3707	0.5608	0.1098	2.650	37.00	32.33	39.33	35.67	تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Triglyceride (mg/dl)
0.0115	0.1487	0.0125	2.99	113.20 ^b	132.30 ^a	115.80 ^b	107.70 ^b	کلسترول (میلی‌گرم/دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)
0.4592	0.8002	0.0441	0.157	5.72 ^{ab}	6.28 ^a	5.20 ^b	6.18 ^a	پروتئین کل (گرم/دسی‌لیتر) Total protein (mg/dl)
0.4152	0.0478	0.1900	2.67	282.00	292.50	295.20	297.20	ایمنوگلوبولین G (میکروگرم/دسی‌لیتر) Immunoglobulin G (μg/dl)

- میانگین‌ها در هر ردیف با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$).

-Means within a row with different subscripts differ ($P < 0.05$).

شیرگیری به‌صورت خطی افزایش ($P = 0.04$) یافت (جدول ۴). افزایش وزن بدن در گوساله‌های شیری می‌تواند به مصرف خوراک بیشتر و به دنبال آن رشد و توسعه دستگاه گوارش مربوط باشد (Hill و همکاران، ۲۰۰۸؛ Mirzaei و همکاران، ۲۰۱۵)، درحالی‌که در مطالعه حاضر خوراک مصرفی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت و افزایش وزن

شاخص‌های رشد اسکلتی: میانگین شاخص‌های رشد اسکلتی شامل قد، طول بدن، دور سینه و دور شکم بین گوساله‌های آزمایشی در سنین ۳۰ و ۶۰ روزگی و زمان از شیرگیری تفاوتی نداشتند، اما با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی، دور سینه گوساله‌ها در ۳۰ روزگی به‌صورت خطی تمایل به افزایش ($P = 0.08$) و در زمان از

روزانه بیشتر و وزن نهایی بالاتر گوساله‌ها با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی به صورت افزایش خطی دور سینه گوساله‌ها نشان داده شده است. نتایج این آزمایش برای شاخص‌های رشد اسکلتی همسو با یافته‌هایی است که ارتفاع هیپ در گوساله‌های مصرف‌کننده اسانس به میزان ۱/۲۵ گرم در روز را نسبت به گوساله‌های دریافت‌کننده اسانس در مقادیر ۲/۵۰ و ۳/۷۵ گرم در روز بالاتر گزارش کردند (Froehlich و همکاران، ۲۰۱۷) و یا افزودن آویشن به جیره غذایی گوساله‌های شیرخوار

سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در قد گوساله شده است (Manafi Rasi و همکاران، ۲۰۲۰). درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در رابطه با اندازه بدنی در گوساله‌های مصرف‌کننده اسانس‌های آویشن، اکالیپتوس و کرفس مشاهده نشده است (Tefagh Akbarian و همکاران، ۲۰۱۸)؛ و یا عرض هیپ، دور سینه، عمق شکم و ارتفاع جدوگاه گوساله‌ها در ۴۰ و ۸۰ روزگی تحت تأثیر افزودن اسانس‌های نعناع فلفلی، آویشن، دارچین به جیره قرار نگرفت (Sarraf و همکاران، ۲۰۲۱).

جدول ۴- شاخص‌های رشد اسکلتی گوساله‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف محرک رشد گیاهی نانو کپسوله
Table 4. Structural growth of calves fed experimental diets containing different levels of nano-encapsulated plant growth stimulant

p-value	سطح معنی‌داری			انحراف استاندارد	جیره‌های آزمایشی (درصد محرک رشد در جیره) Experimental diets (% growth stimulant in diet)				شاخص‌های رشد اسکلتی (سانتی‌متر) Structural growth (cm)
	خطی	درجه دوم	تیمار	میانگین‌ها	0	0.1	0.2	0.3	
	Quadratic	Linear	Treatment	SEM					
سن ۳۰ روزگی									
قد					80.00	80.33	80.00	80.67	Height
طول بدن					62.00	62.50	64.33	63.50	Body length
دور سینه					86.17	85.00	85.00	88.33	Heart girth
دور شکم					91.17	91.67	89.83	95.17	Body barrel
سن ۶۰ روزگی									
قد					84.00	85.17	85.33	86.00	Height
طول بدن					66.17	67.50	70.17	68.17	Body length
دور سینه					98.50	100.17	98.17	103.67	Heart girth
دور شکم					107.33	109.33	108.00	111.50	Body barrel
سن از شیرگیری (۷۲ روزگی)									
قد					85.50	87.67	88.83	88.67	Height
طول بدن					68.50	70.17	72.17	70.17	Body length
دور سینه					105.00	104.00	101.17	109.17	Heart girth
دور شکم					116.83	115.33	113.00	119.00	Body barrel

نتیجه‌گیری کلی

یافت و در زمان از شیرگیری گوساله‌های با جیره حاوی ۰/۳ درصد محرک رشد گیاهی وزن بالاتری نسبت به سایر گروه‌ها داشتند؛ بنابراین استفاده از محرک رشد نانو کپسوله در جیره آغازین گوساله‌های شیرخوار بدون تأثیر بر مصرف خوراک می‌تواند سبب بهبود افزایش وزن روزانه در گوساله‌های شیرخوار شود.

نتایج نشان داد که مصرف خوراک روزانه گوساله‌ها در کل دوره تحت تأثیر سطوح مختلف محرک رشد گیاهی قرار نگرفت، اما میانگین افزایش وزن روزانه گوساله‌ها با افزایش سطح محرک رشد گیاهی در جیره‌های آزمایشی به صورت خطی افزایش

References

- Ababakri, R., Riasi, A., Fathi, M.H., Naeemipoor, H. & Khorsandi, S. (2012). The effect of spearmint sativum essence added to starter diet on ruminal fermentation, weaning age and performance of Holstein calves. *Animal Science Research Journal*, 22: 141-154. (In Persian).
- Abaza, I.M., Shehata, M.A., Shoieb, M.S. & Hassan, I.I. (2008). Evaluation of some natural feed additive in growing chick's diets. *International Journal of Poultry Science*, 7(9): 872-879.
- Akbarian Tefaghi, M., Ghasemi, E. & Khorvash, M. (2018). Performance, rumen fermentation and blood metabolites of dairy calves fed starter mixtures supplemented with herbal plants, essential oils or monensin. *Journal of Animal Physiology Animal Nutrition*, 102(3): 630-638.
- Alsaht, A.A., Bassiony, S.M., Abdel Rahman, G.A. & Shehata, S.A. (2014). Effect of cinnamaldehyde thymol mixture on growth performance and some ruminal and blood constituents in growing lambs fed high concentrate diet. *Life Science Journal*, 11: 240-248.
- Bampidis, V.B., Christodoulou, V., Florou-Paneri, P. & Christaki, E. (2006). Effect of dried oregano leaves versus neomycin in treating newborn calves with colibacillosis. *Journal of Veterinary Medicine*, 53: 154-156.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L. & Ferret, A. (2007). Invited review: essential oil as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90: 2580-2595.
- Casro Filho, E.S., Roma Júnior, L.C., Ezequiel, J.M.B., Salles, M.S.V., Almeida, M.T.C., Perez, H.L., Suguino, E. & Van Cleef, E.H.C.B. (2021). Effect of thyme essential oil supplementation on feed intake, apparent digestibility, rumen fermentation, blood parameters and *in vitro* methane yield of Nellore cattle. *Livestock Science*, 244: 104349. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104349>.
- Chaves, A.V., Sanford, K., Gibson, L.L., McAllister, T.A. & Benchaar, C. (2008). Effect of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, and growth performance and carcass characteristics of growing lambs. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 145: 396-408.
- Christaki, E., Giannenas, I., Bonos, E. & Florou-Paneri, P. (2020). Innovative uses of aromatic plants as natural supplements in nutrition. In *Feed Additives*, Elsevier. 19-34.
- Escobar, A., Pérez, M., Romanelli, G. & Blustein, G. (2020). Thymol bioactivity: A review focusing on practical applications. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(12):9243-9269.
- Franklin, T., Amaral-Phillips, D.M., Jackson, J.A. & Campbell, A.A. (2003). Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *Journal of Dairy Science*, 86: 2145-2150.
- Franz, C., Baser, K.H.C. & Windisch, W. (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding—a European perspective. *A review. Flavour and Fragrance Journal*, 25: 327-340.
- Friedman, M., Buick, R. & Elliott, C.T. (2004). Antibacterial activities of naturally occurring compounds against antibiotic-resistant *Bacillus cereus* vegetative cells and spores, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. *Journal Food Protection*, 67(8): 1774-1778.
- Froehlich, K.A., Abdelsalam, K.W., Chase, C., Koppien-Fox, J. & Casper, D.P. (2017). Evaluation of essential oils and prebiotics for newborn dairy calves. *Journal of Animal Science*, 95: 3772-3782.
- Ghosh, S., Mehla, R.K., Sirohi, S.K. & Roy, B. (2010). The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count and feeding cost in crossbred dairy calves. *Tropical Animal Health Production*, 42: 961-968.
- Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R.A., Niknam, V., Najafi, F. & Razavi, K. (2012). Effects of penconazole and water deficit stress on physiological and antioxidative responses in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). *Journal of Acta Physiologiae Plant*, 34: 1537-1549.
- Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J. & Megias, M.D. (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Journal of Poultry Science*, 89: 169-174.

- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. & Schlotterbeck, R.L. (2008). Effects of the amount of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *Journal of Dairy Science*, 91(7): 2684-2693.
- Jeshari, M., Riasi, A., Mahdavi, A.H., Khorvash, M. & Ahmadi, F. (2016). Effect of essential oils and distillation residues blends on growth performance and blood metabolites of Holstein calves weaned gradually or abruptly. *Livestock Science*, 185: 117-122.
- Khan, M.A., Weary, D.M. & Von Keyserlingk, M.A.G. (2011). Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science*, 94: 3547-3553.
- Manafi Rasi, H., Bayat, A. & mansouri, H. (2020). Effect of mixed thyme and eucalyptus leaves aqueous extract on the performance and health of Holstein suckling calves. *Animal Production*, 22(4): 549-558. doi: 10.22059/jap.2020.305167.623541. (In Persian).
- Mirzaei, M., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Kazemi-Bonchenari, M., Riasi, A., Nabipour, A. & Van den Borne, J.J.G.C. (2015). Effects of supplementation level and particle size of alfalfa hay on growth characteristics and rumen development in dairy calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99: 553-564.
- Nooriyan Soroor, M.E. & Rouzbehan, Y. (2017). Effect of essential oils of eucalyptus (*Eucalyptus globulus* labill) and angelica (*Heracleum ersicum* desf. ex fischer) on *in vitro* ruminal fermentation, protozoal population and methane emission using afshari sheep inoculum. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 19: 553-567.
- Sada, A., Nishida, T., Ishida, M., Hosoda, K. & Bayaru, E. (2003). Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. *Journal of Livestock Production Science*, 82: 245-248.
- Sarraf, F., Vakili, S.A. & Danesh Mesgaran, M. (2021). Effects of some plant essential oils and probiotic (Protexin) on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 13(2): 161-173. doi: 10.22067/ijasr.v13i2.82290. (In Persian).
- SAS, 2003. SAS User's Guide Statistics. Version 9.1 Edition. SAS Inst., Cary, NC.
- Seyeddokht, A., Rahmaninia, J. & Hajati, H. (2022). Investigation of nutritional characteristics of thymus plant (*Thymus spp.*) in livestock and poultry. *Technology of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 4(2): 32-44. doi: 10.22092/mpt.2022.358866.1101. (In Persian).
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R.W. & Van Amburgh, M.E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Jornal of Dairy Science*, 95: 783-793.
- Soltan, M.A. (2009). Effect of essential oils supplementation on growth performance, nutrient digestibility, health condition of Holstein male calves during pre- and post- weaning periods. *Pakistan Journal Nutrition*, 8: 642-652.
- Stoica, R., Somoghi, R. & Ion, R. M. (2013). Preparation of chitosan tripolyphosphate nanoparticles for the encapsulation of polyphenols extracted form rose hips. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 8(3): 955-963.
- Toghdory, A., Asadi, M. & Ghoorchi, T. (2022). Effect of adding different levels *Ziziphora tenuior* on performance, blood parameters and fecal score of Sistani neonatal kids. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 14(2): 175-187. doi: 10.22067/ijasr.2021.67704.1000. (In Persian).
- Vakili, A.R., Khorrami, B., Danesh Mesgaran, M. & Parand, E. (2013). The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 26(7): 935-944.
- Volpato, A., Crecencio, R.B., Tomasi, T., Galli, G.M., Griss, L.G. Da silva, A. D., Schetinger M. R. C., Schogor, A. L. B., Baldissera, M. D., Stefani, L. M. & Da silva, A. S. (2019). Phytogenic as feed additive for suckling dairy calves has a beneficial effect on animal health and performance. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(4): 1-10.