



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of flaxseed level and processing method on performance, skeletal growth indices, health, and rumination behavior of suckling calves

M. Hossein Abadi^{1*}, N. M. Torbati Nejad², T. Ghoorchi², A. H. Toghdory³

1. Former Ph.D. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

2. Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 11-05-2021 – Accepted: 22-08-2021)

Introduction: Flax products (seed and meal) are one of the sources of energy and protein for ruminants. Although flaxseed is a very inexpensive and affordable source of omega-3s, more than 50% of its fatty acids are made from alpha-linolenic acid, but it cannot be used at high levels due to its anti-nutritional properties. Flaxseed processing improves nutrient consumption while reducing the negative effects of anti-nutritional substances such as lintine and making food more palatable. Various methods are used to process and improve the flaxseed digestion process, such as micronization and extrusion. The extrusion process is the process of processing high-temperature materials in a short time and is done by a combination of moisture, heat, mechanical energy, and pressure. Extrusion is also a technical function by which feed is processed, extruded, and cooked under a constant increase in pressure and then expanded due to a sudden pressure drop. Heat treatment applied during the extrusion process reduces the access of rumen bacteria to the fat in the diet by denaturing the protein matrix around fat droplets in oilseeds such as flaxseed and thus can reduce fatty acids. Microwave by microwave can be done after adding 25% moisture to the grains for three minutes in a device containing an infrared lamp. It was also found that micronization could be used to increase the degradable protein content of the rumen. This study was performed to evaluate the effect of flaxseed level and processing method on performance, skeletal growth indices, health, and ruminant behavior of suckling calves.

Materials and methods: In this study, to investigate the effect of using different levels and methods of flaxseed processing on the performance of suckling calves, 35 newborn Holstein male calves with an initial weight of 41 ± 4.5 kg were used. This experiment was performed in a completely randomized design with seven treatments and five replications. Treatments included: 1. Control, 2. The treatment contained 5% of raw flaxseed, 3. The treatment contained 10% of raw flaxseed, 4. The treatment contained 5% of micronized flaxseed, 5. The treatment contained 10% of micronized flaxseed, 6. The treatment contained 5% of extruded flaxseed, and 7. The treatment contained 10% of extruded flaxseed. The total trial period was 60 days, which included 14 days of adaptation. Stool consistency scoring was considered as a daily livestock health indicator for each calf. Measurement of skeletal growth rate was done by meter and caliper at the beginning and end of the period. To evaluate the effect of experimental treatments on calf performance, dry matter intake, daily weight gain, and feed conversion ratio were also measured.

*Corresponding author: Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com



Results and discussion: Experimental treatments had no significant effect on daily feed intake, daily weight gain, and feed conversion ratio. Also, the growth of skeletal indices, fecal consistency, and rumination behavior was not affected by experimental treatments. The lack of effect on food intake probably indicates that the amount of linseed fatty acids used has a minimal mechanism of short-term regulation of feed intake. Oily seeds such as flaxseed contain eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids, both of which are active derivatives of linolenic acid. It is known that these oxygenated metabolites play an important role in the growth and development of infant animals, especially the development of their nervous system. However, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids may have a lower effect on feed efficiency during this period of calves' life. In general, the duration of chewing is reduced by decreasing the size of particles and the content of insoluble fibers in neutral detergent. The lower content of insoluble fibers in the neutral detergent and its chemical and physical nature may have reduced rumination and chewing activity. Probably, the changes in the rumination time may be related to the difference in the dry matter consumed and the digestibility of the nutrients, and the rumination activity can also be considered a factor to diagnose rumen health due to the stimulation of saliva secretion. The duration of chewing activity (sum of eating and ruminating) can be a good measure of rumen health.

Conclusions: According to the results of this study, the use of processed flax did not hurt the performance, skeletal growth indices, and health of calves. Extruded and micronized flax can be used at the 10% level in the diet of suckling calves as a source of protein and energy.

Keywords: Flaxseed, Processing method, Health, Performance, Suckling calf

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this project.

How to cite this article:

Hossein Abadi M., Torbati Nejad N. M., Ghoorchi T. and Toghdory A. H. 2022. Effect of flaxseed level and processing method on performance, skeletal growth indices, health, and rumination behavior of suckling calves. *Animal Production Research*, 11(2): 31-42. doi: 10.22124/AR.2022.19593.1617



مقاله پژوهشی

اثر سطح و روش فرآوری دانه کتان بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی، سلامت و رفتار نشخوار گوساله‌های شیرخوار

مصطفی حسین آبادی^{۱*}، نورمحمد تربتی نژاد^۲، تقی قورچی^۲، عبدالحکیم توغدری^۳

۱- دانش‌آموخته مقطع دکتری، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار، گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱)

چکیده

در این پژوهش جهت بررسی اثر سطح و روش فرآوری دانه کتان بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار، از ۳۵ رأس گوساله نر تازه متولد شده نژاد هلشتاین که وزن اولیه آنها $41 \pm 4/5$ کیلوگرم بود، استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و پنج تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱- گروه شاهد، ۲- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان خام، ۳- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان خام، ۴- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان میکرونیزه، ۵- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان میکرونیزه، ۶- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان اکستروود و ۷- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان اکستروود بود. کل دوره آزمایشی ۶۰ روز شامل ۱۴ روز دوره عادت‌پذیری بود. امتیازدهی قوام مدفوع به عنوان شاخص سلامت دام به صورت روزانه برای هر یک از گوساله‌ها در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری میزان شاخص‌های رشد اسکلتی با متر و کولیس در ابتدا و انتهای دوره اندازه‌گیری شد. جهت بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گوساله‌ها، میزان ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نیز اندازه‌گیری شد. تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشت. همچنین شاخص‌های رشد اسکلتی، قوام مدفوع و رفتار نشخوار تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. با توجه به نتایج این تحقیق، استفاده از کتان فرآوری شده تأثیر منفی بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی و سلامت گوساله‌ها نداشته است و می‌توان از کتان اکستروود و میکرونیزه در سطح ۱۰ درصد در جیره گوساله‌های شیرخوار به عنوان منبع پروتئین و انرژی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: دانه کتان، روش فرآوری، سلامت، عملکرد، گوساله شیرخوار

* نویسنده مسئول: Mostafa_hosseinabadi@yahoo.com

مقدمه

برای رشد موفقیت‌آمیز گوساله و گذر از چالش‌های محیطی، تلفیق مدیریت تغذیه و بهداشت گوساله ضروری است. یکی از عوامل مؤثر بر پرورش تلسیه‌های جایگزین، توجه به آنها در سنین اولیه پس از تولد است. تأمین انرژی و پروتئین مورد نیاز گوساله تازه متولد شده از مهمترین نیازهای اولیه حیوان است (Khorasani *et al.*, 1991). ویژگی‌های جیره آغازین مصرفی در گوساله‌های شیرخوار و اقلام مواد مغذی مانند چربی و پروتئین، ارتباط زیادی با رشد مناسب شکمبه و از شیرگیری موفق دارد. از هنگامی که مصرف خوراک خشک آغاز می‌شود، رشد شکمبه نیز آغاز خواهد شد و فراهم بودن و مصرف جیره آغازین پیش از شیرگیری به همین دلیل دارای اهمیت خاصی است. چربی و پروتئین از مهمترین ترکیب‌های مغذی موجود در جیره آغازین گوساله‌های شیرخوار به منظور افزایش مصرف خوراک و توسعه شکمبه در پیش از شیرگیری است (Baldwin *et al.*, 2004; Hill *et al.*, 2015). بیماری‌های تنفسی، اسهال و سایر مشکلات گوارشی به عنوان شایع‌ترین بیماری‌های گوساله‌های شیرخوار بیان شده است. دستکاری تغذیه‌ای به دلیل اهمیت شیوه‌های مدیریتی مناسب، جهت کاهش وقوع بیماری و نیز کاهش مرگ و میر گوساله‌ها حائز اهمیت است (Naserian *et al.*, 2013). چربی در جیره مصرفی گوساله‌های شیرخوار ممکن است از راه جیره آغازین و یا جایگزین شیر وارد شود (Hill *et al.*, 2015; Hill *et al.*, 2011). یکی از دانه‌های روغنی مهم که منبع چربی بوده و دارای اسیدهای چرب غیراشباع است، دانه کتان است. کتان یک محصول مهم چند ساله است که به منظور استفاده از روغن حاصل از دانه آن و یا برای استفاده از الیاف موجود در کاه آن، کشت می‌شود. کتان روغنی به همراه گندم و جو از قدیمی‌ترین گیاهان جهان است که به‌طور وحشی در آسیای غربی رشد می‌کند و بومی ایران است. این دانه روغنی در ده استان کشور کشت می‌شود. دانه‌های آن حاوی اسید چرب غیراشباع بوده که در تغذیه انسان مهم است (Didarkhah *et al.*, 2013). محصولات کتان از جمله بذر و کنجاله از عالی‌ترین منابع انرژی و پروتئین برای نشخوارکنندگان محسوب می‌شوند. روغن بذر کتان از ترکیب اسیدهای چرب مرغوب و مفیدی تشکیل شده که به‌طور متوسط فقط نه درصد از آن را

اسیدهای چرب اشباع شده تشکیل می‌دهند. اسیدهای چرب دارای دو پیوند دوگانه موسوم به اسیدهای چرب کونژوگه نزدیک به ۱۸ درصد و اسیدهای چرب با چند باند دوگانه به‌طور طبیعی تا ۷۳ درصد از چربی موجود در دانه کتان را تشکیل می‌دهند (Debbie and Thiessen, 2011). ویژگی‌های منحصر به فرد دانه کتان به دلیل داشتن مقادیر بالای آلفالینولنیک اسید، آن را از سایر دانه‌های روغنی در صنعت تغذیه انسان و حیوانات متمایز کرده است. کتان روغنی دارای ۴۵-۴۰ درصد روغن و ۳۰-۲۳ درصد پروتئین است. علاوه بر استخراج روغن، کنجاله آن می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره غذایی دام استفاده شود. اگر چه دانه کتان منبع بسیار ارزان و قابل دسترسی برای امگا-۳ است و بیش از ۵۰ درصد اسیدهای چرب آن از اسید چرب آلفالینولنیک است، ولی به دلیل وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای مانند لینواساتین، نئولینواساتین، لانتواسارلین و لینامارین، در سطوح بالا قابل استفاده نیست. دانه کتان به علت وجود مواد ضدتغذیه‌ای، مشکلاتی را در سطوح هضم و بیوهیدروژناسیون در شکمبه ایجاد می‌کند. روش‌های مختلفی برای فرآوری و بهبود فرآیند هضم دانه کتان استفاده می‌شود که میکرونیزه کردن و اکستروژن کردن از این قبیل فرآوری‌ها هستند (Sabahi and Vafadar, 2009). فرآیند اکستروژن در حقیقت فرآیند پردازش مواد با دمای بالا در زمان کوتاه است و به وسیله عمل ترکیبی رطوبت، حرارت، انرژی مکانیکی و فشار صورت می‌گیرد. همچنین، اکستروژن یک عملکرد فنی است که به وسیله آن، خوراک تحت افزایش پیوسته فشار، فرآوری، اکستروژن و پخته می‌شود و سپس به دلیل افت ناگهانی فشار، منبسط می‌شود (Sabahi and Vafadar, 2009). تیمار حرارتی اعمال شده طی فرآیند اکستروژن، از راه دنا توره کردن ماتریکس پروتئینی اطراف قطرات چربی در دانه‌های روغنی مانند دانه کتان، دسترسی باکتری‌های شکمبه به چربی موجود در جیره را کاهش می‌دهد و در نتیجه می‌تواند اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه را از بیوهیدروژناسیون شکمبه‌ای محافظت کند (Kennelly, 1996). میکرونیزه کردن با اعمال اشعه میکروویو بعد از افزودن ۲۵ درصد رطوبت به دانه‌ها به مدت سه دقیقه در یک دستگاه که حاوی لامپ مادون قرمز است، قابل انجام است (NRC,

(1973). در مطالعات گذشته، نشان داده شد که میکرونیزه کردن سبب کاهش تجزیه پذیری شده و قابلیت هضم بعد از شکمبه‌ای کتان را در گوساله‌های پرواری افزایش می‌دهد (Mustafa *et al.*, 2002). همچنین در یک مطالعه گزارش شد که مصرف ۱۲ درصدی کنجاله کتان در جیره غذایی گوساله‌های پرواری دارای آثار منفی بر عملکرد رشد گوساله‌ها نبود (Spolare *et al.*, 2005). طبق گزارشات، افزودن ۱۰ درصد دانه کتان اکستروود شده به جیره آزمایشی، تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نسبت به تیمار بدون دانه کتان در گاو شیری نداشت (Neveu *et al.*, 2014). همچنین در برخی آزمایشاتی که از دانه کتان در جیره نشخوارکنندگان استفاده کرده‌اند، تأثیری بر مصرف ماده خشک گزارش نشده است (Lessard *et al.*, 2004; Petit *et al.*, 2008; Petit and Cortes, 2010). به‌طور کلی پذیرفته شده است که مصرف دانه کامل کتان تا حدود ۱۵ درصد ماده خشک جیره، اثر منفی بر ماده خشک نخواهد گذاشت (Khorasani and Kennelly, 1994). بر اساس گزارشات، تغذیه کتان اکستروود در مقایسه با سویای چربی کامل، بازده خوراک و افزایش وزن بیشتری را به دنبال خواهد داشت (Farran *et al.*, 2008). در تحقیقی درباره تأثیر کتان اکستروود بر گوساله‌های شیرخوار اعلام شد که میزان ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و وزن بدن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Ghaffari, 2016). همچنین در تحقیقی، Hossein Abadi *et al.* (2020) با بررسی تأثیر استفاده از سطوح مختلف دانه کتان بر عملکرد، قابلیت هضم مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار، اعلام کردند که استفاده از سطوح مختلف دانه کتان تا ۱۰ درصد، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گوساله‌ها (ماده خشک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک) نداشت. لذا با توجه به این نکات، این پژوهش به منظور بررسی اثر سطح و روش فرآوری دانه کتان بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی، سلامت و رفتار نشخوار گوساله‌های شیرخوار انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرکت سهامی مزرعه نمونه ارتش وابسته به وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در واحد پرورش گاو شیری واقع در انبارالوم استان گلستان انجام شد. برای انجام این آزمایش از ۳۵ رأس گوساله نر شیرخوار تازه متولد

شده نژاد هلشتاین که وزن اولیه آنها $41 \pm 4/5$ کیلوگرم بود، استفاده شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و پنج تکرار انجام شد. تیمارها شامل: ۱- گروه شاهد بدون دانه کتان، ۲- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان خام (بدون فرآوری شده)، ۳- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان خام (بدون فرآوری شده)، ۴- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان فرآوری شده با روش میکرونیزه، ۵- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان فرآوری شده با روش میکرونیزه، ۶- تیمار حاوی پنج درصد دانه کتان فرآوری شده با روش اکستروود و ۷- تیمار حاوی ۱۰ درصد دانه کتان فرآوری شده با روش اکستروود بود. گوساله‌ها بلافاصله پس از تولد وزن‌کشی شده و بند ناف آنها با استفاده از تنتورید کاملاً ضدعفونی شد. سپس به جایگاه انفرادی با کف بتنی که دارای بستری از کلس بوده و قبلاً شعله افکنی و ضدعفونی شده، منتقل شدند. گوساله‌ها در مدت یک ساعت پس از تولد، با دو لیتر آغوز تغذیه شدند، سپس در فاصله شش ساعت پس از تولد با دو لیتر دیگر از آغوز تغذیه شدند و در ادامه تا سن سه روزگی با آغوز و شیر انتقالی تغذیه شدند. گوساله‌ها در طول زمان شیرخوارگی، روزانه با دو وعده شیر کامل به میزان ۱۰ درصد وزن بدن تغذیه شدند. پس از تولد، تمام گوساله‌ها در شرایط یکسان مدیریتی و تغذیه‌ای قرار گرفته و خوراک استارتر به‌صورت پلت به اضافه یونجه خشک از روز سوم آزمایش در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد و میزان مصرف روزانه آنها ثبت شد. هر روز صبح راس ساعت هشت، خوراک پس از توزین در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. همچنین آب تمیز طی آزمایش به‌صورت آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار داده شد. شاخ سوزی گوساله‌ها بعد از دو هفتگی انجام شد. سن و برنامه از شیرگیری گوساله‌ها زمانی است که مقدار مصرف کنسانتره به میزان $0/7-0/9$ کیلوگرم به مدت سه روز متوالی بود. جیره‌ها به‌صورت پلت به اضافه ۱۰ درصد یونجه خشک خرد شده در اندازه قطعات یک تا دو سانتی‌متری در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. درصد مواد خوراکی و مقدار مواد مغذی جیره‌های مختلف به تفکیک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مواد تشکیل‌دهنده خوراک و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی گوساله‌های شیرخوار

Table 1. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets of suckling calves

Ingredients (DM%)	Treatments ^s						
	1	2	3	4	5	6	7
Corn grain	53.0	50.5	48.0	50.5	48.0	50.5	48.0
Barely grain	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
Soy bean meal	31.0	28.5	26.0	28.5	26.0	28.5	26.0
Flaxseed	0.0	5.0	10.0	5.0	10.0	5.0	10.0
Vitamin premi	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
*Mineral premix	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Calcium carbonate	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Di-calcium phosphate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Salt	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Canola oil	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Bentonite	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Nutrient and chemical composition							
Metabolizable Energy (Mcal/kg)	3.07	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Crude Protein (%)	19.1	18.9	18.7	18.9	18.7	18.9	18.7
NDF(%)	11.4	10.8	10.2	10.8	10.2	10.8	10.2
ADF (%)	5.4	5.1	4.8	5.1	4.8	5.1	4.8
Crude fiber (%)	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Calcium (%)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Phosphorus (%)	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
Ether extract (%)	5.3	6.5	8.12	6.5	8.12	6.5	8.12

* Each kg contained: Vit A, 1000000IU; Vit B3, 250000 IU; Vit E, 3000 IU; Ca, 100mg; P, 30000mg; Mg, 32000mg; Mn, 10000mg; Zn, 10000mg; Cu, 300mg; Se, 100mg; Fe, 3000mg; Co, 100mg; Monensin, 1500mg; Antioxidant (B.H.T) 100mg.

^s Treatments included: 1. Control without flaxseed, 2. 5% flaxseed, 3. 10% flaxseed, 4. 5% micronized flaxseed, 5. 10% micronized flaxseed, 6. 5% extruded flaxseed, and 7. 10% extruded flaxseed.

اندازه‌گیری عملکرد رشد: جهت بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد گوساله‌ها، مصرف غذای روزانه از راه محاسبه تفاوت خوراک عرضه شده و مقدار خوراک باقیمانده همان روز برای هر دام در طول آزمایش محاسبه شد. گوساله‌ها در ابتدا و انتهای دوره وزن‌کشی شدند. وزن گوساله‌ها با رعایت ۱۲ ساعت محرومیت از خوراک اندازه‌گیری شد و میزان افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رشد شاخص‌های اسکلتی: اندازه‌گیری برخی کمیت‌های بدنی از قبیل طول بدن، ارتفاع از جدوگاه، ارتفاع از کپل، محیط قفسه سینه، محیط مچ پا، محیط مچ دست، اندازه محیط دور شکم، فاصله دو سر استخوان پین، فاصله دو استخوان هیپ، فاصله استخوان هیپ تا پین و عرض لگن در ابتدا و انتهای دوره انجام شد. برای این منظور، گوساله‌ها در یک سطح کاملاً صاف و تمیز ثابت نگه داشته شده، سپس ابعاد بدن با متر و کولیس اندازه‌گیری و ثبت شد (Ramezani, 2018).

اندازه‌گیری ضریب قوام مدفوع گوساله‌ها: به منظور بررسی قوام ظاهری مدفوع در طول مدت آزمایش، روزانه شکل ظاهری مدفوع مورد ارزیابی قرار گرفت. امتیازدهی قوام مدفوع به عنوان شاخص سلامت دام به‌صورت روزانه برای هر یک از گوساله‌ها در نظر گرفته شد. امتیاز مدفوع شامل چهار امتیاز به ترتیب از ۱ تا ۴ به شرح زیر انجام شد: امتیاز ۱ برای مدفوع طبیعی (مدفوع طبیعی محکم که شکل فیزیکی آن بعد از افتادن در جایگاه حفظ شود)، امتیاز ۲ برای مدفوع نرم (مدفوعی کپه‌ای که پس از افتادن در جایگاه پخش شود و بخش جامد از مایع بیشتر است)، امتیاز ۳ برای مدفوع شل (مدفوعی که پس از افتادن در جایگاه پخش شود و بخش مایع و جامد آن برابر باشد و روی زمین جاری شود) و امتیاز ۴ برای مدفوع آبکی (مدفوعی که آبکی و موکوسی باشد) در نظر گرفته شد (Larson et al., 1977). در صورتی که نمره مدفوع به‌طور متوسط برای سیالیت و قوام مدفوع ≥ 3 باشد، یک روز اسهال برای آن گوساله ثبت می‌شد.

اندازه‌گیری رفتار نشخوار: در دو روز آخر دوره آزمایش، رفتار نشخوار به صورت ثبت فعالیت برای طول مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. در این مدت، گوساله‌ها زیر نظر قرار گرفتند و فراسنجه‌های خوردن، نشخوار کردن، جویدن و استراحت کردن در فاصله زمانی هر پنج دقیقه به صورت چشمی و با فرض اینکه آن فعالیت در پنج دقیقه گذشته نیز ادامه داشته است، برای تمام دام‌ها طی ساعات شبانه‌روز مشاهده و ثبت شد (Araujo *et al.*, 2008).

طرح آزمایش و تجزیه آماری داده‌ها: داده‌های به دست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و پنج تکرار با استفاده از نرم افزار SAS (2001) ویرایش ۹/۱ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. داده‌های مربوط به عملکرد دام‌ها، میانگین افزایش وزن روزانه، خوراک مصرفی روزانه، ضریب تبدیل خوراک، شاخص‌های رشد اسکلتی، قوام مدفوع و رفتار نشخوار با استفاده از رویه GLM تجزیه و تحلیل شدند. همچنین میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تأثیر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر عملکرد رشد: نتایج حاصل از عملکرد دوره شامل مصرف خوراک روزانه، کل مصرف خوراک دوره، افزایش وزن روزانه، وزن نهایی و ضریب تبدیل خوراک در جدول ۲ گزارش شده است. همان‌طور که اطلاعات جدول نشان می‌دهد تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن روزانه نداشتند. مطابق با نتایج حاضر، گزارش شد که استفاده از روغن دانه کتان و روغن ماهی به عنوان منبع اسیدهای چرب امگا-۳ تأثیری بر وزن بدن و افزایش وزن روزانه گوساله‌ها نداشت (Karcher *et al.*, 2014). همچنین، گزارش شد که گوساله‌های تغذیه شده با روغن کتان در مقایسه با گروه شاهد، گرایش به افزایش وزن بیشتری داشتند، هر چند که این اختلاف معنی‌دار نبود ($P=0/24$). سطوح مختلف کتان بر مقدار ماده خشک مصرفی نیز تأثیر معنی‌داری نداشتند که موافق با نتایج (Mortezaei *et al.*, 2016) و Lashkari *et al.* (2017) بود. بر اساس تحقیقات انجام شده، مصرف دانه کتان تا ۱۵ درصد از کل ماده خشک مصرفی دارای اثری بر گاوهای شیرده تازه‌زا، متوسط تولید و کم تولید نبود (Mortezaei *et al.*, 2016). همچنین نشان داده شده است که استفاده از دانه کتان تأثیر منفی بر مصرف خوراک

گاوهای شیرده نداشت و تفاوت معنی‌داری بین جیره‌های آزمایشی بدون کتان و حاوی کتان مشاهده نشد، که این موضوع نشان می‌دهد میزان اسیدهای چرب دانه کتان مورد استفاده دارای حداقل ساز و کار تنظیم کوتاه مدت مصرف خوراک بود (Lashkari *et al.*, 2017). پاسخ ماده خشک مصرفی در گاوهای شیرده به مقدار اسیدهای چرب جیره پایه و منبع اسید چرب افزوده شده بستگی دارد (Allen, 2000). با افزودن چربی به جیره گاوهای شیرده، میزان مصرف ماده خشک کاهش می‌یابد (Gagliostro and Chilliard, 1991). پیش از این گزارش شده بود که ممکن است چربی‌ها، به ویژه در فرم‌های غیراشباع با اختلال در تخمیر شکمبه‌ای، در کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای الیاف و پرشدگی شکمبه سهیم بوده و در نهایت، کاهش سرعت عبور مواد خوراکی و کاهش مصرف خوراک را در پی داشته باشند (Palmquist and Jenkins, 1980). افزودن ۱۰ درصد دانه کتان اکستروود شده به جیره آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک نسبت به تیمار بدون دانه کتان نداشت (Neveu *et al.*, 2014). در توافق با نتایج این مطالعه، Karcher *et al.* (2014) گزارش کردند که افزودن روغن کتان به خوراک آغازین گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک گوساله‌ها نداشت. همچنین، محققین گزارش کردند که استفاده از دانه کتان در جیره نشخوارکنندگان تأثیری بر مصرف ماده خشک نداشت (Lessard *et al.*, 2004; Petit *et al.*, 2008; Petit and Cortes, 2010). در یک تحقیق، استفاده از کتان اکستروود در جیره گاوهای شیری هلشتاین نتوانست بر میزان مصرف خوراک تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Rajabi *et al.*, 2016).

تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک نداشتند. بیشترین میزان ضریب تبدیل خوراک مربوط به گروه شاهد و تیمار حاوی ۱۰ درصد کتان اکستروود بود و کمترین میزان ضریب تبدیل خوراک مربوط به تیمار حاوی ۱۰ درصد کتان خام و تیمار حاوی پنج درصد کتان میکرونیزه بود. دانه‌های روغنی مانند دانه کتان حاوی اسیدهای چرب ایکوزاپنتانویک و دوکوزاهگزانویک هستند که هر دو آنها از مشتقات فعال اسید لینولنیک هستند. مشخص شده است که این متابولیت‌های اکسیژنه نقش مهمی در رشد و توسعه حیوانات نوزاد خصوصاً تکامل سیستم عصبی آنها دارند (Innis, 2007). با این حال ممکن

است اسیدهای چرب ایکوزاپنتانویک و دوکوزاهگزانویک طی این دوره از حیات گوساله‌ها دارای تأثیر کمتری بر بازده مصرف خوراک بودند (Karcher *et al.*, 2014). در تحقیق دیگری گزارش شد تغذیه کتان اکسترو در مقایسه با سویای چربی کامل، بازده خوراک و افزایش وزن بیشتری را به دنبال خواهد داشت (Farran *et al.*, 2008). در خصوص تأثیر کتان اکسترو بر گوساله‌های شیرخوار اعلام شد که میزان ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و وزن بدن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Ghaffari, 2016). استفاده از روغن کتان تأثیر معنی‌داری بر میزان مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و وزن نهایی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین نداشت (Geraeily, 2017). همچنین استفاده از دانه کتان اکسترو در سطح شش درصد سبب بهبود معنی‌دار وزن نهایی و میزان افزایش وزن روزانه شد، ولی بر میزان مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک تأثیر معنی‌داری نداشت (Ramezani, 2018). تحقیقات در رابطه با تأثیر تغذیه دانه کتان فرآوری شده بر عملکرد، پاسخ ایمنی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون بره‌های بلوچی در شرایط تنش گرمایی نشان می‌دهد که وزن بدن، سرعت رشد، افزایش وزن روزانه کل مواد جامد بدن در معرض دمای بالا، افت می‌نماید و افزودن دانه کتان به جیره غذایی تأثیر معنی‌داری بر میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک ندارد (Amini *et al.*, 2016). استفاده از سطوح مختلف دانه کتان، تأثیر معنی‌داری بر میزان ماده خشک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشت (Hossein Abadi *et al.*, 2020).

اندازه‌گیری رشد شاخص‌های رشد اسکلتی: نتایج مربوط به تأثیر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر رشد شاخص‌های اسکلتی گوساله‌های شیرخوار در جدول ۳ گزارش شده است. بر اساس نتایج، جیره‌های آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر طول بدن، قد از جدوگاه، قد از کپل، محیط شکم، محیط قفسه سینه، محیط مچ دست، محیط مچ پا، فاصله دو استخوان پین، فاصله دو استخوان هیپ، فاصله استخوان پین تا هیپ و عرض لگن گوساله‌ها در ابتدا و انتهای دوره نداشتند. با این حال، روند رشد گوساله‌ها طی آزمایش قابل مشاهده است و تیمارهای حاوی ۱۰ درصد دانه کتان اکسترو و ۱۰ درصد دانه کتان میکرونیزه در بیشتر شاخص‌ها دارای بالاترین مقادیر هستند. نتایج این آزمایش

مطابق با نتایج آزمایش (Ghasemi *et al.*, 2017) است که گزارش نمودند افزودن منبع چربی (روغن سویا، روغن پالم و پیه) به جیره گوساله‌های شیرخوار تأثیری بر ابعاد بدنی آنها نداشت. محققین گزارش کردند که افزودن منابع چربی امگا-۳ و امگا-۶ به همراه ویتامین E اثری بر فراسنجه‌های بیومتری (دور سینه، ارتفاع از جدوگاه، طول بدن و عرض هیپ) در گوساله‌های شیرخوار نداشت، اما اثر منبع روغن بر دور شکم در طول دوره تمایل به معنی‌داری داشت. این محققین بیان کردند که گوساله‌های مصرف‌کننده سویای اکسترو شده، عمق بدن بالاتری نسبت به گوساله‌های مصرف‌کننده کتان اکسترو شده داشتند، اما در رابطه با سایر صفات فیزیکی، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های دریافت‌کننده منابع چربی مشاهده نشد (Fasihi, 2012). همچنین نشان داده شد که مصرف نمک‌های کلسیمی روغن کتان در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تأثیری بر رشد استخوانی ناحیه هیپ نداشت و عرض استخوان هیپ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (Hill *et al.*, 2009). در یک تحقیق، استفاده از دانه کتان اکسترو شده و اسید لینولئیک مزدوج تأثیر معنی‌داری بر طول بدن، دور سینه، ارتفاع از جدوگاه، عرض استخوان هیپ و فاصله استخوان هیپ تا پین در گوساله‌های شیرخوار هلشتاین نداشتند (Ramezani, 2018). در مطالعه‌ای دیگر، روغن کتان نتوانست بر رشد شاخص‌های اسکلتی گوساله‌های شیری تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Geraeily, 2017).

اندازه‌گیری ضریب روانی و قوام مدفوع: اثر تیمارهای آزمایشی بر ضریب روانی و قوام مدفوع گوساله‌ها در طول آزمایش در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین نمره قوام مدفوع در طول مدت آزمایش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. در تحقیق حاضر، نمره قوام مدفوع گوساله‌های تغذیه شده با هر هفت جیره در حدود دو بود و این نمره به عنوان حد طبیعی در گوساله‌های در حال رشد در نظر گرفته می‌شود (Thomas *et al.*, 2007). مطابق با نتایج این آزمایش، نتایج مطالعه دیگری تأثیر معنی‌داری بر میانگین نمره قوام مدفوع گوساله‌های تغذیه شده با روغن کتان و روغن ماهی مشاهده نکردند (Karcher *et al.*, 2014). همچنین با افزودن روغن دانه کلزا، نارگیل و پالم به شیر گوساله‌های جرسی تأثیری بر وقوع اسهال مشاهده نکردند (Huuskonen *et al.*, 2005).

جدول ۲- اثر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر عملکرد

Table 2. Effect of processing method and different levels of flaxseed on performance

Parameter	Treatments ^s							SEM	P-value
	1	2	3	4	5	6	7		
Dry matter intake (g/day)	900.2	814.2	852.4	729.2	814.2	782	846.4	150.6	0.9688
Daily weight gain (g/day)	601.8	593.6	614.6	559.8	560.2	548	581	77.09	0.9831
Feed conversion ratio	1.5	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	0.11	0.6982

^s Treatments included: 1. Control without flaxseed, 2. 5% flaxseed, 3. 10% flaxseed, 4. 5% micronized flaxseed, 5. 10% micronized flaxseed, 6. 5% extruded flaxseed, and 7. 10% extruded flaxseed.

جدول ۳- اثر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر رشد شاخص‌های اسکلتی

Table 3. Effect of processing and different levels of flaxseed on the growth of skeletal indices

Parameter	Treatments ^s							SEM	P-value
	1	2	3	4	5	6	7		
Body length (cm)									
Beginning	99	100.40	98.60	100.80	100.60	96.80	98.80	3.01	0.9661
The end	112	109.20	112.60	116.80	110	110.40	113	2.43	0.3993
Height of the seat (cm)									
Beginning	83	81.80	82.60	85	83.20	80.80	84	1.83	0.7577
The end	91.40	89.80	89.40	94	90.20	88.60	90.40	2.35	0.7294
Height of rump (cm)									
Beginning	92	89	89	90.40	89	86.80	89.20	2.01	0.9742
The end	99	94.20	96.20	97.20	97.60	95.40	97.90	2.03	0.7495
Abdominal environment (cm)									
Beginning	100	99.20	98.80	96.80	97	98.20	97.60	2.63	0.9742
The end	111	111.40	113.40	106.80	109.20	111.20	110.60	3.31	0.8592
Chest (cm)									
Beginning	89.60	91.20	91.60	92.20	90.60	87.60	90.40	2.27	0.8461
The end	101.80	98	100	99.20	99.20	96.40	99.40	2.50	0.8455
Wrist environment (cm)									
Beginning	17.80	17	18.20	17.60	18.20	17.40	18.40	0.49	0.4191
The end	18.20	17.40	18.80	17.80	18.40	18	18.60	0.43	0.3111
Ankle circumference (cm)									
Beginning	17.80	16.60	18.80	17.80	18.20	18	18.60	0.49	0.4806
The end	18.20	18.20	19	18.20	19	19	18.80	0.44	0.4755
The distance between two pin bones (cm)									
Beginning	30.60	30.80	31.60	31.40	33	31.40	33.60	0.95	0.2588
The end	37.80	36.20	37.40	36.40	37.60	36	38.20	0.94	0.5482
The distance between the two hip bones (cm)									
Beginning	22	21.60	23	22.40	23	22.60	23.80	0.75	0.4985
The end	26.80	26.80	28.20	26.40	28.40	27.20	28	1.06	0.8838
The distance between the pin bone and the hip (cm)									
Beginning	18.80	19.60	20.40	20.60	21.60	20	20.60	0.72	0.4151
The end	21.40	20.80	22.20	22	22.40	21.40	22.80	0.60	0.5327
Pelvic width (cm)									
Beginning	17.80 ^d	18.40 ^d	19 ^{bcd}	18.80 ^{bcd}	20.60 ^{bc}	21.20 ^b	23.60 ^a	0.81	0.0003
The end	20.40	19.40	20.40	20.10	21.99	21.80	24.60	0.68	0.3996

^{a-d} Values with different letters within the same row are significantly different ($P < 0.05$).

^s Treatments included: 1. Control without flaxseed, 2. 5% flaxseed, 3. 10% flaxseed, 4. 5% micronized flaxseed, 5. 10% micronized flaxseed, 6. 5% extruded flaxseed, and 7. 10% extruded flaxseed.

در آزمایشی که به بررسی تأثیر کتان اکستروود بر گوساله‌های شیرخوار می‌پرداخت گزارش شد که امتیاز قوام مدفوع تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفته است (Ghaffari, 2016). در مطابقت با پژوهش حاضر اعلام شد استفاده از روغن کتان در جیره‌های گوساله‌های شیرخوار هلستاین تأثیر معنی‌داری بر قوام مدفوع ندارد (Geraeily, 2017). همچنین تیمارهای آزمایشی نتوانستند بر pH مدفوع تأثیر معنی‌داری داشته باشند ($P > 0.05$).

رفتار نشخوار: اطلاعات و نتایج مربوط به رفتار نشخوار در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طور که این اطلاعات نشان می‌دهد در بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ استراحت، جویدن و نشخوار، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0.05$). ویژگی‌های فیزیکی مواد خوراکی می‌تواند رفتار تغذیه‌ای و عملکرد دام را تحت تأثیر قرار دهد (Mertens, 1997). اندازه ذرات علوفه مورد استفاده و مقدار الیاف مؤثر فیزیکی نامحلول در شوینده خنثی (PeNDF) می‌تواند بر فعالیت جویدن مؤثر باشد. انرژی صرف شده برای عمل خوردن غذا در نشخوارکنندگان معادل سه تا شش درصد از انرژی قابل سوخت و ساز مصرفی تخمین زده می‌شود. با این وجود، انرژی صرف شده برای

نشخوار کردن به مراتب کمتر از انرژی مصرفی برای خوردن خوراک بوده و در حدود ۰/۳ درصد از انرژی سوخت و ساز مصرفی برآورد می‌شود (McDonald *et al.*, 2011). انرژی صرف شده برای خوردن متناسب با کمیت غذای خورده شده نیست، بلکه مدت زمان سپری شده برای خوردن به ماهیت، الیاف و شکل فیزیکی جیره‌ای که مصرف می‌شود، بستگی دارد (Lachica *et al.*, 1977; Retrani *et al.*, 2009). به‌طور کلی، مدت زمان جویدن با کاهش اندازه ذرات و محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش می‌یابد (Grant *et al.*, 1990). ممکن است محتوای کمتر الیاف نامحلول در شوینده خنثی و ماهیت شیمیایی و فیزیکی آن موجب کاهش فعالیت نشخوار کردن و جویدن شده باشد (Van Soest *et al.*, 1994). احتمالاً تغییرات در زمان نشخوار ممکن است مرتبط با تفاوت در ماده خشک مصرفی و نیز گوارش‌پذیری مواد مغذی باشد و همچنین می‌توان فعالیت نشخوار را به‌عنوان عاملی برای تشخیص سلامت شکمبه به دلیل تحریک ترشح بزاق در نظر گرفت. مدت زمان صرف شده برای فعالیت جویدن (مجموع خوردن و نشخوار کردن) می‌تواند معیار خوبی از سلامت شکمبه باشد.

جدول ۴- اثر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر امتیاز روانی و اسیدیته مدفوع

Table 4. Effect of processing and different levels of flaxseed on fluidity score and acidity of feces

Parameter	Day	Treatments [§]							SEM	P-value
		1	2	3	4	5	6	7		
Fluidity score	1-14	2.55	2.75	2.75	2.55	2.55	2.75	2.75	0.21	0.9522
	15-28	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.95	1.95	0.11	0.4971
	29-43	1.75	1.95	1.75	1.75	1.85	1.95	1.85	0.31	0.5545
	44-57	1.95	1.95	1.75	1.95	1.75	1.75	1.95	0.15	0.8029
Fecal pH		7.38	7.36	7.16	7.42	7.30	7.76	7.74	0.26	0.6329

[§] Treatments included: 1. Control without flaxseed, 2. 5% flaxseed, 3. 10% flaxseed, 4. 5% micronized flaxseed, 5. 10% micronized flaxseed, 6. 5% extruded flaxseed, and 7. 10% extruded flaxseed.

جدول ۵- اثر فرآوری و سطوح مختلف دانه کتان بر رفتار نشخوار گوساله‌های شیرخوار

Table 5. Effect of processing and different levels of flaxseed on the rumination behavior of suckling calves

Parameter	Treatments [§]							SEM	P-value
	1	2	3	4	5	6	7		
Rumination	225.50	228.20	238.20	233.40	229.20	232.20	225.80	3.98	0.4088
Eating	352.75	373	380.20	373.40	348.40	359.20	347.40	10.83	0.2236
Chewing	581.25	601.20	618.40	606.60	577.60	591.40	573.20	14.04	0.2629
Resting	858.75	838.80	821.60	833.40	862.40	848.60	866.80	14.04	0.2629

[§] Treatments included: 1. Control without flaxseed, 2. 5% flaxseed, 3. 10% flaxseed, 4. 5% micronized flaxseed, 5. 10% micronized flaxseed, 6. 5% extruded flaxseed, and 7. 10% extruded flaxseed.

نتیجه‌گیری کلی

سلامتی گوساله‌ها نداشت و با در نظر گرفتن این نکته که فرآوری دانه کتان باعث کاهش یا از بین رفتن اثر مواد ضدتغذیه‌ای موجود در دانه کتان شده و نیز با توجه به مصرف کمتر خوراک و ضریب تبدیل خوراک مساوی با گروه شاهد، می‌توان از کتان اکستروود و میکرونیزه شده در سطح ۱۰ درصد در جیره گوساله‌های شیرخوار به عنوان منبع پروتئین و انرژی استفاده نمود.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تفاوت عمده‌ای بین تیمارهای مختلف دریافت‌کننده سطوح و فرآوری مختلف دانه کتان از نظر عملکرد، رشد اسکلتی، سلامت و رفتار نشخوار وجود ندارد. استفاده از کتان فرآوری شده تأثیر منفی بر عملکرد، شاخص‌های رشد اسکلتی و ضریب

فهرست منابع

- Allen M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 1598-1624.
- Amini J., Danesh Mesgaran M., Vakili S. A. and Heravi Mosavi A. 2016. Antioxidant activity of linseed products: effects on metabolism and immune responses using *in vitro* and *in vivo* model systems. 7th Iranian Congress of Animal Science. (In Persian).
- Araujo R. C., Pires A. V., Susin I., Mendes C. Q., Rodrigues G. H., Packer I. U. and Eastridge M. L. 2008. Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross (*Cynodon* species) hay. *Journal of Animal Science*, 86: 3511-3521.
- Baldwin V. I. R. L., McLeod K. R., Klotz J. L. and Heitmann R. N. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post weaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87: 55-65.
- Debbie L. and Thiessen D. 2011. Optimization of feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds. The Canadian prairie perspective. MCN Bioproducts Inc, 259-277.
- Didarkhah M. 2013. Investigating the *in vitro* digestibility characteristics of glucogenic and lipogenic diets containing flaxseed and its effect on the physiological indicators of pregnancy in Baluchi ewes. Ph.D. dissertation in ruminant nutrition. The Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Farran T., Reinhardt C., Blasi D., Minton J., Elsasser T., Higgins J. and Drouillard J. 2008. Source of dietary lipid may modify the immune response in stressed feeder cattle. *Journal of Animal Science*, 86: 1382-1394.
- Fasihi H. 2012. Interaction of n-6:n-3 ratio with level of Vitamin E of starter on performance and immunity responses of new born Holstein dairy calves. MSc thesis. Isfahan University of Technology. (In Persian).
- Gagliostro G. and Chilliard Y. 1991. Duodenal rapeseed oil infusion in early and midlactation cows: Voluntary intake, milk production, and composition. *Journal of Dairy Science*, 74: 499-509.
- Geraeily M. 2017. The effect of flaxseed oil on performance of dairy calves under heat stress conditions. MSc thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran. P. 106. (In Persian).
- Ghaffari M. 2016. The effects of feeding processed Flaxseed on performance of Holstein calves. MSc thesis Department of Animal Science, Tehran University. (In Persian).
- Ghasemi E., Azad-shahraki M. and Khoravesh M. 2017. Effect of different fat supplements on of dairy calves during cold season. *Journal of Dairy Science*, 100: 1-10.
- Grant R. J., Colenbrander V. F. and Mertens D. R. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*, 73: 1823-1833.
- Hill T. M., Bateman H. G., Aldrich J. M. and Schlotterbeck R. L. 2009. Effect of changing the essential and functional fatty acid intake of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 92: 670-676.
- Hill T. M., Bateman H. G., Aldrich J. M., Quigley J. D. and Schlotterbeck R. L. 2015. Inclusion of tallow and soybean oil to calf starters fed to dairy calves from birth to four months of age on calf performance and digestion. *Journal of Dairy Science*, 98: 4882-4888.
- Hill T. M., VandeHaar M. J., Sordillo L. M., Catherman D. R., Bateman H. G. and Schlotterbeck R. L. 2011. Fatty acid intake alters growth and immunity in milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*, 94:3936-3948.
- Hossein Abadi M., Torbatinejad N. M., Ghoorchi T. and Toghdory A. H. 2020. Effects of feeding different levels of flaxseed on performance, nutrient digestibility and blood parameters of pre-weaning calves. *Research on Animal Production*, 11(28): 67-74. (In Persian).
- Huuskonen A., Khalili H., Kiljala J., Joki-Tokola E. and Nousiainen J. 2005. Effects of vegetable fats versus lard in milk replacers on feed intake, digestibility, and growth in Finnish Ayrshire bull calves. *Journal of Dairy Science*, 88: 3575-3581.
- Innis S. M. 2007. Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *The Journal of Nutrition*, 137: 855-859.
- Karcher E., Hill T. M., Bateman H. G., Schlotterbeck R. L., Vito N., Sordillo L. M. and VandeHaar M. J. 2014. Comparison of supplementation of n-3 fatty acids from fish and flax oil on cytokine gene expression and

- growth of milk-fed Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 97: 2329-2337.
- Kennelly J. J. 1996. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 60: 137-152.
- Khorasani G., Robinson P., De Boer G. and Kennelly J. J. 1991. Influence of canola fat on yield, fat percentage, Fatty acid profile, and nitrogen fractions in Holstein milk. *Journal of Dairy Science*, 74: 1904-1911.
- Khorasani R. G. and Kennelly J. J. 1994. Influence of flaxseed on the nutritional quality of milk. *Proceedings of the 55th Flax Inst. Conf.* J. F. Carter, ed. North Dakota State University, Fargo, ND. Pp. 127-134.
- Lachica M., Aguilera J. F. and Prieto C. 1997. Energy expenditure related to the act of eating in Granadina goats given diets of different physical form. *British Journal of Nutrition*, 77: 417-426.
- Larson L. L., Owen F. G., Albright J. L., Appleman R. D., Lamb R. C. and Muller L. D. 1977. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *Journal of Dairy Science*, 60: 6-19.
- Lashkari S., Azizi A. and Jahani Azizabadi H. 2017. The effects of different flax seed processing methods on yield, milk fatty acids pattern and nutrient digestibility in lactating cows. *Journal of Animal Production Research*, 27(4): 105-119. (In Persian).
- Lessard M., Gagnon N. and Petit H. V. 2004. Immune response of postpartum dairy cows fed flaxseed. *Journal of Dairy Science*, 86: 2647-2657.
- McDonald P., Edwards R. A., Greenhalgh J. F. D., Morgan C. A., Sinclair L. A. and Wilkinson R. G. 2011. *Animal Nutrition*. 7th ed. Longman Group UK, Harlow, UK. P. 693.
- Mertens D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7): 1463-1481.
- Mortezaei A., Vakili A. and Danesh Mesgaran M. 2016. Evaluation of seasonal changes on milk composition and milk production of Holstein cows fed with flax seeds. *Journal of Research in Ruminants*, 4: 85-1020. (In Persian).
- Mustafa A. F., Mckinnon J. J., Christensen D. A. and He T. 2002. Effects of micronization of flaxseed on nutrient disappearance in the gastrointestinal tract of steers. *Animal Feed Science and Technology*, 95: 123-132.
- Naserian A. A., Saremi B., Bashteni M. and Furughi A. 2013. *Nutrition management and breeding of calves* (Translation). Third edition. Ferdowsi University Press, Mashhad. P. 408. (In Persian).
- National Research Council (NRC). 1973. *Committee on Animal Nutrition; Center for Tropical Agriculture, University of Florida, and Department of Animal Science, University of Florida*. P. 491.
- Neveu C., Baurhoo B. and Mustafa A. 2014. Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science*, 97: 1-9.
- Palmquist D. L. and Jenkins T. C. 1980. Fat in lactation rations: A Review. *Journal of Dairy Science*, 63: 1-14.
- Petit H. V. and Cortes C. 2010. Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 158: 36-43.
- Petit H. V., Cavalieri F. B., Santos G. T. D., Morgan J. and Sharpe P. 2008: Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed and the success of embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 91: 1786-1790.
- Rajabi Y., Chashni Dell Y. and Dirandeh A. 2016. The effect of feeding different sources of fat during the transition period on milk production and composition and blood parameters of Holstein dairy cows. *Animal Production Research*, 9: 92-100. (In Persian).
- Ramezani M. 2018. The effect of extruded flaxseed and conjugated linoleic acid on performance, blood metabolites and immune response in milk-fed calves. MSc thesis, University of Mohaghegh Ardabili. (In Persian).
- Retnani Y., Widiarti W., Amiroh I., Herawati L. and Satoto K. B. 2009. Storage capacity and palatability of wafer complete ration based on sugar cane top and bagasse on calves. *Media Peternakan*, 32: 130-136.
- Sabahi N. and Vafadar Moghaddam M. R. 2009. *Principles of new technology of livestock, poultry and aquaculture food industries*. Sepehr Publishing Center. (In Persian).
- SAS. 2001. *Statistical Analysis System, User's Guide: Statistics*. Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Spolare P., Joannis-Cassan C. and Duran E. 2005. Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2): 87-96.
- Thomas L. C., Wright T. C., Formusiak A., Cant J. P. and Osborne V. R. 2007. Use of flavored drinking water in calves and lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90: 3831-3837.
- Van Soest P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminants*. Cornell University Press, Ithaca, New York. *Nebraska Beef Cattle Reports*, 67A: 72-74.