

The effects of using Spirulina algae on the growth performance, blood parameters and some enzymes of the immune system of Holstein suckling calves

Karim Chesmberah¹, Jamal Seifdavati^{2*}, Hossein Abdi Benemar²,
Reza Seyedsharifi², Sayed Seifzadeh³

¹ MSc Student, Department of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

² Professor, Department of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: jseifdavati@uma.ac.ir

³ Ph.D. of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran

Article Info **ABSTRACT**

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 05/17/2023
Revised: 06/26/2023
Accepted: 06/27/2023

Keywords:
Antioxidant activity
Beta-hydroxybutyrate
Performance
Spirulina algae
Starter diet

Background and Objectives: Spirulina is a microscopic unicellular algae that grows in fresh water and has a simple structure but a complex composition. This algae contains rich sources of various nutrients that have antioxidant properties and probiotic properties. It serves as a suitable substitute for antibiotics and can be used specifically as growth stimulants to improve feed conversion ratio in Holstein calves. The aim of this research was to investigate the effects of spirulina algae on the growth performance, blood parameters, and some enzymes of the immune system in suckling Holstein calves.

Materials and Methods: To perform this experiment, 32 female Holstein calves, aged 1 to 5 days with the average weight of 37.2 ± 2 kg were selected in a completely random design, including 4 treatments and 8 replications. The experimental treatments included: 1) basic diet without additives, 2) basic diet with 1% spirulina algae, 3) basic diet with 2% spirulina algae, 4) basic diet with 3% spirulina algae, based on diet dry matter content.

Results: Our findings showed that the addition of 3% spirulina algae in the diet of suckling calves increased the final weight compared to the control group ($P < 0.05$). Daily weight gain of suckling calves receiving spirulina algae in their diets tended to be significant. The calves receiving 3% spirulina algae had a greater daily weight gain compared to other experimental treatments ($P < 0.06$). Feed consumption and feed conversion ratio of suckling calves were not significantly affected by feeding spirulina algae. Addition of spirulina algae increased the body length of suckling calves at 30 days compared to the control treatment ($P < 0.05$). The height from the withers and breast circumference of the suckling calves at 30 and 75 days significantly increased by receiving 1 percent algae ($P < 0.05$). The inclusion of spirulina algae in the diet of infant calves did not have a significant effect on the blood concentration of glucose, triglyceride, albumin, and blood urea at 30 and 65 days. Cholesterol concentration decreased in 30 days by adding 2% spirulina algae ($P < 0.05$). On the other hand, the use of 2% spirulina algae increased the total protein concentration compared to the control group ($P < 0.05$). The blood concentration of beta-hydroxybutyrate increased with the addition of 1 and

2% spirulina algae ($P<0.05$). The concentration of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase was not affected by spirulina algae. The concentration of superoxide dismutase increased significantly after 30 days in the groups receiving one percent algae ($P<0.05$). The concentrations of glutathione peroxidase, malondialdehyde, and total antioxidant capacity were not affected by the use of algae in the diet of suckling calves.

Conclusion: In general, the use of spirulina algae at the dose level of 3% of starter diet dry matter in Holstein suckling calves was able to increase superoxide dismutase at 30 days of age, total antioxidant capacity, the final body weight, and daily weight gain at 75 days of age, and at the level of 2% the concentration of beta-hydroxybutyrate and protein. It increased the total protein in 75 days and decreased the blood cholesterol at the level of 2% at 30 days, and at the level of 1% at 75 days. Therefore, to increase the calves' immune system, it is recommended to use spirulina algae at the level of 3% based on the dry matter of the Holstein calves' starter diet.

Cite this article: Chesmberah, K., Seifdavati, J., Abdi Benemar, H., Seyedsharifi, R., Seifzadeh, S. (2023). The effects of using spirulina algae on the growth performance, blood parameters and some enzymes of the immune system of Holstein suckling calves. *Journal of Ruminant Research*, 11(4), 53-72.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21361.1896

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنجه‌های خونی و برخی آنزیم‌های سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

کریم چشم براه^۱، جمال سیف دواتی^{۲*}، حسین عبدی بنمار^۲، رضا سیدشریفی^۱، صیاد سیف‌زاده^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

^۲ استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، رایانامه: jseifdavati@uma.ac.ir

^۳ دانش آموخته دکتری تغذیه دام گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: اسپیرولینا یک جلبک تک‌سلولی میکروسکوپی است که در آب تازه رشد می‌کند و ساختاری ساده اما ترکیبی پیچیده دارد. این جلبک حاوی منابع سرشار مواد مغذی مختلف بوده که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و خواص پروبیوتیک داشته و می‌تواند جایگزین‌های مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها باشند و به‌صورت اختصاصی به‌عنوان محرک رشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی در گوساله‌های هلشتاین استفاده شوند. هدف از این پژوهش بررسی اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد، فرا سنجه‌های خونی و برخی آنزیم‌های سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۷	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۴/۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۶	
واژه‌های کلیدی:	مواد و روش‌ها: جهت انجام این آزمایش، تعداد ۳۲ رأس گوساله ماده هلشتاین بین سنین ۱ الی ۵ روز و میانگین وزنی 27.2 ± 2 کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار انتخاب شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) جیره پایه بدون افزودنی، (۲) جیره پایه به همراه ۱ درصد جلبک اسپیرولینا، (۳) جیره پایه به همراه ۲ درصد جلبک اسپیرولینا، (۴) جیره پایه + ۳ درصد جلبک اسپیرولینا بر اساس ماده خشک جیره بودند.
بتا‌هیدروکسی بوتیرات	
جلبک اسپیرولینا	
جیره استارتر	
عملکرد	
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	
یافته‌ها: نتایج نشان داد که وزن نهایی گوساله‌های شیرخوار در اثر افزودن ۳ درصد جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی آغازین در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت ($P < 0.05$). افزایش وزن روزانه گوساله‌های شیرخوار در اثر افزودن جلبک اسپیرولینا تمایل به معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که گوساله‌های دریافت‌کننده ۳ درصد جلبک اسپیرولینا افزایش وزن روزانه بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی داشتند ($P < 0.06$). مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی گوساله‌های شیرخوار با تغذیه جلبک اسپیرولینا تحت تأثیر معنی‌داری قرار نگرفت. افزودن جلبک اسپیرولینا در سطح ۱ درصد طول بدن گوساله‌های شیرخوار را در ۳۰ روزگی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد ($P < 0.05$). همچنین ارتفاع از جدوگاه و دور سینه گوساله‌های شیرخوار در ۳۰ و ۷۵ روزگی با دریافت یک درصد جلبک افزایش یافت ($P < 0.05$). استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره گوساله‌های شیرخوار اثر معنی‌داری بر غلظت خونی گلوکز، تری	

گلیسیرید، آلبومین و اوره خون در ۳۰ و ۷۵ روزگی ایجاد نکرد. غلظت کلسترول در ۳۰ روزگی با افزودن ۲ درصد جلبک اسپیرولینا کاهش یافت ($P < 0/05$). در مقابل استفاده از ۲ درصد جلبک اسپیرولینا غلظت پروتئین کل را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد ($P < 0/05$). غلظت خونی بتاهیدروکسی بوتیرات با افزودن ۱ و ۲ درصد جلبک اسپیرولینا افزایش یافت ($P < 0/05$). غلظت آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز تحت تأثیر جلبک اسپیرولینا قرار نگرفت. غلظت سوپر اکسید دیسموتاز در ۳۰ روزگی در گروه‌های دریافت‌کننده یک درصد جلبک افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). غلظت گلوکوتیون پراکسیداز، مالون دی آلدئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از جلبک در جیره گوساله‌های شیرخوار تحت تأثیر قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی استفاده از جلبک اسپیرولینا در سطح ۳ درصد بر اساس ماده خشک جیره آغازین گوساله شیرخوار هلشتاین توانست سوپراکسید دیسموتاز در ۳۰ روزگی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، میزان وزن نهایی بدن و افزایش وزن روزانه در ۷۵ روزگی و در سطح ۲ درصد غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات و پروتئین کل در ۷۵ روزگی را افزایش و کلسترول خون را در سطح ۲ درصد در ۳۰ روزگی و در سطح ۱ درصد در ۷۵ روزگی کاهش دهد. بنابراین برای افزایش سیستم ایمنی گوساله استفاده از جلبک اسپیرولینا در سطح ۳ درصد بر اساس ماده خشک جیره آغازین گوساله شیرخوار هلشتاین توصیه می‌شود.

استناد: چشم‌براه، ک، سیف دواتی، ج، عبدی بنمار، ح، سیدشریفی، ر، سیف زاده، ص. (۱۴۰۲). اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنج‌های خونی و برخی آنزیم‌های سیستم ایمنی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۱(۴)، ۷۲-۵۳.

DOI: 10.22069/ejrr.2023.21361.1896



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جهت موفقیت در صنعت پرورش گاو شیری، باید گوساله‌های شیرخوار با روش‌های مناسب تغذیه‌ای پرورش داده شوند، بقاء یک گاوداری وابسته به تولید گوساله‌های با رشد مناسب و سالم برای جانشینی می‌باشد. پرورش صحیح گوساله‌ها در اوایل زندگی تضمین‌کننده سلامت گله و تولید می‌باشد (Drackley, 2008). استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره باهدف تحریک رشد، موجب بهبود عملکرد رشد، ارتقای و ازدیاد محصولات و حاصل آن منافع بیشتر از پرورش می‌شود؛ اما اخیراً دغدغه‌هایی در ارتباط با به‌کاربردن آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی و رسوب و بقایای آن‌ها در فرآورده‌های دامی بیشتر شده است (Drackley, 2008). پژوهش‌های اخیر بیانگر این است که افزودن مداوم و منظم آنتی‌بیوتیک‌ها به مدت طولانی در جیره غذایی دام و طیور، منجر به ایجاد باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف و ژن‌های مقاومت آنتی‌بیوتیکی می‌شود (Xu و همکاران، 2022؛ Tian و همکاران، 2021؛ Tian Marques de Assis و همکاران، 2014). لذا به کاربردن افزودنی‌هایی که علاوه بر تأمین خصوصیات ایده‌ال و مناسب دارای عدم تأثیرات زیست‌محیطی بوده باشند، توجه پژوهشگران را به خود معطوف کرده است. از افزودنی‌های گیاهی که در سال‌های اخیر بیشتر موردتوجه محققین قرار گرفته است جلبک می‌باشد. جلبک‌ها می‌توانند جایگزین‌های مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها باشند طوری که به‌صورت اختصاصی به‌عنوان محرک رشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی در گوساله‌های هلشتاین استفاده شوند (Tomalusi و همکاران، 2021؛ Salehian و همکاران 2022).

جلبک‌ها یکی از منابع ارزشمند اسیدهای چرب بلند زنجیر امگا ۳ چندین پیوند دوگانه می‌باشند که

اثرات مطلوب بر سلامت انسان و حیوان دارد (Boeckert و همکاران، 2008). جلبک‌ها دارای مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای کربوهیدرات، پروتئین، ویتامین‌ها، عناصر معدنی و آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که ترکیبات شیمیایی آن‌ها با توجه به سن، فصل، عوامل محیطی، توزیع جغرافیایی و تنوع فیزیولوژیکی آن‌ها متغیر است (Aguilera-Morales و همکاران، 2015). جلبک‌ها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیاد بوده و سبب تقویت سیستم ایمنی، دفع عناصر فلزی سنگین از محتوی بدن، حفاظت از کلیه و کبد، کنترل و به تأخیر انداختن سیر تکثیر غدد سرطانی، پایین آوردن حساسیت و آلرژی و کاهش دادن رشد و تکثیر ویروس‌ها می‌شود (Gupta و همکاران، 2011). همچنین استفاده از جلبک‌ها در خوراک گوساله، بره و جوجه‌های گوشتی می‌تواند به‌واسطه افزایش پاسخ ایمنی، مقاومت در برابر بیماری‌ها، خاصیت ضدویروسی و ضد باکتریایی، عملکرد روده و تحریک تشکیل کلنی پروبیوتیک را بهبود بخشد (Makkar و همکاران، 2016؛ Nazmi و همکاران، 2022). جلبک اسپیروولینا یکی از انواع جلبک‌ها تولیدشده بوده که اخیراً با توجه به خواص آن موردتوجه محققان قرار گرفته است. اسپیروولینا یک جلبک تک‌سلولی میکروسکوپی است که در حوضچه‌های بزرگ در فضای باز و تحت شرایط کنترل‌شده، رشد می‌کند و ساختاری ساده اما ترکیبی پیچیده دارد. این جلبک حاوی منابع سرشار مواد مغذی مختلف بوده که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و خواص پروبیوتیک دارد. اسپیروولینا به‌واسطه فعالیت آنتی‌اکسیدانی (وجود ترکیباتی همچون فیکوسیانینی، پلی ساکارید، آلفاتوکوفرول و بتا کارتن) توانایی حذف رادیکال‌های آزاد را دارد (Casas و همکاران، 2003). فعالیت ضد میکروبی ریز جلبک اسپیروولینا می‌تواند به دلیل حضور

۲) جیره پایه به همراه ۱ درصد جلبک اسپیرولینا، ۳) جیره پایه به همراه ۲ درصد جلبک اسپیرولینا و ۴) جیره پایه به همراه ۳ درصد جلبک اسپیرولینا بر اساس ماده خشک جیره بودند. پودر حاصل از خشک‌شده جلبک اسپیرولینای مورد استفاده در این طرح از شرکت زیست پالایشگاه قشم تهیه گردید و به صورت سرک طبق هر سطح تیمار بر اساس ماده خشک جیره به جیره پایه (استارتر) افزوده شد. گوساله‌ها در ۲۴ ساعت اول پس از تولد، ضمن وزن‌کشی به باکس‌های انفرادی منتقل شدند. سپس ۴ لیتر آغوز در دو نوبت و در ۸ ساعت اولیه تولد تغذیه شد. دادن آغوز برای ۲ روز دیگر بر مبنای ۱۰ درصد وزن بدن ادامه یافت (Drackley, ۲۰۰۸). برنامه تغذیه شیر و جیره پایه گوساله‌ها طبق روال معمول مدیریتی کشت و صنعت مغان انجام شد. جیره آغازین از روز ۵ پس از تولد به صورت آزاد در اختیار گوساله قرار گرفت تا بر اساس اشتها مصرف گردد. آب آشامیدنی نیز همراه با استارتر از روز ۵ تولد به صورت مصرف آزاد در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت و تنها یک ساعت قبل تا یک ساعت پس از شیردهی از دسترسی گوساله‌ها به آب جلوگیری شد. مقدار ۱۰ درصد یونجه خشک از روز ۲۰ پس از تولد به صورت خردشده در اندازه‌ی قطعات ۱-۲ سانتی‌متر به جیره‌ی استارتر گوساله‌ها اضافه شد. اجزای و ترکیب شیمیایی جیره آغازین گوساله‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین ترکیب شیمیایی پودر جلبک اسپیرولینا (که بر اساس یافته‌های شرکت زیست پالایشگاه قشم تهیه گردیده شده) در جدول ۱ ارائه شده است.

در طول دوره آزمایشی، جیره‌های غذایی پس از توزین روزانه در اختیار گوساله‌ها قرار گرفت. برای تعیین میزان مصرف خوراک، قبل از ریختن خوراک وعده صبح، باقیمانده خوراک روز قبل جمع‌آوری و

طیف وسیعی از ترکیبات زیست فعال باشد. گزارش شده است که تریپتوئیدها و فنیل پروپانوییدها به خاطر داشتن خصوصیات چربی دوستی می‌توانند به داخل غشا سلول باکتری نفوذ کنند (Usharani و همکاران، ۲۰۱۵). خصوصیات ساختاری از قبیل حضور گروه‌های هیدروکسیل و آروماتیکی مسئول فعالیت ضد میکروبی آن‌ها هستند (Grosshagauer و همکاران، ۲۰۲۰). اخیراً اثرات مکمل اسپیرولینا بر عملکرد حیوانی و کیفیت محصولات حیوانی در جیره گوساله و گاوهای شیری (Casas و همکاران، ۲۰۰۳؛ Boeckert و همکاران، ۲۰۰۸؛ Riad و همکاران، ۲۰۱۹؛ Lamminen و همکاران، ۲۰۱۹؛ Tomaluski و همکاران، ۲۰۲۱)، بره‌های پرواری و بز (Holman و همکاران، ۲۰۱۲؛ Hafez و همکاران، ۲۰۱۳؛ El-Sabagh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Al-Yahyaey و همکاران، ۲۰۲۳) مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به خواص جلبک اسپیرولینا و مطالعات محدود در رابطه اثرات جلبک اسپیرولینا در جیره گوساله‌های شیرخوار مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد، فرا سنجه‌های خونی و برخی آنزیم‌های سیستم ایمنی (نظیر فعالیت آنزیم گلوکوتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز) گوساله‌های شیرخوار هلشتاین طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مجتمع دام‌پروری شرکت کشت و صنعت مغان واقع در استان اردبیل، شهرستان پارس‌آباد انجام گرفت. بدین منظور از ۳۲ رأس گوساله ماده هلشتاین تازه متولدشده با میانگین سنی ۵-۱ روز و میانگین وزنی $37/2 \pm 2$ کیلوگرم با ۴ تیمار ۸ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. طول مدت آزمایش ۷۵ بود. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه بدون افزودنی (شاهد)،

اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنجه‌های... / کریم چشم براه و همکاران

ثبت شدند. گوساله‌ها همراه یک‌بار با اعمال محرومیت قبلی ۱۴-۱۲ ساعت از آب و خوراک جهت جلوگیری تغییرات وزن، وزن‌کشی شدند. فاکتورهای رشدی شامل طول بدن، ارتفاع از جدوگاه، محیط قفسه سینه (به‌وسیله متر استاندارد) در روزهای اول و انتهای دوره اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- اجزای و ترکیب شیمیایی جیره (پایه) آغازین گوساله‌ها و افزودنی جلبک اسپیرولینا

Table 1- Components and chemical composition of the starter ration (base) for calves and spirulina algae additive

اسپیرولینا Spirulina	جیره آغازین Starter diet	ترکیب شیمیایی Chemical composition	درصد (%)	اقلام خوراکی Ingredient feed
درصدی از ماده خشک Percentage of dry matter	درصدی از ماده خشک Percentage of dry matter			
89.88	90.7	ماده خشک Dry matter	42.5	ذرت Corn
55.40	21.7	پروتئین خام Crude protein	12.0	جو Barley
-	7.31	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	5.0	سبوس گندم Wheat bran
0.20	16.25	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	37.6	کنجاله سویا Soybean meal
2.00	2.26	عصاره اتری Ether extract	0.4	نمک Salt
-	0.54	کلسیم Calcium	1.0	پودر صدف Oyster powder
-	0.22	فسفر Phosphorus	0.5	مکمل مواد معدنی Mineral supplement
7.60	-	خاکستر خام Ash	0.5	مکمل ویتامینه Vitamin supplement
0.29	-	استاگزانتین (میلی گرم در کیلوگرم) Astaxanthin (mg/kg)	0.5	جوش شیرین Baking soda
2.60	2.72	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم) ME (Mcal/kg)		

ترکیب مکمل ویتامینه: ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم؛ ویتامین E، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم؛ ویتامین D₃ ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی در کیلوگرم؛ ترکیب مکمل معدنی: کلسیم ۱۹۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ فسفر ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ منیزیم ۹۰۰۰۰ میلی‌گرم؛ سدیم ۵۵۰۰۰ میلی‌گرم؛ روی ۳۰۰۰ میلی‌گرم؛ آهن ۳۰۰ میلی‌گرم؛ منگنز ۲۰۰۰؛ مس ۲۸۰ میلی‌گرم؛ کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم ۱ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدانت ۴۰۰ میلی‌گرم

Vitamin supplement composition: Vitamin A, 500,000 IU/kg; Vitamin E, 100 mg/kg; Vitamin D₃ 100,000 IU/kg; Mineral supplement composition: Calcium 195,000 mg; Phosphorus 90,000 mg; Magnesium 90,000 mg; Sodium 55000 mg; 3000 mg Zinc; Iron 300 mg; Manganese 2000; Copper 280 mg; Cobalt 100 mg; Selenium 1 mg; Antioxidant 400 mg

آزمایشگاه، به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شده (با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه) و پلاسما آن‌ها جدا شدند. نمونه‌های مزبور تا زمان اندازه‌گیری، در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. اندازه‌گیری گلوکز، اوره، کلسترول، تری‌گلیسرید، آلبومین، پروتئین کل، آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین

در روزهای ۳۰ و ۷۵ آزمایش، در حدود ۴ الی ۵ ساعت پس از وعده غذایی صبح از طریق سیاهرگ و داج از تمامی گوساله خون‌گیری انجام شد (Hulbert و Moisa، ۲۰۱۲). از خون گرفته شده در لوله جداگانه برای استحصال پلاسما از لوله‌های فاقد هپارین استفاده شد. نمونه‌های خون پس از انتقال به

وزن روزانه را نیز افزایش داد ولی معنی‌دار نبود بلکه تمایل شدید به معنی‌دار شدن داشت ($P=0/06$). مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی گوساله‌های دریافت‌کننده سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا نتوانست اختلاف معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد داشته باشد. در این راستا AL-Shorepy و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که استفاده از جلبک در جیره بره‌های شیرخوار سبب افزایش وزن روزانه گردید. Hafez و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که مکمل کردن جیره بره‌های در حال رشد با جلبک اسپیرولینا، مصرف خوراک را در مقایسه با گروه شاهد افزایش می‌دهد. Riad و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثرات سطوح ۱ و ۲ گرم مکمل اسپیرولینا در جیره گوساله‌های شیرخوار نشان دادند که افزودن ۲ گرم جلبک اسپیرولینا در مقایسه با گروه ۱ گرم اسپیرولینا و گروه شاهد وزن نهایی و افزایش وزن گوساله‌ها را بهبود داد. Bezerra و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه اثر جلبک اسپیرولینا در بره‌ها گزارش کردند که بره‌های دریافت‌کننده اسپیرولینا وزن بدن و افزایش وزن بیشتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند. بدیهی است که بهبود قابلیت هضم مواد مغذی خوراک مصرفی و عملکرد رشد ممکن است نتیجه کاهش باکتری مضر مانند *E. coli* و همچنین افزایش باکتری مفید مانند یوباکتریوم در میکروبیوتای لوله گوارش گوساله‌های شیرخوار باشد. زیرا که لاکتوباسیل‌ها آماده تولید دپلیمرازهای قندی و گلیکوزیدازها هستند که ممکن است مورد استفاده قرار گرفتن مواد مغذی را با تخریب قند ساختاری در غشاهای نیمه‌تراوا خوراک (گیاه) مصرفی بهبود بخشند (Macfarlane و همکاران، ۱۹۹۰).

Holman و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که مکمل کردن جیره بره‌ها با جلبک اسپیرولینا وزن بدن

آمینوترانسفراز در نمونه‌های جمع‌آوری شده پلاسما با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، ایران) و با استفاده از دستگاه اتوالایزر مدل CS-400 انجام شد. فعالیت آنزیم گلوکاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در نمونه‌های خون کامل جمع‌آوری شده با استفاده از کیت RANSEL (شرکت RANDOX، انگلیس) مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده کیت و توسط دستگاه اسپکتوفتومتری اندازه‌گیری شد. داده‌ها مربوط به فراسنجه‌های خونی و آنزیمی از رویه مدل خطی معمولی و تجزیه تحلیل داده‌های تکرارشونده (وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی) از رویه مخلوط شده و با استفاده از نرم‌افزار SAS (ویرایش ۹.۱ سال ۲۰۰۳) آنالیز شدند. برای داده‌های تکرارشونده مقایسه میانگین‌های حداقل مربعات در سطح ۵ درصد توسط آزمون توکی صورت گرفت. مدل‌های آماری به صورت زیر:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{k(i)} + e_{ijk}$$

$$Y_i = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

می‌باشد، که در آن μ برابر میانگین، α_i برابر اثر تیمار i ام، β_j برابر اثر زمان j ام، $\alpha\beta_{ij}$ برابر اثر متقابل تیمار و زمان، خطای تصادفی حاصل از تکرار در داخل تیمار، e_{ij} و e_{ijk} برابر خطای باقیمانده می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به بررسی اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود استفاده از جلبک اسپیرولینا، وزن نهایی گوساله‌های شیرخوار را تحت تأثیر قرارداد و افزایش وزن روزانه را نیز با تمایل به معنی‌داری بهبود بخشید. به طوری که سطح ۳ درصد بیشترین وزن نهایی را نسبت به بقیه تیمارها نشان داد ($P<0/05$). استفاده از سطوح مختلف جلبک، افزایش

نگهداری، نوع دام و سیستم تولید ممکن است دلیلی برای تغییر چنین نتایجی باشد (Bonos و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین برای بهینه‌سازی رشد و وزن زنده، گوساله‌ها باید به خوراک‌های با کیفیت بالا، به‌ویژه مکمل‌های غذایی غنی از پروتئین دسترسی داشته باشند (Mitchell و همکاران، ۲۰۰۷). محتوای پروتئین ۶۰-۷۰ درصدی اسپیرولینا (Belay و همکاران، ۱۹۹۷) نشان می‌دهد که افزایش استفاده از آن به‌عنوان مکمل در جیره پیش‌نشخوارکننده و نشخوارکننده منجر به بهبودهای متناسب در وزن نهایی بدن گوساله می‌شود (Holman و همکاران، ۲۰۱۲؛ Chaji و همکاران، ۲۰۱۲).

و افزایش وزن روزانه را بهبود بخشید. Khard و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که وزن بدن، میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی پرنده‌های تغذیه‌شده با جیره حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس در مقایسه با گروه شاهد بهبود یافت. Al-Yahyaey و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که استفاده از جلبک اسپیرولینا نتوانست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد بزها داشته باشد. Marinal و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از ۲۵ درصد جلبک سارگاسوم در تغذیه گوسفند تأثیر معنی‌داری بر روی افزایش وزن روزانه مشاهده نکردند. دلیل تناقض در یافته‌های محققین، پارامترهای ثانویه همچون ترکیب خوراک، شرایط

جدول ۲- بررسی اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 2- Investigating the effects of different levels of Spirulina algae on the growth performance of Holstein calves

P- value	میانگین انحراف معیار استاندارد SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			شاهد Control	
		جلبک (۳ درصد) Algae (3%)	جلبک (۲ درصد) Algae (2%)	جلبک (۱ درصد) Algae (1%)		
0.97	0.94	37.16	37.50	37.00	37.00	وزن تولد (kg) Birth weight (kg)
0.05	5.88	95.33 ^a	92.66 ^{ab}	92.16 ^{ab}	85.50 ^b	وزن نهایی (۷۵ روزگی) (kg) Final weight (75 days old) (kg)
0.06	38.00	775.56	735.68	735.58	646.58	افزایش وزن روزانه (g) Daily weight gain (g)
0.31	36.85	750.26	738.26	712.15	657.27	مصرف خوراک روزانه (g) Daily feed intake (g)
0.56	0.15	0.97	1.003	0.97	1.02	ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio

^{ab} حروف غیرمشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد است.

^{ab} The means within the same row with different letter have significant difference (P < 0.05).

دارد (Gutiérrez-Salmeán و همکاران، ۲۰۱۵). چندین مطالعه نشان داده‌اند که گنجانیدن اسپیرولینا در جیره غذایی می‌تواند عملکرد حیوانات را بهبود بخشد و این تأثیر قابل توجه تیمارهای غذایی بر وزن بدن حیوان تغذیه‌شده با جیره اسپیرولینا ممکن است از طریق بهبود

چنانچه تحقیقات قبلی نشان داده است که پروتئین و محتوی اسیدآمینو آن، به‌طور ویژه، یک عنصر مهم برای رشد و عملکرد حیوانات است (Hwangbo و همکاران، ۲۰۰۹) اسپیرولینا حاوی تمام اسیدهای آمینو ضروری و تا ۷۰ درصد پروتئین خام در ماده خشک

مشکلات مرتبط با ارزیابی بصری را حل کند (Okpeku و همکاران، ۲۰۱۱). اسپیرولینا یک ریز جلبک است که حاوی غلظت بالایی از اسیدهای چرب ضروری است (Po'ti و همکاران، ۲۰۱۵)، که به‌عنوان تری گلیسرول در بافت چربی ذخیره می‌شود و افزایش رشد اسکلتی و بهبود وضعیت بدنی را با مکمل اسپیرولینا توضیح می‌دهد (Holman و همکاران، ۲۰۱۲). در این مطالعه، افزایش وزن نهایی بدن، تمایل به افزایش وزن زنده روزانه و افزایش برخی پارامترهای رشد اسکلتی در کنار مصرف مکمل اسپیرولینا مشاهده شد.

فراسنجه‌های خونی: نتایج مربوط به بررسی اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر فرا سنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که افزودن جلبک اسپیرولینا در جیره گوساله‌های شیرخوار نتوانست اثر معنی‌داری بر غلظت خونی گلوکز، تری گلیسیرید، آلبومین و اوره خون در ۳۰ و ۷۵ روزگی داشته باشد ($P > 0.05$).

غلظت کلسترول در ۳۰ روزگی با افزودن ۲ درصد جلبک اسپیرولینا کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشت ($P < 0.05$). همچنین در ۷۵ روزگی استفاده از یک درصد جلبک اسپیرولینا غلظت کلسترول را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی کاهش داد ($P < 0.05$). در ۳۰ روزگی، مکمل کردن جیره گوساله‌های شیرخوار با ۲ درصد جلبک اسپیرولینا غلظت پروتئین کل را در مقایسه با گروه شاهد افزایش نداد؛ اما در ۷۵ روزگی اختلاف معنی‌داری در غلظت پروتئین کل مشاهده شد.

غلظت خونی بتا‌هیدروکسی بوتیرات با افزودن ۱ و ۲ درصد جلبک اسپیرولینا در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). Karimi و

کارایی استفاده از خوراک حاصل شود (Holman و همکاران، ۲۰۱۲؛ Madeira و همکاران، ۲۰۱۷).

رشد اسکلتی: نتایج مربوط به بررسی اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از ۱ درصد جلبک اسپیرولینا طول بدن گوساله‌های شیرخوار را در زمان ۳۰ روزگی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد افزایش دادند ($P < 0.05$)؛ اما در ۷۵ روزگی طول بدن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. گوساله‌های دریافت‌کننده ۱ درصد جلبک اسپیرولینا ارتفاع بدن و دور سینه را نسبت به گروه شاهد افزایش دادند ($P < 0.05$). در مطالعه‌ای Al-Yahyaey و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که استفاده از ۴ گرم در روز جلبک اسپیرولینا پلانتمس دور سینه بز عمانی را در مقایسه با گروه شاهد کاهش داد. اما تأثیر معنی‌داری بر طول سینه و ارتفاع بدن ایجاد نکرد. Holman و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از جلبک اسپیرولینا تأثیر مثبتی بر وضعیت بدنی بره‌ها دارد. افزایش دور سینه در گروه ۳ درصد جلبک اسپیرولینا در گوساله‌های این تحقیق بیانگر این مطلب هست که اسپیرولینا غنی از نظر مواد مغذی، به‌ویژه ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب ضروری، اسیدهای آمینه و سایر مواد مغذی بوده که ممکن است رشد سریع‌تر را تحریک کنند. رشد و عملکرد بهتر در گوساله‌هایی که با جیره غذایی مکمل اسپیرولینا تغذیه می‌شوند ممکن است به تراکم مواد مغذی بالای اسپیرولینا و تحریک ترشح آنزیم‌های خارج سلولی توسط میکرو فلور روده نسبت داده شود (Tovar و همکاران، ۲۰۰۲). چنین بیان شده است که ارزیابی ویژگی‌های ساختار اسکلتی بدن با رشد و نمو بدن حیوان مرتبط است، که می‌تواند بسیاری از

اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنجه‌های... / کریم چشم براه و همکاران

استفاده از اسپیرولینا در دوره شیرخوارگی گوساله‌ها اثرات مثبت (Riad و همکاران، ۲۰۱۹؛ Allen و همکاران، ۲۰۰۱) به همراه داشته است. به نظر می‌رسد سطح اسپیرولینا مصرفی، زمان شروع مصرف در دوره شیرخوارگی و حتی اثر متقابل با مواد مغذی دیگر نیز در پاسخ نشخوارکنندگان جوان به اسپیرولینا تأثیرگذار باشد (Macfarlane و همکاران، ۱۹۹۰).

همکاران (۲۰۲۱) مشخص کردند که میزان غلظت خونی بتاهیدروکسی بوتیرات شاخصی از توسعه متابولیسم دیواره شکمبه می‌باشد که تابعیت زیادی از جیره دوره شیرخوارگی خواهد داشت و پیامدهای آن به دوره‌های بعد نیز منتقل خواهد شد. به نظر می‌رسد افزایش سطح بتاهیدروکسی بوتیرات در خون گوساله‌هایی که با اسپیرولینا تغذیه شده‌اند مرتبط با سطح بالاتر بوتیرات در مایع شکمبه بوده و نشان‌دهنده بازدهی بیشتر در این تیمارها می‌باشد.

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر رشد اسکلتی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 3- The effects of different levels of Spirulina algae on the skeletal growth of Holstein calves

سطح معنی‌داری P- value	میانگین انحراف معیار استاندارد SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			شاهد Control	
		جلبک (۳ درصد) Algae (3%)	جلبک (۲ درصد) Algae (2%)	جلبک (۱ درصد) Algae (1%)		
						طول بدن (سانتی‌متر) Body length (cm)
0.35	0.62	62.83	63.00	64.33	63.33	۵ روزگی 5 days old
0.01	0.59	69.16 ^c	71.66 ^{ab}	73.33 ^a	70.66 ^{bc}	۳۰ روزگی 30 days old
0.10	0.81	76.16	75.66	77.33	74.33	۷۵ روزگی 75 days old
						ارتفاع از جدوگاه (سانتی‌متر) Height from withers (cm)
0.50	0.41	67.16	66.83	67.50	67.66	۵ روزگی 5 days old
0.001	0.61	71.5 ^c	72.50 ^c	78.16 ^a	74.66 ^b	۳۰ روزگی 30 days old
0.001	0.63	80.16 ^{bc}	79.66 ^c	87.33 ^a	81.66 ^b	۷۵ روزگی 75 days old
						دور سینه (سانتی‌متر) Chest circumference (cm)
0.71	0.45	71.16	71.83	71.33	71.66	۵ روزگی 5 days old
0.001	0.60	82.83 ^c	84.83 ^b	88.16 ^a	80.00 ^d	۳۰ روزگی 30 days old
0.001	0.45	91.83 ^b	92.00 ^b	101.83 ^a	89.89 ^c	۷۵ روزگی 75 days old

^{abc} حروف غیرمشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد است.

^{abc} The means within the same row with different letter have significant difference (P < 0.05).

می‌توان به مقدار زیاد اسیدآمینه سیستمین موجود در پروتئین رنگ‌دانه فیکوسیانین (C-phycoyanin) موجود در اسپیرولینا ارتباط داد (Gemma و همکاران، ۲۰۰۲). اگرچه مکانیسمی که توسط آن اسپیرولینا باعث کاهش کلسترول می‌شود به‌طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است، اقدامات هیپوکلسترولمی اسپیرولینا شامل کاهش سطح کلسترول پلاسما و کبد به دلیل افزایش لیپوپروتئین لیپاز و فعالیت لیپاز تری گلیسیرید کبدی، مهار هم جذب کلسترول ژنومی و هم جذب اسید صفراوی ایلئومی، علاوه بر اصلاح متابولیسم لیپوپروتئین‌ها (کاهش لیپوپروتئین با چگالی کم و افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا) می‌باشد (El-Sabagh و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیقی یک همبستگی منفی بین غلظت کلسترول خون و سطح سیستمین در پروتئین جیره غذایی در موش‌هایی که از جیره غذایی با کلسترول بالا تغذیه شده بودند گزارش شده است (Sugiyama و همکاران، ۱۹۸۶). همچنین گزارش شده است که سطوح استفاده از جلبک و شرایط کشت و فرآوری جلبک می‌تواند نتایج تحقیق را تحت تأثیر قرار دهد (Gutiérrez-Salmeán و همکاران، ۲۰۱۵).

آنزیم‌های کبدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: نتایج مربوط به بررسی اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر آنزیم‌های کبدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا تأثیر معنی‌داری بر غلظت آلانین آمینوترانسفراز و آسپاراتات آمینوترانسفراز ایجاد نکرد.

در همین راستا Riad و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثرات جلبک اسپیرولینا در گوساله‌های شیرخوار گزارش کردند که استفاده از ۱ و ۲ گرم جلبک اسپیرولینا در جیره گوساله‌ها تأثیر معنی‌داری بر غلظت خونی گلوکز، آلبومین، گلوبولین و اوره خون ایجاد نکرد. اما مشابه با مطالعه حاضر استفاده از ۱ و ۲ گرم جلبک اسپیرولینا غلظت خونی پروتئین کل را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. Hafez و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از ۰/۲ درصد جلبک اسپیرولینا پلاننتس غلظت خونی پروتئین کل و آلبومین بره‌های در حال رشد را نسبت به گروه شاهد افزایش داد این محققین تأثیر معنی‌داری بر غلظت خونی گلوبولین، کلسترول، تری گلیسیرید و کراتینین مشاهده نکردند. Khalifa و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثرات جلبک اسپیرولینا در جیره بزهای شیری نشان دادند که استفاده از ۵۰۰ میلی‌گرم در روز جلبک اسپیرولینا غلظت پروتئین کل و گلوکز را افزایش داد و غلظت کلسترول و تری گلیسیرید نسبت به گروه شاهد کاهش یافت. اما در مطالعه دیگری گزارش کردند که استفاده از جلبک دریایی بر غلظت خونی گلوکز و پروتئین کل اثر معنی‌داری ندارد (Allen و همکاران، ۲۰۰۱). Archer و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شد که استفاده از سطوح مختلف جلبک بر روی گلوکز و نیتروژن اوره‌ای خون تأثیر معنی‌دار ندارد. از دلایل افزایش پروتئین کل با تغذیه جلبک اسپیرولینا می‌توان به بالا بودن پروتئین جلبک اسپیرولینا اشاره کرد (Belay و Gershwin، ۲۰۰۸). از دلایل کاهش غلظت کلسترول و فعالیت هیپوکلسترولمی با استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا را

اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنجه‌های ... / کریم چشم براه و همکاران

جدول ۴- اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر فرا سنجه‌های خونی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 4- The effects of different levels of spirulina algae on the blood parameters of Holstein suckling calves

سطح معنی‌داری P- value	میانگین انحراف معیار استاندارد SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			شاهد Control	
		جلبک (۳ درصد) Algae (3%)	جلبک (۲ درصد) Algae (2%)	جلبک (۱ درصد) Algae (1%)		
						گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر) Glucose (mg/dL)
0.98	6.10	118.50	119.50	119.00	120.66	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.83	3.97	121.50	120.00	125.00	122.83	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						کلسترول (میلی‌گرم در دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)
0.008	7.69	121.00 ^a	90.00 ^b	106.16 ^{ab}	129.66 ^a	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.05	7.23	109.83 ^a	93.66 ^{ab}	91.16 ^b	108.33 ^a	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی لیتر) Triglyceride (mg/dL)
0.39	2.38	19.66	16.00	15.33	20.00	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.72	1.86	18.66	20.66	17.83	18.33	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						پروتئین کل (گرم در دسی لیتر) Total protein (mg/dL)
0.76	0.22	7.11	6.86	6.78	6.91	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.03	0.27	6.76 ^{ab}	7.51 ^a	6.78 ^{ab}	6.25 ^b	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						آلبومین (گرم در دسی لیتر) Albumin (mg/dL)
0.42	0.07	3.71	3.41	3.61	3.83	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.77	0.09	3.60	3.61	3.71	3.70	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						اوره خون (میلی‌گرم در دسی لیتر) Blood urea (mg/dL)
0.82	1.77	15.85	14.16	13.66	15.00	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.21	2.11	24.16	28.33	29.50	30.16	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						بتا‌هیدروکسی‌بوتیرات (میلی‌مول بر لیتر) Beta-hydroxybutyrate (μmol/L)
0.31	0.01	0.080	0.045	0.086	0.078	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.02	0.02	0.180 ^{ab}	0.215 ^a	0.228 ^a	0.130 ^b	۷۵ روزگی ۷۵ days old

^{ab} حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد است.

^{ab} The means within the same row with different letter have significant difference (P < 0.05).

اثرات استفاده از جلبک اسپیرولینا بر عملکرد، فرا سنججه‌های... / کریم چشم براه و همکاران

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر آنزیم‌های کبدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوساله‌های شیرخوار هلشتاین

Table 5- The effects of different levels of spirulina algae on the liver enzymes and antioxidant activity of Holstein suckling calves

سطح معنی‌داری P- value	میانگین انحراف معیار استاندارد SEM	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			شاهد Control	
		جلبک (۳ درصد) Algae (3%)	جلبک (۲ درصد) Algae (2%)	جلبک (۱ درصد) Algae (1%)		
						آلانین آمینو ترانسفراز (واحد بر لیتر) Alanine aminotransferase (U/L)
0.97	1.11	12.44	12.66	12.00	12.50	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.13	1.02	15.00	18.50	16.66	16.00	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						آسپاراتات آمینو ترانسفراز (واحد بر لیتر) Aspartate aminotransferase (U/L)
0.88	6.82	55.33	57.00	53.59	52.16	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.84	4.58	65.16	68.83	68.00	71.00	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر گرم هموگلوبین) Superoxide dismutase (U/g Hg)
0.01	115.93	1736.33 ^b	1852.16 ^b	2049.66 ^a	1440.33 ^c	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.36	131.42	2010.00	2080.00	1955.00	1759.00	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						گلووتاتیون پراکسیداز (واحد بر گرم هموگلوبین) Glutathione peroxidase (U/g Hg)
0.57	3.72	89.86	82.73	84.23	85.40	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.50	3.54	89.06	92.46	94.50	87.49	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						مالون دی آلدهید (میلی مول بر لیتر) Malondialdehyde (mmol/l)
0.50	0.18	1.59	1.75	1.35	1.58	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.65	0.09	1.44	1.58	1.43	1.50	۷۵ روزگی ۷۵ days old
						ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (میلی مول بر لیتر) Total antioxidant capacity (mmol/l)
0.86	0.03	0.560	0.553	0.582	0.537	۳۰ روزگی ۳۰ days old
0.024	0.03	0.623 ^a	0.553 ^b	0.613 ^a	0.530 ^b	۷۵ روزگی ۷۵ days old

abc حروف غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد است.

^{abc} The means within the same row with different letter have significant difference (P < 0.05).

آمینوترانسفراز نشان نداد که نشان می‌دهد اسپیرولینا ممکن است ضمن عدم مسمومیت نقش تشدیدکننده در اختلالات کبدی نداشته باشد (Bhattacharyya و Mehta, ۲۰۱۲). Riss و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که استفاده از جلبک اسپیرولینا می‌تواند استرس اکسیداتیو را با کاهش پر اکسیداسیون لیپیدها کاهش دهد. اما در مطالعه حاضر غلظت مالون دی‌آلدئید تحت تأثیر جلبک اسپیرولینا قرار نگرفت. در مطالعه دیگری گزارش شده است که تغذیه مکمل اسپیرولینا در جیره جوجه‌های گوشتی غلظت سوپراکسیداز دیسموتاز و کاتالاز را افزایش داد (Reddy و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعه دیگری یاداوا و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره بزها سبب افزایش غلظت سوپراکسید دیسموتاز گردید. Abdel-Daim و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که مکمل کردن جیره با جلبک اسپیرولینا غلظت سوپراکسید دیسموتاز را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسپیرولینا تحت تأثیر چندین عامل از جمله فیکوسیانین، پلی‌ساکارید، آلفا توکوفرول و بتا کاروتن است و فعالیت آن‌ها به صورت انفرادی یا افزایشی مستقیماً بر رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Belay, ۲۰۰۲). غلظت سوپراکسید دیسموتاز خون با افزایش معنی‌داری در جیره‌های حاوی اسپیرولینا در مقایسه با شاهد مشاهده شد. این امر بیانگر بهبود شاخص‌های دفاع اکسیداتیو بافت‌های حیوانی هستند (Celli, ۲۰۱۰). اثر آنتی‌اکسیدانی اسپیرولینا به چندین ماده فعال، به‌ویژه فیکوسیانین، پلی‌ساکاریدها، α -توکوفرول و بتا کاروتن مربوط می‌شود که فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی قوی دارند، به‌صورت جداگانه یا به‌صورت هم‌افزایی، مستقیماً بر روی رادیکال‌های آزاد کار می‌کنند (Riss و همکاران، ۲۰۰۷). Belay و Gershwin (۲۰۰۸) گزارش کردند که

غلظت سوپراکسید دیسموتاز بعد از ۳۰ روزگی در تمام گروه‌های دریافت‌کننده جلبک، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت ($P < 0.05$). اما در ۷۵ روزگی این اثر معنی‌داری نبود. همچنین غلظت گلوکاتیون پراکسیداز، مالون دی‌آلدئید با استفاده از جلبک در جیره گوساله‌های شیرخوار تحت تأثیر قرار نگرفت ($P > 0.05$). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از ۱ و ۳ درصد در جیره گوساله‌های شیرخوار در ۷۵ روزگی افزایش یافت.

مقدار آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز در خون ارتباط مستقیمی با آسیب بافت دارد. مقادیر بیشتر یا کمتر آنزیم‌ها منجر به افزایش یا کاهش آسیب بافتی می‌شود (Gowda و همکاران، ۲۰۰۹). Riad و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثرات جلبک اسپیرولینا در گوساله‌های شیرخوار نشان دادند که غلظت آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز تحت تأثیر جلبک اسپیرولینا قرار نگرفت. Khalifa و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثرات جلبک اسپیرولینا در جیره بزهای شیری تأثیر معنی‌داری را در غلظت آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز مشاهده نکردند. در مطالعه دیگری Hafez و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تغذیه جلبک اسپیرولینا در جیره بره‌های در حال رشد غلظت خونی آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز را تحت تأثیر قرار نداد. Malau-Aduli و Holman (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از سطوح بالای جلبک اسپیرولینا سبب کاهش غلظت آسپاراتات آمینوترانسفراز در مقایسه با گروه شاهد شد. فعالیت آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین آمینوترانسفراز شاخص‌های سمیت کبدی هستند (Azab, ۲۰۱۳). در مطالعه حاضر، درمان با اسپیرولینا تغییر قابل‌توجهی در آنزیم‌های آسپاراتات آمینوترانسفراز و آلانین

۳۰ روزگی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را در ۷۵ روزگی افزایش دهد. علاوه بر این استفاده از جلبک اسپیرولینا در سطح ۲ درصد غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات و پروتئین کل را در ۷۵ روزگی افزایش داد و سطح ۲ درصد اسپیرولینا در ۳۰ روزگی و سطح ۱ درصد آن در ۷۵ روزگی منجر به کاهش کلسترول خون گوساله‌ها شد و میزان وزن نهایی بدن و افزایش وزن روزانه در ۷۵ روزگی با مصرف ۳ درصد اسپیرولینا به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار گرفت. اما تأثیری بر سایر فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی ایجاد نکرد. بنابراین برای افزایش سیستم ایمنی گوساله استفاده از جلبک اسپیرولینا در سطح ۳ درصد بر اساس ماده خشک جیره آغازین گوساله شیرخوار هلشتاین توصیه می‌شود.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیکوسیاینین حدود ۲۰ برابر بیشتر از ویتامین C است. علاوه بر این، اسپیرولینا حاوی سوپراکسید دیسموتاز است که به‌طور غیرمستقیم با کاهش سرعت واکنش‌های تولید رادیکال اکسیژن عمل می‌کند (Belay, 2002). پس بنابر این مطابق با نتایج به‌دست آمده، اسپیرولینا علاوه بر سوپراکسید دیسموتاز دارای محتوای آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند فیکوسیاینین، پلی‌ساکاریدها، α -توکوفرول و بتاکاروتن با ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد (Riss و همکاران، 2007؛ Belay, 2002).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی استفاده از جلبک اسپیرولینا در سطح ۳ درصد بر اساس ماده خشک جیره آغازین گوساله شیرخوار هلشتاین توانست سوپراکسید دیسموتاز در

منابع

- Abdel-Daim, M.M. (2014). Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* with erythromycin in Egyptian Baladi bucks (*Capra hircus*). *Small ruminant Research*, 120:234-41.
- Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Dom, M. S., Gonz, B., Alez, A. & Erez-Gil. F. P. (2005). Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha spp.* as a potential food source. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18:79-88.
- Allen, V.G., Pond, K.R., Saker, K.K., Fontenot, J.P., Bagley, C.P., Ivy, R.L. & Evans, R.R. (2001). Tasco-Forage: III. Influence of an extract on performance, monocyte immune cell response and carcass characteristics in feed lot-finished steers. *Journal of Animal Science*, 79:1032-1040.
- AL-Shorepy, S.A., ALhandrami, G.A. & Jamali, I.A. (2001). Effect of feeding diets containing seaweed on weight gain and carcass characteristics of indigenous lambs in the United Arab Emirates. *Small ruminant Research*, 41: 283-287.
- Al-Yahyaey, F., Shaat, I., Hall, E. & Bush, R.D. (2023). Effect of *Spirulina platensis* supplementation on growth, performance and body conformation of two Omani goat breeds. *Animal production science*, 63: 133-141.
- Archer, G. S., Friend, T. H., Caldwell, D., Amiss, K. & Krawczel, P.D. (2007). Effect of the seaweed *Ascephyllum nodosum* on lambs during forced walking and transport. *Journal of Animal Science*, 85: 225 - 232.
- Azab, S., Abdel-Daim, M. & Eldahshan, O. (2013). Phytochemical, cytotoxic, hepatoprotective and antioxidant properties of *Delonix regia* leaves extract. *Medicinal Chemistry Research*, 22: 4269-4277.
- Belay, A. 1997. Mass culture of *Spirulina* outdoors, the earthrise farms experience. In: applications for feed and water quality control in clam (*Meretrix lusoria*) cultures. *Journal of Applied Phycology*, 15: 439-444.

- Belay, A. (2002). The potential application of Spirulina (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management, Review. *Journal of the American Nutraceutical Association*, 5: 27-48.
- Bezerra, L.R., Silva, A.M.A., Azevedo, S.A., Mendes, R.S., Manguiera, J.M. & Gomes, A.K.A. (2010). Performance of Santa Inês lambs submitted to the use of artificial milk enriched with *Spirulina platensis*. *Ciência Animal Brasileira*, 11: 258-263.
- Bhattacharyya, S. & Mehta, P. (2012). The hepatoprotective potential of Spirulina and vitamin C supplementation in cisplatin toxicity. *Food and Function*, 3: 164-169.
- Boeckaert, C., Vlaeminck, B., Dijkstra, J., Issa-Zacharia, A., Van Nespen, T., Van Straalen, W. & Fievez, V. (2008). Effect of dietary starch or micro alge supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91:4714-4727.
- Bonos, E., Kasapidu, E., Kargopoulos, A., Karampampas, A., christaki, E., Florou-paneri, P. & Nikolakakis, I. (2016). Spirulina as a functional ingredient in broiler chicken diets. *South African Journal of Animal Science*, 46: 94.
- Casas, M., Hernandez, H., Marin, A., Aguila, R. & Carrillo, S. (2003). Use of *Sargassum spp* algae as supplement for goats and cattle. XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición. Acapulco Guerrero, 9-13 Noviembre México, 263pp.
- Celli, P. (2010). The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 348-363.
- Chaji, M. & Kordnejad, E. (2019). Effect of *Ascophyllum nodosum* algae extract (Tasco) on performance and nutrient digestibility of finishing buffalo calves. *Journal of Ruminant Research*, 6: 1-14 (In Persian).
- Drackley, J.K. (2008). Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24:55-86.
- El-Sabagh, M.R., Abd Eldaim, M.A., Mahboub, D.H. & AbdelDaim, M. (2014). Effects of *Spirulina platensis* algae on growth performance, antioxidative status and blood metabolites in fattening lambs. *Journal of Agricultural Science*, 6: 92.
- Gemma, C., Mesches, M.H., Sepesi, B., Choo, K., Holmes, D.B. & Bickford, P.C. (2002). Diets enriched in foods with high antioxidant activity reverse ageinduced decreases in cerebellar beta-adrenergic function and increases in proinflammatory cytokines. *Experiment Neurology*, 22: 6114-6120.
- Gershwin, M.E & Belay, A. (2008). Spirulina in human nutrition and health. CRC Press- Boca Raton, FL, USA.
- Gowda, S., Desai, P.B., Hull, V.V., Math, A.A., Vernekar, S.N. & Kulkarni, S.S. (2009). A review on laboratory liver function tests. *The Pan African Medical Journal*, 3: 17.
- Grosshagauer, S., Kraemer, K. & Somoza, V. (2020). The true value of Spirulina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68: 4109-4115.
- Gupta, M., Dwivedi, U.N. & Khandelwal, S. (2011). C-Phycocyanin: An effective protective agent against thymic atrophy by tributyltin. *Toxicology Letters*, 204: 2-11.
- Gutiérrez-Salmeán, G., Fabila-Castillo, L. & Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (*Arthrospira*). *Nutrición Hospitalaria*, 32: 34-40.
- Hafez, Y.H., Mahrous, A.A., Hassanién, H.A.M., Khorshed, M.M., Youssef H.F.H. & Abd El-All, A.A.M. (2013). Effect of alage supplementation on growth performance and carcass characteristics of growing male lambs. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 16: 419-426.
- Holman, B.W.B. & Malau-Aduli, A.E.O. (2012). Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of Animal Physiology and Nutrition*, 97: 615-623.
- Holman, B.W.B., Kashani, A. & Malau-Aduli, A.E.O. (2012). Growth and body conformation responses of genetically divergent Australian sheep to Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation. *American Journal of Experimental Agriculture*, 2: 160-173.
- Hulbert, L.E. & Moisé'a, S.J. (2016). Stress, immunity, and the management of calves. *Journal of Dairy Science*, 99: 3199-3216.

- Hwangbo, S., Choi, S.H., Kim, S.W., Son, D.S., Park, H.S., Lee, S.H. & Jo, I.H. (2009). Effects of crude protein levels in total mixed rations on growth performance and meat quality in growing Korean Black goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22: 1133–1139.
- Karimi, A., Alijo, Y., Kazemi bon Chenari, M., Mirzaei, M. & Sadri, H. (2021). Investigating the interaction effect of soybean oil and alfalfa fodder in the starter diet of Holstein weanling calves on performance, growth parameters, rumen fermentation and blood metabolites. *Iranian Animal Science Research*, 13: 321-334. (In Persian).
- Khalifa, E.I., Hassanien, H.A.M., Mohamed, A.H., Hussein, A.M. & Abd-Elaal, A.A.M. (2016). Influence of addition *Spirulina platensis* algae powder on reproductive and productive performance of dairy Zaraibi goats. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 19: 211- 225.
- Kharde, S.D., Shirbhate, R.N., Bhiram, K.B. & Nipane, S.F. (2012). Effect of Spirulina supplementation on growth performance of broiler. *Indian Journal of Veterinary Research*, 21:66-69.
- Lamminen, M., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Vanhatalo, A. & Jaakkola, S. (2019). The effect of partial substitution of rapeseed meal and faba beans by *Spirulina platensis* microalgae on milk production, nitrogen utilization, and amino acid metabolism of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102: 7102-7117.
- MacFarlane, G.T., Hay, S., MacFarlane, S. & Gibson, G.R. (1990). Effect of different carbohydrates on growth, polysaccharide and glycosidase production by *Bacteroides ovatus*, in batch and continuous culture. *Journal Applied Microbiology*, 68: 179-187.
- Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M. & Prates, J.A.M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: a review. *Livestock Science*, 205: 111–121.
- Makkar, H.P., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. & Ankers P. (2016). Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212: 1-17.
- Marinal, A., Casas, M.V., Carrialo, S., Hernandez, H., Monroy, A., Sangines, L. & Perez, G. R. (2009). The marine algae *Sargassum spp.* (*Sargassaceae*) as feed for sheep in tropical and subtropical regions. *Journal of Tropical Biology*, 57: 1271-1281.
- Marques de Assis, L., Machado, A.R., De Souza, A., Costa, J.A.V. & Souza L.A. (2014). Development and characterization of nanovesicles containing phenolic compounds of microalgae *spirulina* Strain LEB-18 and *chlorella pyrenoidosa*. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 4: 6-12.
- Mitchell, A.D. (2007). Impact of research with cattle, pigs, and sheep on nutritional concepts: Body composition and growth. *The Journal of Nutrition*, 137: 711-714.
- Nazmi, F., Mir Qalanj, S. A., Daneshyar, M., Karimi Tarshizi, M.A., Pandegan, S. and Hajati, H. (2022). Effects of using dry microalgae powder of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) on growth performance, carcass characteristics and cecum microbial population of broiler chickens. *Animal Science Research (Agricultural Knowledge)*, 32: 83-95. (In Persian).
- Okpeku, M., Yakubu, A., Peters, S., Ozoje, M., Ikeobi, C., Adebambo, O. and Imumorin, I. (2011). Application of multivariate principal component analysis to morphological characterization of indigenous goats in southern Nigeria. *Acta Agriculture Slovenica*, 98: 101–109.
- P’oti, P., Pajor, F., Bodnár, Á., Penksza, K. & Köles, P. (2015). Effect of micro-alga supplementation on goat and cow milk fatty acid composition. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75: 259–263.
- Reddy, B.S., Yuvaraj, N., Babitha, V., Ramnath, V., Philominia, P.T. & Sabu, M.C. (2004). Antioxidant and hypolipidemic effects of Spirulina and natural carotenoids in broiler chicken. *Indian Veterinary Journal*, 81: 383-386.
- Riad, W.A., Elsadany, A.Y. & EL-diahy, Y.M. (2019). Effect of *Spirulina platensis* microalga additive on performance of growing Friesian calves. *Journal Animal and Poultry Production*, 10: 35-40.

- Riss, J., Ecord'e, K.D. & Sutra, T. (2007). Phycobiliprotein C-phycoerythrin from *Spirulina platensis* is powerfully responsible for reducing oxidative stress and NADPH oxidase expression induced by an atherogenic diet in hamsters. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 55: 7962-7967.
- Salehian, Z., Khalil Vandi Behriuzyar, H., Pirmohammadi, R., Ahmadifard, N. & Almasi, H. (2022). Determining the nutritional value of protein in two microalgae species *Isochrysis galbana* (*I. galbana*) and *Nannochloropsis oculata* (*N. oculata*) used in animal nutrition. *Journal of Ruminant Research*, 10(2): 1-18 (In Persian).
- SAS / STAT User's Guide. Version 9.1 Edition. 2003. SAS Inst. Cary, NC.
- Sugiyama, K., Ohkawa, S. & Muramatsu, K. (1986). Relationship between amino acid composition of diet and plasma cholesterol level in growing rats fed a high cholesterol diet. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 32: 413-423.
- Tian, M., He, X., Feng, Y., Wang, W., Chen, H., Gong, M., Liu, D., Clarke, J. L. & van Eerde, A. (2021). Pollution by antibiotics and antimicrobial resistance in livestock and poultry manure in china, and countermeasures. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 10: 539.
- Tomaluski, C.R., Baggio, C., Campigotto, G., Baldissera, M.D., Souza, C.F., Da Silva, A.S. & Zotti, C.A. (2021). Use of *schizochytrium spp.* microalgae in suckling Holstein calves at different periods after birth. *Livestock Science*, 245:104424.
- Tovar, D., Zambonino, J., Cahu, C., Gatesoupe, F.J., Vázquez-Juárez, R. & Lésel, R. (2002). Effect of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 204: 113–123.
- Usharani, G., Srinivasan, G., Sivasakthi, S. & Saranraj, P. (2015). Antimicrobial activity of *Spirulina platensis* solvent extracts against pathogenic bacteria and fungi. *Advances in Biological Research*, 9: 292-298.
- Xu, C., Kong, L., Gao, H., Cheng, X. & Wang, X. (2022). A review of current bacterial resistance to antibiotics in food animals. *Frontiers in Microbiology*, 13: 822689.

