
Effect of Water quality on Dry matter intake, Milk Production and Composition, Efficiency and some Blood Parameters of High-yielding Holstein cows

Morteza Nemati^{1*}, Aboalfazl Soltani¹, Hassan Rafiee²

¹ (Corresponding author) Foudeh-Sepahan Agriculture and Animal Husbandry Center, Isfahan, Iran,
Email: mortezanemati40@yahoo.com

² Animal Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received:
Revised:
Accepted:

Keywords:

Milk production
reverse osmosis
Total dissolved solids
water purification
well water

ABSTRACT

objective: The quality and quantity of water consumed are among the most important factors affecting feed intake and physiological welfare of animals that impact feed efficiency. Despite the vital importance of water, little information is available about the effects of different water sources or qualities on feed intake and performance of dairy cows. This study hypothesized that reducing water hardness through reverse osmosis may have a positive effect on the performance of high-yielding dairy cows. The aim of this study was to investigate the effect of reducing water total dissolved solids (TDS) through reverse osmosis compared to well water on feed intake, milk production and composition and blood parameters of high-yielding dairy cows.

Materials and methods: 16 second-calf cows with an average DIM of 122 ± 2 and an average milk production of 44 ± 1.2 kg per day were assigned to the experimental treatments. The experimental treatments included well water with high TDS (1955 mg/L) and reverse osmosis purified water with low TDS (404 mg/L). The experiment was conducted in a completely randomized design with 2 treatments and 2 experimental periods (8 cows per treatment). The experiment was conducted over two 28-day periods, including 21 days of acclimation and 7 days of sampling. All cows in the experiment consumed the same type of diet with the same amount of energy and protein. Cows were housed in individual pens and had free access to water and feed. Statistical analysis of the data from this study was performed using the Mixed procedure in SAS (2002) statistical software version 9.1. Means were compared using the Tukey test.

Results: The pH of the well water (7.75) was more alkaline than the purified water (7.10), and the reverse osmosis method caused a decrease in pH. The electrical conductivity of well water (dS/m 3.2) was significantly higher than that of treated water (dS/m 0.59). The mineral salts (Ca, Mg, Na, Cl, HCO₃, SO₄) in well water were significantly reduced after treatment. TDS (1955 mg/L) and nitrate concentration (3.9 mg/L) of well water after treatment reached 404 and 0.84 mg/L, respectively. Cows consuming well water (25

kg/day) consumed significantly more dry matter than the treated group (23.79 kg/d), but there was no significant difference in milk production between the two groups (41.59 vs. 41.30 kg/d, $P = 0.79$). Milk fat percentage in cows consuming well water (3.43%) tended to decrease compared to purified water (3.72%) ($P = 0.06$), but protein, lactose and daily production were not significantly different. Feed efficiency in cows consuming reverse osmosis purified water was significantly higher than that in the well water group. Blood parameters were not affected by the treatment.

Conclusion: In general, purification of well water by reverse osmosis significantly improved water quality and made it more suitable for dairy cattle consumption. Consumption of purified water by high-producing dairy cows had no effect on milk production and blood parameters, but milk fat increased and with reduced feed intake, improved milk production efficiency, indicating improved nutrient utilization.

Cite this article: Nemati, M., Soltani, A., Rafiee, H. (2026). Effect of Water quality on Dry matter intake, Milk Production and Composition, Efficiency and some Blood Parameters of High-yielding Holstein cows. *Journal of Ruminant Research*, 14(1),



© The Author(s)



Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثر کیفیت آب بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر، کارایی و برخی فراسنجه‌های خونی گاوهای پر تولید هلستاین

مرتضی نعمتی^{۱*}، ابوالفضل سلطانی^۱، حسن رفیعی^۲

^۱ (نویسنده مسول) گروه تولیدی کشاورزی و دامپروری فوده سپهان، اصفهان، ایران، رایانامه: mortezanemati40@yahoo.com

^۲ عضو هیات علمی بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: کیفیت و مقادیر آب مصرفی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف خوراک و رفاه فیزیولوژیکی دام می‌باشند که بازدهی خوراک دام را تحت تأثیر قرار می‌دهند. علی‌رغم اهمیت حیاتی آب، اطلاعات اندکی در مورد اثرات منابع یا کیفیت مختلف آب بر مصرف خوراک و عملکرد گاوهای شیری وجود دارد. این مطالعه فرض کرد که کاهش سختی آب از طریق روش اسمز معکوس احتمالاً بر عملکرد گاوهای شیری پر تولید تأثیر مثبت داشته باشد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کاهش سختی آب از طریق اسمز معکوس در مقایسه با آب چاه بر مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر و فراسنجه‌های خونی گاوهای شیری پر تولید بود.
تاریخ دریافت: تاریخ ویرایش: تاریخ پذیرش:	مواد و روش‌ها: تعداد ۱۶ رأس گاو شکم دوم با میانگین روزهای شیردهی 122 ± 2 و میانگین تولید شیر $1/2 \pm 44$ کیلوگرم در روز به تیمارهای آزمایشی اختصاص یافتند. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار آب چاه با مجموع مواد جامد حل شده زیاد (۱۹۵۵ میلی‌گرم بر لیتر) و تیمار آب تصفیه شده به روش اسمز معکوس با مجموع مواد جامد حل شده کم (۴۰۴ میلی‌گرم بر لیتر) بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۲ دوره آزمایشی اجرا گردید. آزمایش در طی دو دوره ۲۸ روزه شامل ۲۱ روز عادت‌پذیری و ۷ روز نمونه‌گیری صورت گرفت. تمامی گاوهای حاضر در آزمایش از یک نوع جیره با میزان انرژی و پروتئین یکسان مصرف کردند. گاوها در جایگاه‌های انفرادی نگهداری شده و دسترسی آزاد به آب و خوراک داشتند. تجزیه آماری داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از رویه Mixed در نرم‌افزار آماری (۲۰۰۲) SAS ورژن ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.
واژه‌های کلیدی:	یافته‌ها: pH آب چاه (۷/۷۵) نسبت به آب تصفیه شده (۷/۱۰) قلیایی‌تر بود و روش اسمز معکوس باعث کاهش pH گردید. هدایت الکتریکی آب چاه (۲/۳ dS/m) نسبت به آب تصفیه شده (۰/۵۹ dS/m) به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. املاح معدنی (Ca, Mg, Na, Cl, HCO ₃ , SO ₄) موجود در آب چاه به‌صورت معنی‌داری پس از تصفیه کاهش یافتند. مجموع مواد جامد

حل شده (۱۹۵۵ میلی‌گرم بر لیتر) و غلظت نیترات (۳/۹ میلی‌گرم بر لیتر) آب چاه پس از تصفیه به ترتیب به ۴۰۴ و ۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر رسید. گاوهای مصرف‌کننده آب چاه (۲۵ کیلوگرم در روز) نسبت به گروه تصفیه‌شده (۲۳/۷۹ کیلوگرم در روز) به‌طور معنی‌داری ماده خشک بیشتری مصرف کردند، اما تفاوت معنی‌داری در تولید شیر خام بین دو گروه مشاهده نشد (۴۱/۵۹ در مقابل ۴۱/۳۰ کیلوگرم در روز، $P=0/79$). درصد چربی شیر در گاوهای مصرف‌کننده آب چاه (۳/۰۴۳) نسبت به آب تصفیه‌شده (۳/۰۷۲) تمایل به کاهش داشت ($P=0/06$)، اما درصد پروتئین، لاکتوز و تولید روزانه آنها تفاوت معنی‌داری نداشتند. کارایی تولید شیر در گاوهای مصرف‌کننده آب تصفیه‌شده به روش اسمز معکوس به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه مصرف‌کننده آب چاه بود. فراسنجه‌های خونی تحت تأثیر تیمار قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی تصفیه آب چاه با روش اسمز معکوس به‌طور معنی‌داری کیفیت آب را بهبود بخشید و آن را برای مصرف گاو شیری مناسب‌تر کرد. مصرف آب تصفیه‌شده توسط گاوهای شیری پرتولید تأثیری بر تولید شیر و فراسنجه‌های خونی نداشت، اما چربی شیر افزایش یافت و با کاهش مصرف خوراک منجر به بهبود راندمان تولید شیر گردید که بیانگر بهبود استفاده از مواد مغذی است.

استناد: نعمتی، مرتضی؛ سلطانی، ابوالفضل؛ رفیعی، حسن. (۱۴۰۵). اثر کیفیت آب بر مصرف ماده خشک، تولید و ترکیب شیر، کارایی و برخی فراسنجه‌های خونی گاوهای پرتولید هلستاین. پژوهش در نشخوارکنندگان، ۱۴(۱)،



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

آب مهم‌ترین ماده مغذی در جیره گاوهای شیری است و نقش حیاتی در متابولیسم، هضم، تنظیم دمای بدن و تولید شیر ایفا می‌کند (Murphy, 1992). آب در هضم و متابولیسم مواد مغذی، دفع محصولات زائد از بدن از طریق ادرار، مدفوع و تنفس، انتقال مواد مغذی و سایر ترکیبات به داخل و خارج از سلول‌ها، تعادل الکترولیت‌ها در بدن و به‌عنوان یک محیط مایع برای جنین در حال رشد عمل می‌کند. گاو شیری یکی از بزرگ‌ترین نیازها به آب را در بین تمام دام‌ها دارد، همچنین، گاوهای شیری بیشترین جریان آب در بدن را تجربه می‌کنند (Woodford و همکاران، 1984). در حدود ۵۶ تا ۸۱ درصد از وزن بدن گاو شیری را آب تشکیل می‌دهد، همچنین، با توجه به این که حدود ۸۷ درصد حجم شیر تولیدی را آب تشکیل می‌دهد، این حجم از آب خروجی از بدن دام باید از طریق مصرف مقادیر مناسب و کافی آب جایگزین گردد (Murphy, 1992). آب آشامیدنی منبع اصلی و روش تأمین نیاز روزانه آب است و آب موجود در خوراک تنها سهم کوچکی در تأمین نیاز دام دارد. یک گاو شیری با تولید ۳۰ کیلوگرم شیر در روز، حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ لیتر آب مصرف می‌کند که این مقدار تحت تأثیر عواملی مانند دمای محیط، ترکیب جیره و کیفیت آب قرار می‌گیرد (NRC, 2001). کاهش مصرف آب حتی به میزان ۲۰ درصد می‌تواند منجر به کاهش چشمگیر تولید شیر و اختلال در سلامت دام شود (Beede, 2006)؛ بنابراین، تأمین آب تمیز و خوش‌طعم به مقدار کافی برای گاوهای شیری بسیار مهم است.

مقدار و کیفیت آب شیرین در مناطق گرمسیری، به‌ویژه در بیابان‌ها و مناطق خشک، به دلیل تأثیر تغییرات اقلیمی بر الگوهای بارش و دما، نامشخص است (Konapala و همکاران، 2020؛ Papa و همکاران، 2023). ایران در منطقه‌ای خشک و

نیمه‌خشک قرار دارد و در سال‌های اخیر با کاهش منابع آب زیرزمینی و افزایش شوری و سختی آب مواجه شده است که این تغییرات کیفیت آب، چالش‌های جدی برای صنعت دامپروری ایجاد کرده است (Pishdadi Motlagh و همکاران، 2023).

کیفیت و مقادیر آب مصرفی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مصرف خوراک و رفاه فیزیولوژیکی دام می‌باشند که بازدهی خوراک دام را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کیفیت آب به عواملی مانند مجموع مواد جامد حل‌شده^۱، دما، مواد معدنی، pH، سختی و بار میکروبی وابسته است (Umar و همکاران، 2014). کل مواد جامد محلول و سختی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب هستند که برای ارزیابی کیفیت آب استفاده می‌شوند (NRC, 2001). تحقیقات نشان می‌دهد که سطوح بالای مجموع مواد جامد حل‌شده همراه با افزایش دمای محیط، تأثیر منفی بر تولید شیر گاوهای شیری دارد (Jaster و همکاران، 1978؛ Challis و همکاران، 1987؛ Solomon و همکاران، 1995). همچنین طعم نامطلوب آب با املاح بالا ممکن است مصرف آب را کاهش دهد و در نتیجه باعث کاهش مصرف خوراک و تولید شیر شود (Beede, 2006). از سوی دیگر کلسیم و منیزیم اضافی موجود در آب با سختی بالا می‌تواند با فسفر و عناصر کم مصرف تشکیل کمپلکس نامحلول دهند و کمبودهای ثانویه ایجاد کنند (Raut و همکاران، 2025). علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که آب با سختی بالا ممکن است بر فیزیولوژی شکمبه و احتمالاً بر ترکیب یا فعالیت میکروبیوم شکمبه تأثیر بگذارد (Iritz و همکاران، 2025).

با توجه به چالش‌های مرتبط با کمبود و شوری آب در ایران، به نظر می‌رسد که تصفیه آب (به روش‌های اسمز معکوس، تبادل یونی یا تقطیر)

¹ Total dissolved solids (TDS)

۱) با میزان انرژی و پروتئین یکسان استفاده کردند که با استفاده از نرم‌افزار سیستم کربوهیدرات و پروتئین خالص کرنل تنظیم گردیده بود. خوراک دو وعده در روز در ساعت‌های ۸:۰۰ و ۱۸:۰۰ در اختیار گاوها قرار گرفت و قبل از خوراک‌دهی روز بعد خوراک باقی‌مانده از آخور خارج گردید. آب تصفیه نشده آب چاه بود و آب تصفیه‌شده به روش اسمز معکوس^۱ تهیه شد. آنالیز آب مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.

تصفیه آب به روش اسمز معکوس انجام شد که به تصفیه آب با دستگاه آب شیرین کن صنعتی نیز شناخته شده می‌باشد. این سیستم یکی از روش‌های الهام گرفته از طبیعت است که تا حد زیادی نمک و املاح و یون‌های مضر آب را حذف می‌کند. این روش تصفیه آب با کمک غشای نیمه تراوا از ورود آلاینده‌ها، مواد رسوب کننده و غیره جلوگیری نموده و در نهایت آب قابل شرب ارائه می‌دهد.

به منظور آنالیز شیمیایی نمونه‌ها، نمونه‌گیری از خوراک به صورت هفتگی انجام گرفت. نمونه خوراک به منظور آنالیز شیمیایی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با آسیاب با قطر منافذ ۱ میلی‌متر آسیاب شدند و ترکیب شیمیایی نمونه خوراک مانند پروتئین خام، چربی خام و ماده آلی اندازه‌گیری گردید (AOAC، ۲۰۰۰). الیاف نامحلول در شوینده خنثی به روش Van Soest و همکاران (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آب به صورت هفتگی از ورودی آبشخور گرفته شد و نمونه‌های آزمایشی به آزمایشگاه ارسال گردید. مقادیر pH، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول، سختی، نیترات، سولفات و همچنین برخی از عناصر شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر اندازه‌گیری و تعیین شد (Senevirathne و همکاران، ۲۰۱۸).

می‌تواند راهکاری مؤثر برای بهبود عملکرد گاوها باشد. برخی مطالعات نشان می‌دهند که کاهش سختی آب می‌تواند مصرف خوراک، تولید شیر و سلامت دام را به طور معنی‌داری افزایش دهد (Jaster و همکاران، ۱۹۷۸؛ Solomon و همکاران، ۱۹۹۵).

علی‌رغم اهمیت حیاتی آب، اطلاعات اندکی در مورد اثرات منابع یا کیفیت مختلف آب بر مصرف خوراک و عملکرد گاوهای شیری وجود دارد. در این مطالعه فرض گردید که کاهش سختی آب از طریق روش اسمز معکوس احتمالاً بر عملکرد گاوهای شیری پرتولید تأثیر می‌گذارد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاهش سختی آب چاه بر مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر و فراسنجه‌های خونی گاوهای شیرده پرتولید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بازه زمانی ماه‌های دی تا اسفند ۱۴۰۳ در شرکت شیر و گوشت فوده سپاهان انجام گرفت. تعداد ۱۶ رأس گاو شکم دوم با میانگین روزهای شیردهی 2 ± 122 ، میانگین تولید شیر $1/2 \pm 44$ کیلوگرم در روز و امتیاز بدنی $3/2 \pm 0/2$ (میانگین \pm انحراف معیار) به تیمارهای آزمایشی اختصاص یافتند. گاوهای انتخاب شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۲ دوره آزمایشی به صورت متوالی اجرا گردید. در هر دوره ۸ گاو به هر تیمار اختصاص یافت که در مجموع دو دوره در هر تیمار ۱۶ گاو حضور داشتند. گاوها به مدت یک هفته قبل از شروع آزمایش به جایگاه‌های انفرادی منتقل شده و با جیره اختصاصی مزرعه تغذیه شدند و پس از یک هفته رکورد تولید شیر، مصرف خوراک و وضعیت بدنی گاوها ثبت گردید. گاوها در طول دوره آزمایشی دسترسی کامل به آب و خوراک داشتند. تمامی گاوهای حاضر در آزمایش از یک نوع جیره (جدول

¹ Reverse osmosis (RO)

اثر کیفیت آب بر مصرف ماده خشک، تولید... / مرتضی نعمتی و همکاران

توسط دستگاه میلکو اسکن (Milko-Scan 134 BN. Foss Electric, Hillerod, Denmark) تعیین گردید. تولید پروتئین، چربی و لاکتوز بر اساس شیر تولیدی و درصد آن ترکیبات در شیر محاسبه شد.

ثبت رکورد شیر در هر سه وعده (ساعت‌های ۸:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۴:۰۰) در روزهای نمونه‌گیری هر دوره انجام و همچنین نمونه‌برداری از شیر تمام گاوهای مورد مطالعه در ۳ روز پایانی هر دوره انجام می‌شد. میزان پروتئین، چربی و لاکتوز نمونه‌های شیر

جدول ۱- اقلام مواد خوراکی و ترکیبات مواد مغذی جیره آزمایشی (بر اساس ماده خشک)

Table 1. Ingredients and nutritional content of diet (DM basis)

درصد (%)	Ingredient composition اجزاء خوراک
7	Alfalfa hay علوفه یونجه
24	Corn silage سیلاژ ذرت
4	Wheat straw کاه گندم
18	Corn grain دانه ذرت
18	Barley grain دانه جو
13	Soybean meal کنجاله سویا
4	Extruded soybean grain دانه سویا اکستروود
5	Meat meal پودر گوشت
2	Fat powder ^۱ پودر چربی
1	Calcium carbonate کربنات کلسیم
2	Sodium bicarbonate جوش شیرین
0.5	NaCl نمک طعام
0.7	Mineral vitamin premix ^۲ مکمل ویتامینه و معدنی
0.5	Magnesium oxide اکسید منیزیم
0.3	Toxin binder توکسین بایندر
Nutrient composition (%) مواد مغذی (درصد)	
49.30	Dry matter ماده خشک
92.10	Organic matter ماده آلی
1.67	Net energy for lactation, Mcal/kg ^۳ انرژی خالص شیردهی
17	Crude protein پروتئین خام
5.90	Fat چربی
29.20	Neutral detergent fiber الیاف نامحلول در شوینده خنثی
43.20	Non-fiber carbohydrates کربوهیدرات غیر فیبری ^۴

۱- پودر چربی حاوی (گرم/کیلوگرم اسید چرب) C ۱۴:۰ = ۳۵، C ۱۶:۰ = ۸۵۶، C ۱۸:۰ = ۱۲/۵، C ۱۸:۱ = ۷۰.

^۲Fat powder contained (g/kg of fatty acid) 35 of C14:0, 856 of C16:0, 12.5 of C18:0, and 70 of C18:1 cis-9.

۲- بر اساس ماده خشک هر کیلوگرم حاوی ۵۰ گرم کلسیم، ۱۱ گرم منیزیم، ۵ گرم منگنز، ۱۵ گرم روی، ۳ گرم مس، ۰/۱۵ گرم ید، ۰/۰۵ گرم کبالت، ۱۴۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_۳، ۱۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۱/۲۵ گرم هیدروکسی تولون بوتیلات به عنوان آنتی‌اکسیدانت.

^۳Composition: 50 g/kg of Ca, 11 g/kg of Mg, 5 g/kg of Mn, 15 g/kg of Zn, 3 g/kg of Cu, 0.15 g/kg of I, 0.05 g/kg of Co, 1,400,000 IU/kg of vitamin A, 300,000 IU/kg of vitamin D, and 15,000 IU/kg of vitamin E, 1.25 g/kg butylated hydroxytoluene as a synthetic antioxidant.

^۴Calculated according to NRC (2001).

^۴محاسبه شده با فرمول (Ash) + (% NDF + % EE + % CP) - ۱۰۰ = کربوهیدرات‌های غیرالیافی.

^۴Calculated by NFC = 100 - (NDF + CP + EE + ASH) equation

Akaike (dependence order 1 information criterion و Bayesian information criteria indexes) بر اساس کمترین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شدند و اثر عوامل اصلی در مدل در سطح کمتر و یا برابر با ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد و سطح ۰/۰۵ تا ۰/۱ تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + S_j + C(S)_{kj} + T_l + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = مفادیر مشاهده‌شده صفت مورد اندازه‌گیری

μ = اثر ثابت میانگین

P_i = اثر ثابت دوره

S_j = اثر ثابت مربع

$C(S)_{kj}$ = اثر تصادفی گاو در مربع

T_l = اثر ثابت تیمار

e_{ijkl} = اثرات باقیمانده

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، pH آب چاه (۷/۷۵) نسبت به آب تصفیه‌شده (۷/۱۰) قلیایی‌تر بود و روش اسمز معکوس باعث کاهش pH گردید. هدایت الکتریکی آب چاه (۲/۳ dS/m) نسبت به آب تصفیه‌شده (۰/۵۹ dS/m) به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. تمامی املاح معدنی (Ca, Mg, Na, Cl, HCO₃, SO₄) موجود در آب چاه (به‌ویژه سدیم: ۳۴۵، کلر: ۶۸۲، سولفات: ۲۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت معنی‌داری پس از تصفیه کاهش یافتند. کل مواد جامد محلول آب چاه (۱۹۵۵ میلی‌گرم بر لیتر) بسیار بالاتر از حد مطلوب (> ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود، اما پس از تصفیه به ۴۰۴ میلی‌گرم بر لیتر رسید.

همچنین برای محاسبه شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی و شیر تصحیح‌شده برای انرژی از فرمول‌های زیر استفاده شد (NRC، ۲۰۰۱):

$$0.4 \times \text{تولید شیر} = \text{شیر تصحیح‌شده برای ۴ درصد چربی} + 15 \times \text{تولید چربی شیر}$$

$$\text{تولید} + \text{تولید شیر} \times 0.323 = \text{شیر تصحیح‌شده برای انرژی چربی} \times 12.82 + \text{تولید پروتئین} \times 7.13$$

در روز ۲۵ دوره آزمایشی، نمونه‌های خون تقریباً ۴ ساعت پس از وعده خوراک‌دهی صبح از سیاهرگ دمی توسط لوله خلاء، حاوی هپارین ۷ میلی‌لیتری گرفته شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه و دور ۳۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند و نمونه‌های سرم پس از جداسازی، در اپندروف‌های ۲ میلی‌لیتری و در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای خون، نری گلیسیرید، پروتئین تام، آلبومین توسط کیت تجاری شرکت پارس آزمون^۱ و به به روش دستی و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده اندازه‌گیری شدند. غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات توسط کیت تجاری رندوکس اندازه‌گیری شد.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو دوره ۲۱ روزه به صورت متوالی انجام گرفت. در هر دوره گاوها بر اساس تولید شیر، روز شیردهی و نمره امتیاز بدنی به تیمارهای آزمایشی اختصاص داده شدند. تجزیه آماری داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از رویه Mixed در نرم‌افزار آماری (۲۰۰۲) SAS ورژن ۹/۱ و مدل آماری زیر انجام شد. داده‌های مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر به شکل داده‌های تکرارشونده آنالیز گردید. یک ساختار کوواریانس compound symmetry (unstructured) heterogeneous order 1 autoregressive یا ante-

جدول ۲- ترکیب شیمیایی آب چاه و آب تصفیه شده به روش اسمز معکوس

Table 2. Chemical composition of well water and water treated by a reverse osmosis system

متغیر Item	دستگاه اندازه گیری Gauge	آب تصفیه شده Treated water	آب چاه Well water	خطای معنی داری SEM P-value	سطح
pH	pH meter 3330, Jenway	7.10	7.75	0.09	0.05
هدایت الکتریکی EC (dS/m)	Electrical Conductivity Ohm meter 644	0.59	2.30	0.11	0.01
کلسیم (میلی گرم بر لیتر) Ca ⁺² (mg/L)	Titration	32	180	5.32	0.01
منیزیم (میلی گرم بر لیتر) Mg ⁺² (mg/L)	Titration	15.60	86.40	4.66	0.02
سدیم (میلی گرم بر لیتر) Na ⁺¹ (mg/L)	Flame photometry	82.80	345	7.26	0.01
کلر (میلی گرم بر لیتر) Cl ⁻¹ (mg/L)	Titration	149	682	11	0.01
بی کربنات (میلی گرم بر لیتر) HCO ₃ ⁻¹ (mg/L)	Titration	61	403	4.43	0.01
سولفات (میلی گرم بر لیتر) SO ₄ ⁻² (mg/L)	Spectrophotometry	62.40	240	4.55	0.01
کل مواد جامد محلول (میلی گرم بر لیتر) TDS (mg/L)	TDS meter	404	1955	11.33	0.01
نیترات (میلی گرم بر لیتر) NO ₃ ⁻¹ (mg/L)	Spectrophotometry	0.84	3.90	0.20	0.01

سولفات مصرف کردند؛ بنابراین، در هر دو مطالعه قبلی، گاوها وقتی غلظت سولفات از ۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر بیشتر شد، مصرف آب را کاهش دادند. مشابه با نتایج ما، Senevirathne و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کرد که استفاده از روش اسمز معکوس منجر به کاهش سطح کلسیم، سدیم، منیزیم و سولفات در آب مصرفی گوساله های شیرخوار گردید. سطوح بالای سدیم (۳۴۵ میلی گرم بر لیتر) و کلر (۶۸۲ میلی گرم بر لیتر) در آب چاه ممکن است در بلندمدت بر تعادل الکترولیتی گاو تأثیر بگذارد. تصفیه به روش اسمز معکوس این مقادیر را به محدوده ایمن رساند (NRC، ۲۰۰۱).

TDS بالا بر خوش خوراکی آب تأثیر منفی می گذارد که بر مصرف آب تأثیر می گذارد و به طور غیرمستقیم بر مصرف خوراک و عملکرد تأثیر می گذارد (Senevirathne و همکاران، ۲۰۲۱). آب حاوی کمتر از ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر TDS عموماً

از نتایج مشخص است که اسمز معکوس بخش های قابل توجهی از کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر و سولفات را از آب چاه حذف کرده است. میزان سولفات آب چاه ۲۴۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با ۶۲/۴ میلی گرم در لیتر در آب تصفیه شده بود. NRC (۲۰۰۱) توصیه می کند که آب مصرفی گاوها حاوی کمتر از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات باشد. در تحقیقات قبلی، Weeth و Hunter (۱۹۷۱) مشاهده کردند که وقتی تلیسه ها آب با غلظت سولفات ۳۴۹۳ میلی گرم در لیتر می نوشیدند، میزان مصرف آب، افزایش وزن و مصرف خوراک کاهش یافت. همچنین، ترکیب منیزیم و سدیم ممکن است شدت این مشکلات را افزایش دهد. با این حال، وقتی Weeth و Capps (۱۹۷۲) آب حاوی ۱۱۰، ۱۴۶۲ و ۲۸۱۴ میلی گرم در لیتر سولفات را مقایسه کردند، افزایش وزن تنها زمانی به شکل منفی تحت تأثیر قرار گرفت که تلیسه ها آب حاوی بیش از ۱۴۶۲ میلی گرم در لیتر

چاه (۳/۴۳٪) نسبت به آب تصفیه‌شده (۳/۷۲٪) تمایل به کاهش داشت ($P = 0/06$) اما درصد پروتئین، لاکتوز و تولید روزانه آن‌ها تفاوت معنی‌داری نداشتند. اگرچه تولید شیر تصحیح‌شده بر اساس چربی (۴٪ FCM) و انرژی (ECM) بین دو گروه معنی‌دار نبود، اما در گروه مصرف‌کننده آب تصفیه‌شده از لحاظ عددی به ترتیب ۱/۵۹ و ۱/۴۱ کیلوگرم بالاتر بود. کارایی خوراک در گاوهای مصرف‌کننده آب تصفیه‌شده به روش اسمز معکوس به طور معنی‌داری بیشتر از گروه مصرف‌کننده آب چاه بود ($P = 0/01$).

Senevirathne و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مصرف آب تصفیه‌شده به روش اسمز معکوس علی‌رغم کاهش سختی و TDS آب تأثیری بر عملکرد گوساله‌های شیرخوار نداشت. همچنین Albuquerque و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که کاهش TDS آب مصرفی تأثیری بر افزایش وزن بره‌های پرواری نداشت. همسو با نتایج ما، مشخص شد که تولید شیر در گاوهای هلشتاین شیرده چند شکم که آب با سطوح مختلف TDS (۱۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰) میلی‌گرم در لیتر) دریافت می‌کردند، تحت تأثیر قرار نگرفت (Valtorta و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور مشابه، سایر نویسندگان نیز نتوانستند هیچ تفاوتی در تولید شیر روزانه بین آب با سطوح مختلف TDS پیدا کنند (Reveli و همکاران، ۲۰۰۵؛ Guadalupe و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین مشابه با نتایج تحقیق حاضر، مطالعه‌ای توسط Guadalupe و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که گاوهای شیری هلشتاین که آب با سطح TDS کم مصرف می‌کنند، نسبت به گاوهایی که آب تصفیه‌نشده از چاه عمیق مزرعه مصرف می‌کنند، بازده تولید شیر بهتر، مصرف خوراک کمتر، تعداد سلول‌های سوماتیک کمتر و خطر کاهش چربی شیر کمتری دارند. به گفته Bahman و همکاران (۱۹۹۳)، آب شور (۳۵۷۴ میلی‌گرم TDS در هر لیتر) در مقایسه

تأثیر اندکی بر سلامت و عملکرد گاوها دارد، در حالی که آب حاوی کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عموماً بی‌خطر در نظر گرفته می‌شود، اگرچه ممکن است باعث اسهال خفیف در گاوها شود (NRC، ۲۰۰۱).

در مطالعه حاضر، TDS آب چاه ۱۹۵۵ میلی‌گرم در لیتر بود که به ۴۰۴ میلی‌گرم در لیتر در آب تصفیه‌شده کاهش یافت. کاهش چشمگیر EC و TDS پس از تصفیه نشان‌دهنده کارایی روش اسمز معکوس در حذف املاح است. غلظت نیترات در آب چاه (۳/۹ میلی‌گرم بر لیتر) در حد ایمن بود، اما تصفیه به روش اسمز معکوس آن را به ۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد. دستورالعمل‌های (۱۹۷۴) NRC نشان می‌دهد که ۰ تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات برای نشخوارکنندگان بی‌خطر است و غلظت ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات، گاوها را در معرض خطر یا مرگ قرار می‌دهد. حتی افزایش اندک نیترات ممکن است بر اکوسیستم میکروبی شکمبه تأثیر بگذارد و باعث مشکلات گوارشی شود (NRC، ۲۰۰۱). pH آب چاه و تصفیه‌شده به ترتیب ۷/۷۵ و ۷/۱۰ بود. در آب آشامیدنی دام، pH بین ۶ و ۹ قابل قبول است و pH بالای ۹ ممکن است بر pH شکمبه تأثیر بگذارد (Beede، ۲۰۰۵)؛ بنابراین، pH این دو نوع آب در محدوده قابل قبول در نظر گرفته شد. اگرچه آب تصفیه‌شده به محدوده خنثی نزدیک‌تر است که ممکن است برای جذب برخی مواد معدنی مطلوب‌تر باشد (Murphy، ۱۹۹۲).

گاوهای مصرف‌کننده آب چاه (۲۵ کیلوگرم در روز) نسبت به گروه مصرف‌کننده آب تصفیه‌شده (۲۳/۷۹ کیلوگرم در روز) به‌طور معنی‌داری ماده خشک بیشتری مصرف کردند (جدول ۳)، اما تفاوت معنی‌داری در تولید شیر خام بین دو گروه مشاهده نشد (۴۱/۵۹ در مقابل ۴۱/۳۰ کیلوگرم در روز، $P = 0/79$). درصد چربی شیر در گاوهای مصرف‌کننده آب

روزانه ۲۳/۵ و ۲۱/۴ کیلوگرم به ترتیب برای آب شور و شیرین داشتند.

با آب شیرین (۴۴۹ میلی گرم TDS در هر لیتر) تأثیر معنی داری بر تولید و ترکیب شیر گاوها در محیط گرم نداشت، البته گاوهای آن‌ها پرتولید نبودند و تولید شیر

جدول ۳- مصرف خوراک، تولید و ترکیب شیر گاوهای هلشتاین مصرف کننده آب چاه و آب تصفیه شده به روش اسمز معکوس
Table 3. Dry matter intake, milk production and composition of Holstein cows given well water and water treated by reverse osmosis method

متغیر Item	آب تصفیه شده Treated water	آب چاه Well water	خطای معیار SEM	سطح معنی داری P-value
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) DMI (kg/d)	23.79	25.00	0.37	0.03
تولید شیر (کیلوگرم در روز) Milk yield (kg/d)	41.30	41.59	0.87	0.79
چربی شیر (درصد) Fat content (%)	3.72	3.43	0.11	0.06
پروتئین شیر (درصد) Protein content (%)	3.20	3.17	0.02	0.25
لاکتوز شیر (درصد) Lactose content (%)	5.18	4.84	0.22	0.29
چربی تولیدی (کیلوگرم در روز) Fat yield (kg/d)	1.56	1.44	0.06	0.15
پروتئین تولیدی (کیلوگرم در روز) Protein yield (kg/d)	1.33	1.32	0.03	0.83
لاکتوز تولیدی (کیلوگرم در روز) Lactose yield (kg/d)	2.18	2.04	0.10	0.32
شیر تصحیح شده ۴ درصد چربی ^۱ (کیلوگرم در روز) 4%FCM (kg/d)	39.86	38.27	1.16	0.31
شیر تصحیح شده بر اساس انرژی ^۲ (کیلوگرم در روز) ECM (kg/d)	42.73	41.32	1.16	0.36
تولید شیر به ماده خشک مصرفی Milk yield/DMI	1.77	1.68	0.03	0.10
شیر تصحیح شده بر اساس چربی به ماده خشک 4%FCM/DMI	1.69	1.54	0.04	0.01
شیر تصحیح شده بر اساس انرژی پروتئین به ماده خشک ECM/DMI	1.82	1.67	0.04	0.02

^۱ شیر تصحیح شده برای ۴ درصد چربی = $0.4 \times \text{تولید شیر} + 15 \times \text{تولید چربی شیر}$

$$4\% \text{ fat corrected milk} = 0.4 \times \text{milk yield} + 15 \times \text{milk fat yield}$$

^۲ شیر تصحیح شده برای انرژی = $0.323 \times \text{تولید شیر} + 0.323 \times \text{تولید چربی} + 12.82 \times \text{تولید پروتئین} + 7.13$

$$\text{Energy corrected milk} = \text{Milk production} \times 0.323 + \text{Fat production} \times 12.82 + \text{Protein production} \times 7.13$$

گاوهای هلشتاین که آب نمک زدایی شده دریافت می کردند، نسبت به گاوهایی که آب شور دریافت می کردند، بیشتر بود (Arjomandfar و همکاران، ۲۰۱۰). در هر سه آزمایشی که تولید شیر با کاهش TDS آب مصرفی افزایش یافت، سطح ماده خشک مصرفی ثابت بود و تفاوتی نکرد، اما در تحقیق حاضر سطح مصرف خوراک در گاوهای مصرف کننده آب تصفیه شده کاهش یافت، اما تولید شیر تفاوتی نکرد. تناقضات مشاهده شده در مورد تأثیر سطح TDS بر عملکرد گاوهای شیرده می تواند تا حدی به دلیل سطح تولید دام، منبع آب، سطح TDS مورد استفاده،

برخلاف نتایج ما، گاوهایی که آب با غلظت TDS کم مصرف می کردند، تولید شیر بالاتری (۳۴/۸ در مقابل ۳۲/۹ کیلوگرم در روز) نسبت به گاوهایی که آب با سطح TDS زیاد دریافت می کردند، داشتند (Jaster و همکاران، ۱۹۷۸). در مطالعه‌ای که تأثیر آب نمک زدایی شده را با آب حاوی بیش از ۴۰۰۰ میلی گرم TDS در لیتر بر گاوهای شیرده پرتولید در محیط گرم مقایسه می کرد، Solomon و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که مصرف آب نمک زدایی شده، تولید شیر را افزایش داد (۳۵/۲ در مقابل ۳۳/۱ کیلوگرم در روز). به طور مشابه، تولید شیر روزانه در

جیره‌هایی با نمک، سدیم یا پروتئین بالا مصرف آب را تحریک می‌کنند (Valtorta و همکاران، ۲۰۰۸). Attia-Ismail و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که افزایش TDS آب مصرفی به صورت خطی منجر به افزایش نرخ عبور در شکمبه گوسفند و بز گردید. همچنین Fraley و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که افزایش مصرف مواد معدنی منجر به کاهش وزن مایع شکمبه و کل مواد هضم شده و تمایل به کاهش وزن ماده خشک شکمبه گردید که افزایش نرخ تریق در شکمبه ممکن است باعث افزایش خروج مواد جامد و مایع از شکمبه گردد. از سوی دیگر افزایش مصرف آب با افزایش نرخ تریق شکمبه منجر به کاهش غلظت کل اسیدهای چرب فرار (VFA) شکمبه همراه با تغییر غلظت هر یک از اسیدهای چرب فرار شکمبه می‌شود (Rogers و همکاران، ۱۹۷۹، ۱۹۸۲). تغییرات در غلظت اسیدهای چرب فرار به این واقعیت نسبت داده شد که با افزایش نرخ تریق شکمبه، برخی از سوبستراها قبل از شروع یا تکمیل تخمیر از شکمبه حذف می‌شوند (West و همکاران، ۱۹۸۷). Fraley و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که با افزایش مصرف مواد معدنی توسط گاوهای شیری متوسط تولید ۲۶ کیلوگرم در روز) میزان پروبیونات، بوتیرات و نیتروژن آمونیاکی در مایع شکمبه کاهش یافت، که به دلیل حذف سوبستراهای محلول قبل از تخمیر کامل و عبور پروتئین خوراک به صورت هضم نشده می‌باشد. همچنین با مصرف بالای آب، دفع ادرار زیادتر می‌شود که منجر به دفع بیشتر نیتروژن می‌شود و همین موضوع می‌تواند دام را با کمبود نیتروژن مواجه کند (Tsukahara و همکاران، ۲۰۱۶؛ Yirga و همکاران، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۴). در تایید افزایش نرخ عبور و کاهش قابلیت هضم، محققان مختلف نشان دادند که با افزایش TDS آب، قابلیت هضم ماده آلی، ماده

مدت زمان انجام طرح و وجود مواد معدنی که ممکن است بر عملکرد تأثیر بگذارند اما در چنین مطالعاتی اندازه‌گیری نمی‌شوند؛ معمولاً آن دسته از مواد معدنی که در کمک به سطح TDS مهم هستند، اندازه‌گیری می‌شوند (Jaster و همکاران، ۱۹۷۸؛ Challis و همکاران، ۱۹۸۷؛ Bahman و همکاران، ۱۹۹۳؛ Solomon و همکاران، ۱۹۹۵).

West و همکاران (۱۹۸۷) بیان کردند که افزایش مصرف مواد معدنی، پتانسیل اسمزی شکمبه را افزایش می‌دهد که منجر به تحریک مصرف آب می‌شود و باعث افزایش نرخ عبور در شکمبه می‌شود. نرخ عبور بیشتر در شکمبه می‌تواند علی‌رغم افزایش مصرف آب، در کاهش محتویات شکمبه نقش داشته باشد. Senevirathne و همکاران (۲۰۱۸)، Albuquerque و همکاران (۲۰۲۰) و Jaster و همکاران (۱۹۷۸) بیان کردند که افزایش TDS آب منجر به افزایش مصرف آب به ترتیب در گوساله‌های شیرخوار، بره‌های پرواری و گاوهای شیری گردید و همچنین آب دفع شده از مدفوع و ادرار افزایش یافت (Albuquerque و همکاران، ۲۰۲۰؛ Yirga و همکاران، ۲۰۲۴). افزایش مصرف آب ممکن است نشان‌دهنده پاسخی به افزایش مصرف نمک باشد، و افزایش مصرف آب، مصرف خوراک را تحریک می‌کند (Preeti و همکاران، ۲۰۱۶). Squires (۱۹۸۸) نشان داد که برای حفظ تعادل اسمزی سیستماتیک، آب اضافی مورد نیاز است و نمک اضافی از طریق ادرار از بدن دفع می‌شود. آب موجود در پلاسمای خون وظیفه دفع مواد سمی و اضافی یا بقایای متابولیک در بدن را بر عهده دارد (Wakchaure و همکاران، ۲۰۱۵). به همین دلیل حیوانات با افزایش TDS، مصرف آب را برای حفظ تعادل الکترولیت در بدن افزایش می‌دهند. همچنین بیان شده است که

خشک و الیاف را در گوسفند و بز کاهش یافت (Albuquerque) و همکاران، ۲۰۲۰؛ Yirga و همکاران، ۲۰۲۴). این نتایج نشان می‌دهد که در تحقیق حاضر کاهش سطح TDS آب آشامیدنی گاوهای شیری پرتولید احتمالاً با کاهش مصرف آب و کاهش نرخ ترفیق مایع شکمبه باعث افزایش تولید اسیدهای چرب فرار در شکمبه شده است که در نهایت منجر به کسب انرژی و پروتئین بیشتر توسط دام از خوراک مصرفی و منجر به حفظ تولید با مصرف خوراک کمتر شده است.

برخلاف نتایج ما، ترکیب شیر در بین گاوهای شیرده هلشتاین که آب آشامیدنی با مقادیر فزاینده (۱۰۰۰۰، ۵۰۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر TDS) (Valtorta و همکاران، ۲۰۰۸) یا آب آشامیدنی بدون نمک‌زدایی (<۱۸۰۹ میلی‌گرم در لیتر TDS) یا آب آشامیدنی نمک‌زدایی شده با روش اسمز معکوس (>۵۵۴ میلی‌گرم در لیتر TDS) (Guadalupe و همکاران، ۲۰۱۵) دریافت کردند، تحت تأثیر قرار نگرفت. علاوه بر این، Arjomandfar و همکاران (۲۰۱۰) نیز هیچ تأثیری از آب با سطوح مختلف TDS بر غلظت چربی نیافتند؛ اما مشابه با نتایج ما، Solomon و همکاران (۱۹۹۵) افزایش درصد چربی شیر حیواناتی را که آب نمک‌زدایی شده دریافت می‌کردند، نسبت به شیر حیواناتی که آب شور می‌نوشیدند، مشاهده کردند. علاوه بر این، Revelli و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که درصد چربی شیر در حیواناتی که آب با غلظت کم نمک می‌نوشیدند، بالاتر بود؛ بنابراین، گاوهایی که آب با میزان TDS بالا می‌نوشیدند، بیشتر در معرض خطر کاهش چربی شیر نسبت به گاوهایی بودند که آب با غلظت TDS پایین می‌نوشیدند (Guadalupe و همکاران، ۲۰۱۵). Beede (۲۰۰۵) اشاره کرد که میزان مواد معدنی جیره و در دسترس بودن و کیفیت آب آشامیدنی می‌تواند بر نرخ

عبور خوراک در شکمبه تأثیر بگذارد و تخمیر الیاف و برخی از پیش‌سازهای متابولیت تولید چربی در شیر را کاهش دهد. Alves و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که افزایش TDS آب در تلیسه‌های هلشتاین منجر به کاهش مصرف و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خشی گردید که احتمالاً ناشی از افزایش مصرف آب بوده است. مصرف بیشتر آب ممکن است باعث اتساع فیزیکی نگاری شکمبه شده در نتیجه بر مصرف و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خشی تأثیر گذاشته باشد (Mertens، ۱۹۸۷؛ Dado و Allen، ۱۹۹۵؛ Allen، ۲۰۰۰). همچنین، Kume و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که با افزایش مصرف آب در گاوهای شیری که در یک محفظه دمایی کنترل شده با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰٪ نگهداری می‌شدند و با نسبت علوفه و کنسانتره ۶۰:۴۰ تغذیه می‌شدند، مصرف الیاف نامحلول در شوینده خشی کاهش یافت. علاوه بر این Yirga و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مصرف آب با TDS بالا منجر به کاهش قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خشی در بز و گوسفند گردید که کاهش قابلیت هضم می‌تواند به مصرف زیاد نمک ناشی از افزایش مصرف آب شور مرتبط باشد، زیرا مصرف غلظت‌های بیش از حد نمک می‌تواند بر عملکرد میکروب‌های شکمبه تأثیر بگذارد و در نتیجه تخمیر الیاف را کاهش دهد (Tsukahara و همکاران، ۲۰۱۶؛ Costa و همکاران، ۲۰۱۹). می‌توان بیان کرد که تمایل به افزایش چربی شیر در گروه مصرف‌کننده آب تصفیه‌شده (۳/۷۲ در مقابل ۳/۴۳٪) در طرح حاضر ممکن است مرتبط با بهبود هضم الیاف در اثر آب با کیفیت بالاتر باشد (Iritz و همکاران، ۲۰۲۵).

همسو با نتایج ما، Tausif و همکاران (۲۰۱۸) و Guadalupe و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که کارایی تولید شیر به ترتیب در بوفالوها و گاوهای مصرف-

آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین به گلوبولین خون تفاوت معنی داری بین دو گروه نشان ندادند. تری گلیسیرید در گروه آب تصفیه شده (۸/۷۲ mg/dL) نسبت به آب چاه (۸/۱۶ mg/dL) تمایل به افزایش داشت (P= ۰/۱۵)، اما کلسترول خون در گروه آب تصفیه شده (۳۰۲/۸۸ mg/dL) نسبت به آب چاه (۳۰۷/۸۸ mg/dL) از نظر عددی پایین تر بود (P= ۰/۱۸)

کننده آب با TDS پایین بهبود یافت. بهبود کارایی تبدیل خوراک در تحقیق حاضر در گروه تصفیه شده نشان دهنده استفاده مؤثرتر از مواد مغذی است. فراسنجه های خونی در جدول ۴ گزارش شده است. گلوکز در گروه مصرف کننده آب تصفیه شده (۶۵/۳۴ mg/dL) نسبت به گروه آب چاه (۶۸/۳۰ mg/dL) از نظر عددی پایین تر بود، اما تفاوت معنی دار نبود (P= ۰/۲۵). نیتروژن اوره ای، پروتئین کل،

جدول ۴- فراسنجه های خونی گاوهای هلشتاین مصرف کننده آب چاه و آب تصفیه شده به روش اسمز معکوس

Table 4. Blood parameters of Holstein cows given well water and water treated by reverse osmosis method

متغیر Item	آب تصفیه شده Treated water	آب چاه Well water	خطای معیار SEM	سطح معنی داری P-value
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر) Glucose (mg/dL)	65.34	68.30	1.85	0.25
پروتئین کل (میلی گرم بر دسی لیتر) Total protein (mg/dL)	7.53	7.65	0.17	0.62
آلبومین (میلی گرم بر دسی لیتر) Albumin (mg/dL)	4.18	4.27	0.09	0.48
گلوبولین (میلی گرم بر دسی لیتر) Globulin (mg/dL)	3.38	3.41	0.12	0.89
نسبت آلبومین به گلوبولین Albumin to globulin	1.22	1.26	0.05	0.51
نیتروژن اوره ای (میلی گرم بر دسی لیتر) BUN (mg/dL)	15.32	14.9	0.71	0.66
کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر) Cholesterol (mg/dL)	302.88	307.88	2.58	0.18
تری گلیسیرید (میلی گرم بر دسی لیتر) Triglycerides (mg/dL)	8.72	8.16	0.16	0.15
بتا هیدروکسی بوتیریک اسید (میلی گرم بر دسی لیتر) BHBA (mg/dL)	0.61	0.64	0.01	0.21

همکاران، ۲۰۱۶؛ Patra و همکاران، ۲۰۲۴b)؛ بر سطوح گلوکز، نیتروژن اوره ای، پروتئین کل، کلسترول، تری گلیسیرید در بره های بلوچی (Vosooghi-Postindoz و همکاران، ۲۰۱۸)؛ و بر سطوح آلبومین، پروتئین کل و تری گلیسیرید در گوسفندان (Patra و همکاران، a,b Yousfi و همکاران، ۲۰۱۷) تأثیری ندارد؛ اما Preeti و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که سطح گلوکز خون گوساله های مصرف کننده آب با TDS بالا (از ۵۰۰ تا ۸۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) کاهش یافت که به علت کاهش در

مشابه با نتایج ما، Senevirathne و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مصرف آب تصفیه شده به روش اسمز معکوس علی رغم کاهش سختی و TDS آب تأثیری بر فراسنجه های خونی گوساله های شیرخوار نداشت. همچنین elGHarbi و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که مصرف آب شور تأثیری بر سطح کلسترول، پروتئین کل و نیتروژن اوره ای خون گوسفند های شیری نداشت. علاوه بر این، مطالعات دیگر نشان دادند که شوری آب آشامیدنی بر سطوح گلوکز در بزهای بوئر و اسپانیایی (Tsukahara و

بر فراسنجه‌های خونی و سلامت گاوهای شیری نیاز به انجام طرح‌های طولانی مدت‌تری می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط این مطالعه، کیفیت آب تأثیر محسوسی بر وضعیت متابولیکی گاوهای شیری نداشته است. با این حال، بهبودهای مشاهده‌شده در کارایی تولید می‌تواند ناشی از مکانیسم‌های دیگری مانند بهبود هضم یا جذب مواد مغذی باشد که لزوماً در فراسنجه‌های خونی منعکس نمی‌شوند (Yirga و همکاران، ۲۰۲۴؛ Casper و Acharya، ۲۰۲۵).

نتیجه‌گیری

اگرچه کیفیت خوراک مهم است، اما کیفیت و میزان مصرف آب برای عملکرد دام ضروری است، اما اغلب نادیده گرفته می‌شود. اگرچه هر دو منبع آب استفاده‌شده در طرح حاضر غلظت TDS، سولفات و نیترات قابل قبولی داشتند اما تصفیه آب چاه با روش اسمز معکوس به‌طور معنی‌داری کیفیت شیمیایی آب را بهبود بخشید و آن را برای مصرف گاو شیری مناسب‌تر کرد. مصرف آب تصفیه‌شده توسط گاوهای شیری پرتولید تأثیری بر تولید شیر و فراسنجه‌های خونی نداشت، اما چربی شیر افزایش یافت و با کاهش مصرف خوراک منجر به بهبود راندمان تولید شیر گردید که بیانگر بهبود استفاده از مواد مغذی است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حتی بهبودهای کوچک در کیفیت آب ممکن است برخی از مزایای عملکردی را برای گاوهای پرتولید به همراه داشته باشد و این موضوع اهمیت کیفیت آب در بهینه‌سازی عملکرد گاوهای شیری را تأیید می‌کند. البته پیشنهاد می‌شود که این طرح در دوره طولانی-مدت اجرا شود تا تأثیر تصفیه آب به روش اسمز معکوس در طولانی‌مدت بر عملکرد و سلامت گاوهای شیری بررسی شود.

مصرف خوراک بوده است؛ اما همین محققین بیان کردند که سطح پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین فقط در گوساله‌های مصرف‌کننده آب با TDS برابر با ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت که احتمالاً به علت افزایش اسمولاریته خون باشد که آب را برای حفظ هموستاز جذب می‌کند و با انجام این کار، ترقیق خون و در نهایت پروتئین نیز رخ خواهد داد (Preeti و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیق حاضر گاوهای مصرف‌کننده آب چاه با TDS بالا مصرف خوراک بیشتری داشتند که همین موضوع منجر به ثابت ماندن سطح گلوکز گردید و علاوه بر این سطح TDS آب چاه ۱۹۵۵ میلی‌گرم بر لیتر بود که خیلی کمتر از سطح ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تحقیق Preeti و همکاران (۲۰۱۶) بوده است.

عدم تفاوت معنی‌دار در گلوکز و BHBA نشان می‌دهد که کیفیت آب تأثیر محسوسی بر وضعیت انرژی گاوها نداشته است. همچنین ثبات در سطوح پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین نشان می‌دهد که کیفیت آب تأثیر محسوسی بر تولید پروتئین در هر نداشته است (NRC، ۲۰۰۱). سطوح BHBA در هر دو گروه در محدوده نرمال (کمتر از ۱/۲ mg/dL) قرار داشت که نشان‌دهنده عدم وجود کتوز بالینی یا تحت بالینی است (Duffield، ۲۰۰۰). عدم تأثیر شوری آب بر غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (شاخص‌های عملکرد کلیه) و آلبومین، پروتئین کل و گلوبولین (شاخص‌های عملکرد کبد) نشان می‌دهد که سطح TDS آب تا ۱۹۵۵ میلی‌گرم بر لیتر احتمالاً باعث تغییرات پاتولوژیک در بافت‌های کبد و کلیه نشده است. اگرچه تصفیه آب به روش اسمز معکوس منجر به تغییرات جزئی در برخی فراسنجه‌های خونی شد، اما هیچ یک از این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبودند. به نظر می‌رسد برای بررسی تأثیر تصفیه آب

- Albuquerque, Í.R.R., Araujo, G.G.L., Voltolini, T.V., Moura, J.H.A., Costa, R.G., Gois, G.C., Costa, S.A.P., Campos, F.S., Queiroz, M.A.Á., & Santos, N.M.S. (2020). Saline water intake effects performance, digestibility, nitrogen and water balance of feedlot lambs. *Animal Production Science*, 60: 1591-1597.
- Allen, M.S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83: 1598-1624.
- Alves, J.N., Araújo, G.G.L., Neto, S.G., Voltolini, T.V., Santos, R.D., Rosa, P.R., Guan, L., McAllister, T., & Neves, A.L.A. (2017). Effect of increasing concentrations of total dissolved salts in drinking water on digestion, performance and water balance in heifers. *Journal of Agricultural Science*, 9: 1-10.
- AOAC International. (2000). Official methods of analysis (17th ed.). AOAC International.
- Arjomandfar, M., Zamiri, M.J., Rowghani, E., Khorvash, M., & Ghorbani, G. (2010). Effects of water desalination on milk production and several blood constituents of Holstein cows in a hot arid climate. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 11: 233-238.
- Attia-Ismail, S.A., Ahlam R., & Asker A.R.T. (2008). Effect of salinity level in drinking water on feed intake, nutrition utilization, water intake and turnover and rumen function in sheep and goats. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, 1: 1-11
- Bahman, A.M., Rooker, J.A., & Topps, J.H. (1993). The performance of dairy cows offered drinking water of low or high salinity in a hot arid climate. *Animal Production*, 57: 23-28.
- Beede, D.K. (2005). Assessment of water quality and nutrition for dairy cattle. Proceedings of the Mid-South Ruminant Nutrition Conference, 1-12. Texas Animal Nutrition Council.
- Beede, D.K. (2006). Water for dairy cattle. In Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference, 57-66.
- Casper, D.P., & Acharya, I.P. (2025). Can water source and quality affect nutrient digestion? *Journal of Dairy Science*, 108: 9595-9602.
- Challis, D.J., Zeinstra, J.S., & Anderson, M.J. (1987). Some effects of water quality on the performance of high yielding cows in an arid climate. *Veterinary Record*, 120: 12.
- Costa, E.C.B., Araújo, G.G.L., Oliveira, J.S., Santos, E.M., Henriques, L.T., Perazzo, A.F., Zanine, A.M., Pereira, G.A., & Pinho, R.M.A. (2019). Effect of salt concentrations on in vitro rumen fermentation of cellulose, starch, and protein. *South African Journal of Animal Science*, 49: 1139-1147.
- Dado, R.G., & Allen, M. S. (1995). Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*, 78: 118-133.
- Duffield, T. (2000). Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16: 231-253.
- elGHarbi; W.M., Abidil S., & Ben Salem, H. (2015). Effects of water salinity on milk production and several blood constituents of Barbarine sheep in a semi arid climate. *International Research Journal of Earth Sciences*, 3: 1-4.
- Fraley, S.E., Hall, M.B., & Nennich, T.D. (2015). Effect of variable water intake as mediated by dietary potassium carbonate supplementation on rumen dynamics in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98: 3247-3256.
- Guadalupe, J.G.M., Herrera-Monsalvo, C.D., Lara-Bueno, A., López-Ordaz, R., Jaimes, J.J., & Ramírez-Valverde, R. (2015). Effects of drinking water desalination on several traits of dairy cows in a Mexican semiarid environment. *Life Science Journal*, 12: 83-97.
- Iritz, A., Espinoza, D., Taye, M.G., Salhab, F., Portnik, Y., Moallem, U., & Ben Meir, Y.A. (2025). Effect of drinking water salinity on lactating cows' water and feed intake, milk yield, and rumen physiology. *Animal*, 19: 101389.
- Jaster, E.H., Schuh, J.D., & Wegner, T.N. (1978). Physiological effects of saline drinking water on high production dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 61: 66-71.

- Konapala, G., Mishra, A.K., Wada, Y., & Mann, M.E. (2020). Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature Communications*, 11: 3044.
- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., & Kozakai, T. (2010). Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. *Livestock Science*, 128: 46-51.
- Mertens, D.R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64: 1548-1558.
- Murphy, M.R. (1992). Water metabolism of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 75: 326-333.
- National Research Council (NRC). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle (7th ed.). National Academies Press.
- Papa, F., Crétaux, J.F., Grippa, M., Robert, E., Trigg, M., Tshimanga, R.M., Kitambo, B., Paris, A., Carr, A., Fleischmann, A.S., de Fleury, M., Gbetkom, P.G., Calmettes, B., & Calmant, S. (2023). Water resources in Africa under global change: monitoring surface waters from space. *Surveys in Geophysics*, 44: 43-93.
- Patra, A.K., dos Santos Ribeiro, L.P., Yirga, H., Sonibare, A.O., Askar, A.R., Hussein, A.H., Puchala, R., & Goetsch, A.L. (2024a). Effects of the concentration and nature of total dissolved solids in drinking water on feed intake, nutrient digestion, energy balance, methane emission, ruminal fermentation, and blood constituents in different breeds of young goats and hair sheep. *Animal Nutrition*, 16: 84-95.
- Patra, A.K., dos Santos Ribeiro, L.P., Yirga, H., Puchala, R., & Goetsch, A.L. (2024b). Influence of the concentration and nature of total dissolved solids in Brackish groundwater on water intake, nutrient utilization, energy metabolism, ruminal fermentation, and blood constituents in different breeds of mature goats and sheep. *Science of the Total Environment*, 907: 167949.
- Preeti., Kewalramani, N., Kundu, S.S., & Sharma, A. (2016). Effect of saline water on rumen fermentation and serum profile in Murrah male calves. *Indian Journal of Animal Research*, 52: 65-71
- Pishdadi Motlagh, A., Salamat Doust Nobar, R., Maheri Sis, N., Safaei, A.R., Aghajanzadeh Golshani, A., (2023). The effect of different levels of water salinity on the rumen degradability of dry matter and protein of alfalfa hay using nylon bags technique in Iranian shal sheep. *Journal of Animal Environment*, 14: 87-94.
- Raut, R., Biswas, B.K., Taylor-Bowden, T., Kilonzo-Nthenge, A., Pokharel, B., Tabler, T., Nahashon, S.N., & Maharjan, P. (2025). Effects of chronic exposure of specific water quality parameters in poultry drinking water on dietary amino acid digestibility and early broiler performance. *Poultry Science*, 104: 104835.
- Revelli, G.R., Sbodio, O.A., Gallardo, M.R., Valtorta, S.E., & Tercero, E.J. (2005). Performance of dairy cows of low production in pastoral conditions with salt or desalinated drinking water supply. *Magazine de la Facultad de Agronomía y Veterinaria*, 4: 77-88.
- Rogers, J.A., Davis, C.L., & Clark, J.H. (1982). Alteration of rumen fermentation, milk fat synthesis, and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 65: 577-586.
- Rogers, J.A., Marks, G.C., Davis, C.L., & Clark, J.H. (1979). Alteration of rumen fermentation in steers by increasing rumen fluid dilution rate with mineral salts. *Journal of Dairy Science*, 62: 1599-1605.
- Senevirathne, N.D., Anderson, J.L., & Rovai, M. (2018). Growth performance and health of dairy calves given water treated with a reverse osmosis system compared with municipal city water. *Journal of Dairy Science*, 101: 8890-8901.
- Senevirathne, N.D., Anderson, J.L., Erickson, P.S., & Rovai, M. (2021). Evaluation of the effects of water quality on drinking preferences of heifer calves. *Journal of Dairy Science Communications*, 2: 393-397.

- Solomon, R., Miron, J., Ben-Ghedalia, D., & Zomberg, Z. (1995). Performance of high producing dairy cows offered drinking water of high and low salinity in the Arava desert. *Journal of Dairy Science*, 78: 620-624.
- Squires, V.R. (1988). Water and its function, regulations and comparative use by ruminant livestock. In: The ruminant animal digestive physiology and nutrition. p. 217-226. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. Church, D.C. (ed.).
- Tausif, M.A., Shahzad, F., Bhatti, J.A., Qamar, S., Khalique, A., Rahman, H., Ali, H.M., & Hussain, A. (2018). Effect of water quality on production performance of lactating Nili-Ravi buffaloes. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42: 543-548.
- Tsukahara, Y., Puchala, R., Sahlu, T., & Goetsch, A.L. (2016). Effects of level of brackish water on feed intake, digestion, heat energy, and blood constituents of growing Boer and Spanish goat wethers. *Journal of Animal Science*, 94: 3864-3874.
- Umar, S., Munir, M.T., Azeem, T., Ali, S., Umar, W., Rehman, A., & Shah, M.A. (2014). Effects of water quality on productivity and performance of livestock: A mini review. *Veterinaria*, 2: 11-15.
- Valtorta, S.E., Gallardo, M.R., Sbodio, O.A., Revelli, G.R., Arakaki, C., Leva, P.E., Gaggiotti, M., & Tercero, E.J. (2008). Water salinity effects on performance and rumen parameters of lactating grazing Holstein cows. *International Journal of Biometeorology*, 52: 239-247.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Vosooghi-Postindoz, V., Tahmasbi, A., Naserian, A.A., Valizade, R., & Ebrahimi, H. (2018). Effect of water deprivation and drinking saline water on performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen parameters in Baluchi lambs. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8: 445-456.
- Wakchaure, R., Ganguly, S., & Praveen, P.K. (2015). Role of water in livestock. *Recent Advances in Academic Science*, 1: 53-56.
- Weeth, H.J., & Capps, D.L. (1972). Tolerance of growing cattle for sulfate-water. *Journal of Animal Science*, 34: 256-260.
- Weeth, H.J., & Hunter, L.H. (1971). Drinking of sulfate water by cattle. *Journal of Animal Science*, 32: 277-281.
- West, J.W., Coppock, C.E., Milam, K.Z., Nave, D.H., & Labore, J.M. (1987). Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating Holstein cows during hot weather. *Journal of Dairy Science*, 70: 309-320.
- Woodford, S.T., Murphy, M.R., & Davis, C.L. (1984). Water dynamics of dairy cattle as affected by initiation of lactation and feed intake. *Journal of Dairy Science*, 67: 2336-2343.
- Yirga, H., Puchala, R., Tsukahara, Y., Tesfai, K., Sahlu, T., Mengistu, U.L., & Goetsch, A.L. (2018). Effects of level of brackish water and salinity on feed intake, digestion, heat energy, ruminal fluid characteristics, and blood constituent levels in growing Boer goat wethers and mature Boer goat and Katahdin sheep wethers. *Small Ruminant Research*, 164: 70-81.
- Yirga, H.; Urge, M.; Goetsch, A.L.; Tolera, A.; Puchala, R.; & Patra, A.K. (2024). Effects of salinity levels of drinking water on water intake and loss, feed utilization, body weight, thermoregulatory traits, and blood constituents in growing and mature Blackhead Ogaden sheep and Somali goats. *Animals*, 14, 1565.
- Yousfi, I., & Salem, H.B. (2017). Effect of increasing levels of sodium chloride in drinking water on intake, digestion and blood metabolites in Barbarine sheep. *Annales de l'Inrat*, 90: 202-214.