

Fatty acid profile and nutritional quality indices of cow and buffalo butteroil

Rahele Nezhad Razmjoui Akhgar*

Assistant Professor, Department of Animal Science Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran,
Email: r.razmjou@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-05-30

Revised: 2025-10-02

Accepted: 2025-12-06

Keywords:

Fatty acid profile

Nutritional quality indices

Butteroil

Conjugated linoleic acid

ABSTRACT

Background and objectives: Butteroil, a traditional dairy product favored in the Middle East and Asia, is derived from cow and buffalo milk. It is rich in compounds like glycerides, fatty acids, phospholipids, fat-soluble vitamins, and essential minerals such as calcium and iron. While this oil offers various health benefits, there are concerns regarding its consumption, particularly due to its high levels of saturated fatty acids. Therefore, the present study was conducted to evaluate nutritional quality indicators and fatty acid metabolism in two common types of butteroils prepared from cow and buffalo milk in local workshops.

Materials and methods: Butteroil was prepared using cow and buffalo milk in three replicates. The Butteroil was prepared using the traditional milk-butter method. To examine the nutritional indices of the two types of butteroils, the composition of fatty acids, nutritional indices including the ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids (UFA/SFA), the ratio of omega-3 to omega-6 fatty acids (n-3/n-6), atherogenic (AI) and thrombogenic indices (TI), saturation index (SI), levels of desirable fatty acids (DFAs) and hypercholesterolemic saturated fatty acids (HFA), as well as the ratio of hypocholesterolemic to hypercholesterolemic (h/H) were measured and calculated. Additionally, indices associated with fatty acid metabolism in butteroil, such as Elongase, Thioesterase, and Desaturase, were assessed. The data obtained were analyzed based on a completely randomized design. Significant differences in means were estimated using an independent Student's t-test at a significance level of $p < 0.05$.

Results: Statistical analysis revealed a significant difference in the levels of certain fatty acids between cow and buffalo oil samples ($p < 0.05$). The concentration of saturated fatty acids in buffalo oil (71.62%) was significantly higher than that in cow oil (65.25%) ($p < 0.05$); in contrast, the total monounsaturated fatty acids in cow oil (30.57%) were significantly higher than those in buffalo oil (23.47%) ($p < 0.05$). Also, the nutritional quality indices, including atherogenic (AI) and thrombogenic (TI) indices of buffalo oil were significantly higher than that of cow oil ($p < 0.05$). The n-3/n-6 ratio, the ratio of unsaturated to saturated fatty acids (UFA/SFA), the ratio

of hypocholesterolemic to hypercholesterolemic, and the levels of desirable fatty acids (DFA) were significantly higher in cow oil ($p<0.05$). Conversely, the saturation index and levels of hypercholesterolemic fatty acids in buffalo oil were significantly higher than those found in cow oil ($p<0.05$). Regarding fatty acid metabolism indices the values of Elongase and Thioesterase indices in buffalo oil were higher than those of cow oil ($p<0.05$), in contrast, $\Delta 9$ -DI (18): $\Delta 9$ -(18), $\Delta 9$ -DI (16): $\Delta 9$ -(16) desaturase indices as well as total $\Delta 9$ desaturase index in cow oil showed higher values than those of buffalo oil ($p<0.05$).

Conclusion: The findings of this research indicated that cow oil has a better nutritional quality profile compared to buffalo oil. Due to elevated levels of saturated fatty acids, certain nutritional quality criteria, such as atherogenic and thrombogenic indices, exceeded acceptable limits in both oils. Both cow and buffalo oils can be incorporated into a balanced diet. To enhance the nutritional quality indices of butter oils, the fatty acid composition of milk can be improved through better animal nutrition management and by supplementing the diet with sources rich in unsaturated fatty acids.

Cite this article: Nezhad Razmjoui Akhgar. R. 2025. Fatty acid profile and nutritional quality indices of cow and buffalo butteroil. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(3), 61-80.



© The Author(s)



[10.22069/fppj.2025.23328.1863](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.23328.1863)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

پروفایل اسیدهای چرب و شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن گاو و گاومیش

راحله نژاد رزمجوی اخگر*

استادیار، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران، رایانامه: r.razmjou@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله چکیده

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

سابقه و هدف: روغن حیوانی، یک محصول لبنی سنتی محبوب در خاورمیانه و آسیا، از شیر گاو و گاومیش تهیه می‌شود و حاوی ترکیباتی مانند گلیسریدها، اسیدهای چرب، فسفولیپیدها، ویتامین‌های محلول در چربی و مواد معدنی مانند کلسیم و آهن است. با وجود فواید این روغن برای سلامتی، برخی نگرانی‌ها در مورد مصرف آن وجود دارد که عمدتاً به سطوح بالای اسیدهای چرب اشباع آن مربوط می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور ارزیابی شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای و متابولیسم اسیدهای چرب در دو نوع روغن حیوانی متداول تهیه شده از شیر گاو و گاومیش در کارگاه‌های محلی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: روغن حیوانی با استفاده از شیر گاو و گاومیش در ۳ تکرار تهیه شدند. تهیه روغن، به شیوه سنتی شیر-کره انجام گرفت. به منظور بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای دو نوع روغن، ترکیب اسیدهای چرب، شاخص‌های تغذیه‌ای شامل نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع (UFA /SFA)، نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ (n-3/n-6)، شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI)، شاخص اشباع (SI)، مقادیر اسیدهای چرب مطلوب (DFAs)، اسیدهای چرب اشباع هایپرکلسترولمیک (HFA) و نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترولمی (h/H) مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گرفتند. همچنین شاخص‌های مرتبط با متابولیسم اسیدهای چرب روغن حیوانی شامل الانگاز، تیواستراز و دساجوراز مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده‌های حاصل بر اساس طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. تفاوت‌های معنی‌دار در میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی استیودنت مستقل در سطح معنی‌داری (p<0/05) تخمین زده شد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۵

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹

یافته‌ها: نتایج آنالیز آماری حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر برخی اسیدهای چرب بین نمونه‌های روغن گاو و گاومیش بود (p<0/05). میزان اسیدهای چرب اشباع در روغن گاومیش (۷۱/۶۲٪) به طور معنی‌داری بالاتر از روغن گاو (۶۵/۲۵٪) بود (p<0/05)؛ در مقابل، مجموع اسیدهای چرب تک‌غیراشباع در روغن گاوی (۳۰/۵۷٪) به طور معنی‌داری بالاتر از روغن گاومیش (۲۳/۴۷٪) به دست آمد (p<0/05). همچنین، شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای شامل شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) روغن شیر گاومیش به طور معنی‌داری بالاتر

واژه‌های کلیدی:

پروفایل اسیدهای چرب

شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای

روغن حیوانی

اسید لینولئیک کونژوگه

از روغن گاو بود ($p < 0.05$). نسبت $n-3/n-6$ نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)، نسبت هیپوکلسترولمی به هایپرکلسترولمی و میزان اسیدهای چرب مطلوب (DFA) در روغن گاوی به طور معنی‌داری بالاتر بود ($p < 0.05$). در حالی که، شاخص اشباع و مقادیر اسیدهای چرب هایپرکلسترولمیک در روغن گاومیش به طور معنی‌داری بالاتر از روغن گاو بود ($p < 0.05$). از نظر شاخص های متابولیسم اسیدهای چرب، مقادیر شاخص‌های ال‌انگاز و تیواستراز در روغن شیر گاومیش بالاتر از روغن گاو بود ($p < 0.05$), در مقابل، شاخص‌های دساچوراز ($\Delta 9$ -(18): $\Delta 9$ -DI (18)، $\Delta 9$ -(16): $\Delta 9$ -DI (16) و شاخص کل $\Delta 9$ دساچوراز در روغن گاو مقادیر بالاتری را نسبت به روغن گاومیش نشان دادند ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که روغن گاو از نظر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای وضعیت مطلوب‌تری نسبت به روغن گاومیش دارد. به دلیل بالا بودن سطوح اسیدهای چرب اشباع، برخی معیارهای کیفیت تغذیه‌ای از جمله شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک در هر دو نوع روغن بالاتر از حد مجاز قرار داشت. هر دو نوع روغن گاو و گاومیش می‌توانند در رژیم غذایی به صورت متعادل مورد استفاده قرار گیرند. به منظور بهبود شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن‌های حیوانی می‌توان ترکیب اسیدهای چرب شیر را از طریق مدیریت تغذیه دام و غنی‌سازی جیره با منابع حاوی اسیدهای چرب غیراشباع ارتقاء داد.

استناد: نژاد رزمجوی اخگر، راحله. (۱۴۰۴). پروفایل اسیدهای چرب و شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن گاو و گاومیش. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷(۳)، ۸۰-۶۱.



[10.22069/fppj.2025.23328.1863](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.23328.1863)

© نویسندگان



ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

شیر نشخوارکنندگان امولسیونى از گلبول‌هاى چربى شیر در آب بوده و منبع اصلی تولید روغن حیوانى به شمار مى‌رود. روغن حیوانى، که به عنوان کره صاف شده نیز شناخته مى‌شود، از طریق حرارت دادن خامه یا کره در دمای بالای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و تبخیر آب و حذف مواد جامد غیرچرب تهیه مى‌شود (۱). این محصول لبنى سستى که در مناطق خاورميانه و آسیا بسیار رایج است، به دلیل محبوبیت روزافزون خود در سال‌هاى اخیر به شکل قابل توجهی در سطح جهانی مورد استفاده و مصرف قرار گرفته است (۲).

روغن حیوانى از گلیسریدهاى مخلوط، اسيدهاى چرب، فسفولیپیدها، استرول‌ها، ویتامین‌هاى محلول در چربى، هیدروکربن‌ها، مقادیر کمی کازئین سوخته، کلسیم، فسفر و آهن تشکیل شده و دارای طعمى خاص و منحصر به فرد است که ناشى از ترکیباتى مانند کربونیل‌ها، لاکتون‌ها و اسيدهاى چرب آزاد است (۳). طول زنجیره کربنى اسيدهاى چرب، بسته به میزان اشباع و نحوه توزیع آن‌ها در مولکول‌هاى تری‌گلیسرید، مى‌تواند بین ۴ تا ۲۶ اتم کربن متغیر باشد (۴). روغن حیوانى در صورت نگهدارى در دمای محیط بین ۶ الی ۸ ماه ماندگارى دارد. پایداری روغن حیوانى در طول نگهدارى به رطوبت کم و محتوای بالای فسفولیپیدها و احتمالاً اسيدهاى آمینه آزاد که از کمپلکس فسفولیپید- پروتئین به فاز چربى آزاد مى‌شوند، نسبت داده مى‌شود. علاوه بر این اسیدیته کم و حضور آنتی‌اکسیدان‌هاى طبیعى نیز نقش مهمی در حفظ پایداری آن ایفا مى‌کنند (۵).

روغن حیوانى، با ترکیبى خاص از اسيدهاى چرب با زنجیره‌هاى کوتاه، متوسط و بلند، به عنوان یک ماده غذایی با ارزش شناخته مى‌شود که دارای فواید متعددی برای سلامتی است. اسید بوتیریک موجود در

این روغن، به بهبود سلامت روده کمک کرده و با تقویت دیواره روده و کاهش التهاب، مى‌تواند در بهبود سندرم روده تحریک‌پذیر مؤثر باشد. اسید لینولئیک کونژوگه و اسيدهاى چرب امگا ۳ موجود در آن نیز به کاهش التهاب، تقویت سیستم ایمنى و بهبود سلامت قلب کمک مى‌کنند. همچنین اسيدهاى چرب با زنجیره کوتاه و متوسط ممکن است سطح کلسترول خوب (HDL) را افزایش و کلسترول بد (LDL) را کاهش دهند. علاوه بر این، اسيدهاى چرب با زنجیره متوسط، به سرعت در بدن متابولیزه شده و به عنوان منبعی سریع از انرژی عمل مى‌کنند. همچنین، آنتی‌اکسیدان‌هاى طبیعى موجود در این روغن مانند ویتامین‌هاى A و E به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب عروقى کمک مى‌کنند (۶).

در حالی که سیستم‌هاى دانش سنتى مانند آیورودا^۱ آیورودا^۱ روغن حیوانى را به عنوان یک غذای سالم با ارزش درمانى مى‌دانند، از دیدگاه متخصصان تغذیه مدرن، مصرف چربى لبنیات به دلیل وجود اسيدهاى چرب اشباع و خطرات مرتبط با آن برای سلامت قلب و عروق باید محدود گردد (۶).

طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، بیماری‌هاى قلبی-عروقى اولین علت مرگ و میر در جهان است. بر این اساس، با رعایت یک رژیم غذایی متعادل و اتخاذ سبک زندگى سالم، امکان کنترل حدود ۷۵ درصد از عوامل خطر مرتبط با این بیماری‌ها وجود دارد (۷). اسيدهاى چرب اشباع بلند زنجیر (C12-C18) به شدت در ایجاد آترواسکلروز و تشکیل لخته‌هاى خونی نقش دارند. در مقابل، اسيدهاى چرب چندغیراشباع مانند امگا ۳ و امگا ۶ برای بدن انسان ضرورى بوده و عملکردهاى محافظتی بسیاری را بر عهده دارند (۸).

¹ Ayurveda

روغن حیوانی یکی از روغن‌های متداول مصرفی در ایران است. طبق آمار ارائه شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، تولید روغن حیوانی ایران در سال ۲۰۱۴ به ۳۴۴۲۰۴ تن رسیده است (۹). این محصول در مناطق شمالغرب و غرب کشور به طور سنتی، با استفاده از شیر گاو و گاومیش یا ترکیبی از آنها در کارگاه‌های محلی و با استفاده از روش شیر-کره^۱ تولید می‌شود. علیرغم محبوبیت و مصرف گسترده این فرآورده، مطالعات محدودی در زمینه شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن حیوانی تولید شده در کارگاه‌های محلی انجام گرفته است. در تحقیقی که در استان آذربایجان شرقی انجام شد، ویژگی‌های تغذیه‌ای کره سنتی (کره نه‌ره) و کره صنعتی با تأکید بر عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی-عروقی مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس یافته‌ها، کره سنتی دارای مطلوب‌ترین شاخص‌های تغذیه‌ای و همچنین سطح کلسترول بود. در مجموع ضمن تأکید بر کاهش مصرف کره در وعده‌های غذایی، این پژوهش نشان داد که امکان تعدیل اثرات نامطلوب و بهبود اثرات سلامتی بخش کره با تغییر روش تولید مقدور می‌باشد (۱۰). در پژوهش دیگری که در شهر کارنال واقع در ایالت هاریانای هند انجام شد، کیفیت تغذیه‌ای روغن حیوانی تهیه‌شده از شیر گاو، گاومیش و بز بر اساس ترکیب اسیدهای چرب بررسی شد. یافته‌ها نشان دادند که روغن حاصل از شیر بز حاوی بیشترین مقدار اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیره است که این ویژگی نشان‌دهنده قابلیت هضم بهتر این نوع روغن می‌باشد. از سوی دیگر، روغن شیر گاو به دلیل مقادیر پایین‌تر اسیدهای چرب اشباع و وجود بالاترین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک کونژوگه، به عنوان گزینه‌ای با پتانسیل مطلوب برای ارتقای سلامت شناخته شد. در این تحقیق، شاخص‌های آتروژنیک و

ترومبوژنیک در روغن گاوی پایین‌ترین مقادیر را نشان دادند (۱). در تحقیق دیگر انجام‌شده در استان آنتیوکیا کلمبیا، به بررسی پروفایل اسیدهای چرب روغن تهیه شده از شیر گاو و گاومیش و ارتباط آن با شاخص‌های تغذیه‌ای پرداخته شد. همچنین تأثیر مصرف این روغن‌ها بر تغذیه و سلامت انسان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو نمونه روغن گاو و گاومیش نسبت مطلوبی از اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ را ارائه می‌دهند؛ هرچند این تناسب به دلیل کمبود اسیدهای چرب غیراشباع در هر دو روغن، اثربخشی لازم را ندارد. علاوه بر این، شاخص‌های ترومبوژنیک و آتروژنیک نشان دادند که میزان بالای اسیدهای چرب اشباع (بیش از ۵۰ درصد) و سطح پایین اسیدهای چرب چندغیراشباع در هر دو نمونه، از منظر سلامت یک چالش محسوب می‌شود. این محققان پیشنهاد کردند که با توجه به اینکه مصرف ۱۰ گرم روغن حیوانی می‌تواند ۱۴ درصد از کل نیاز توصیه شده به اسیدهای چرب اشباع در یک رژیم غذایی سالم را تأمین کند، گنجاندن مقدار مشخصی روغن حیوانی در برنامه غذایی ممکن است مشکلی ایجاد نکند. همچنین ترکیبات اسیدهای چرب روغن حیوانی را می‌توان با غنی‌سازی خوراک دام به‌وسیله منابع سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع بهبود بخشید، اما احتمال دارد که این فرآیند موجب کاهش پایداری روغن گردد (۲).

از آنجا که روغن حیوانی جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی مصرف‌کنندگان ایرانی دارد، این تحقیق با هدف بررسی شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای و متابولیسم اسیدهای چرب دو نمونه روغن تهیه شده از شیر گاو و گاومیش در کارگاه‌های محلی انجام گرفت.

¹ milk- butter

مواد و روش‌ها

شیر: شیر خام گاومیش با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شامل $pH = 6.75$ ، اسیدیته ($^{\circ}D$) $14/30$ ، چربی $5/40$ ، پروتئین $3/60$ ، مواد جامد بدون چربی $9/23$ و دانسیته $1/031 \text{ Kg/m}^3$ از دامداری‌های اطراف ارومیه و شیر خام گاو با مشخصات $pH = 6.81$ ، اسیدیته ($^{\circ}D$) $14/10$ ، چربی $4/80$ ، پروتئین $3/50$ ، مواد جامد بدون چربی $8/76$ و دانسیته $1/032 \text{ Kg/m}^3$ از دامداری‌های سنتی حومه کرمانشاه جمع‌آوری شدند.

تهیه نمونه‌های کره: شیر گاومیش و گاو برای تهیه کره مورد استفاده قرار گرفتند. فرایند تولید، به شیوه سنتی شیر- کره انجام شد. برای این منظور پس از حرارت دادن شیر خام در دمای $90^{\circ}C$ به مدت ۱۰ دقیقه به منظور پاستوریزاسیون، دمای آن تا $44^{\circ}C$ کاهش داده شد و با افزودن 3% کشت استارتر (ماست روز گذشته) تلقیح و به مدت ۴ ساعت در دمای مذکور نگهداری شد. سپس ژل حاصل همراه با مقداری آب به دستگاه کره‌گیر منتقل شد. فرایند کره‌گیری طی مدت ۳۰ دقیقه به پایان رسید و دانه‌های کره، برای حذف دوغ باقی مانده بین آنها با آب سرد شستشو داده شدند (۱۱).

تهیه نمونه‌های روغن: برای تهیه روغن حیوانی، کره ذوب شده و به مدت ۶۰-۴۵ دقیقه در دمای حدود $110^{\circ}C$ حرارت داده شد. حرارت باعث تبخیر آب و ته‌نشین شدن مواد جامد غیرچرب شده و در نتیجه روغن شفافی حاصل گردید. در ادامه، روغن حاصل از پارچه خراطین عبور داده شد. در نهایت نمونه‌های روغن در ظروف پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (۱۱).

آنالیز پروفاایل اسیدهای چرب: متیل استرهای اسیدهای چرب^۱ (FAME)، مطابق روش استاندارد

¹ Fatty acid methyl esters

AOCS (۶۶-۲ Ce) تهیه شدند (۱۲). برای این منظور، ۱۰۰ میلی گرم نمونه روغن پس از صاف کردن توزین گردید و طی یک فرایند دو مرحله‌ای ابتدا با استفاده از هیدروکسید پتاسیم متانولی، صابونی و سپس با افزودن اسید سولفوریک متانولی به متیل استر تبدیل گردید. متیل استر اسیدهای چرب با هپتان نرمال استخراج و ۱ میکرولیتر از فاز هپتان به دستگاه کروماتوگرافی گازی جهت آنالیز تزریق شد. برنامه دمایی شامل سه مرحله ($150^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، سپس افزایش دما به $190^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد با نرخ ۸ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و نگهداری به مدت ۱۰ دقیقه و در نهایت افزایش دما به $200^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد با نرخ ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و نگهداری به مدت ۱۰ دقیقه) بود. دمای تزریق و آشکارساز بر روی $250^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد تنظیم و سرعت جریان گاز حامل (نیتروژن) 20 میلی‌لیتر بر دقیقه بود. دستگاه کروماتوگرافی گازی مورد استفاده، مدل 6890 شرکت Agilent آمریکا مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) و ستون HP-88 با ابعاد 100 متر طول، قطر داخلی 0.25 میلی‌متر و ضخامت فیلم 0.2 میکرومتر بود.

شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای نمونه‌های روغن

حیوانی: داده‌های حاصل از پروفاایل اسیدهای چرب نمونه‌های روغن گاو و گاومیش برای محاسبه اسیدهای چرب اشباع کل، اسیدهای چرب تک‌غیراشباع کل و اسیدهای چرب چندغیراشباع کل استفاده شد. علاوه بر این، شاخص‌های سلامتی اسیدهای چرب مانند نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع (UFA/SFA)، نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ ($n-3/n-6$)، شاخص آتروژنیک (AI)، شاخص ترومبوژنیک (TI)، شاخص اشباع (SI)، میزان اسیدهای چرب مطلوب (DFAs)، میزان اسیدهای چرب اشباع هائیرکلسترولمیک

۱۸) جهت آنالیز داده‌ها استفاده شد. همه آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها در ۳ تکرار انجام گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌های روغن: اسیدهای
چرب بر اساس تعداد اتم‌های کربن به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (C1 تا C6)، اسیدهای چرب با زنجیره متوسط (C7 تا C12) و اسیدهای چرب با زنجیره بلند (بالتر از C12) (۱). اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه و متوسط بخش کوچکی از کل اسیدهای چرب موجود در محصولات شیر را شامل می‌شوند (۱۶). در مقابل، اسیدهای چرب بلند زنجیر با بیش از ۱۲ اتم کربن، بخش عمده‌ای از کل اسیدهای چرب موجود در چربی شیر را تشکیل می‌دهند. از میان این اسیدهای چرب بلند زنجیر، اسیدهای چرب اشباع (SFA) غالب بوده و پس از آن اسیدهای چرب تک‌غیراشباع (MUFA) و اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA)، قرار دارند (۱). طبق اظهارات محققان، اسیدهای چرب تک‌غیراشباع و چندغیراشباع می‌توانند در پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی و همچنین برخی اختلالات التهابی نقش مؤثری داشته باشند. علاوه بر این، اسیدهای چرب تک‌غیراشباع نقش به سزایی در کاهش سطح کلسترول و لیپوپروتئین‌های با دانسیته پایین (LDL) ایفا می‌کنند (۱۷ و ۱۸).

ترکیب اسیدهای چرب اصلی و نمونه کروماتوگرام روغن شیر گاو و گاومیش به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ نمایش داده شده‌اند. مطابق جدول ۱، در مجموع ۱۸ نوع اسید چرب در نمونه‌های روغن مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آنالیز آماری حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در مقادیر برخی اسیدهای چرب بین نمونه‌های روغن گاو و گاومیش بود ($p < 0.05$). در هر دو روغن گاو و گاومیش، اسیدهای

(HFA) و نسبت هیپوکلسترولمی به هیپرکلسترولمی (h/H) مطابق معادلات ارائه شده توسط Batista و همکاران (۲۰۱۷) و Silveira و همکاران (۲۰۱۹) محاسبه شدند (۱۳ و ۱۴).

$$AI = \frac{C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0}{MUFA + PUFA}$$

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{\left[\frac{MUFA+n-6 PUFA}{2} + (3 \times n - 3PUFA) + (n - 3PUFA/n - 6 PUFA) \right]}$$

$$SI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{MUFA + PUFA}$$

$$DFA = UFA + C18:0$$

$$HFA = \text{sum of } C12:0, C14:0, \text{ and } C16:0$$

$$\frac{h}{H} = \frac{C18:1 + PUFA}{C14:0 + C16:0}$$

شاخص‌های متابولیسم اسیدهای چرب نمونه‌های روغن حیوانی: فعالیت آنزیم‌های ۹-Δ دسچوراز که بیوستز اسیدهای چرب تک‌غیراشباع و چندغیراشباع را از اسیدهای چرب اشباع کاتالیز می‌کنند، بر حسب شاخص دسچوراز تعیین شد. همچنین شاخص‌های تیواستراز (TI) و الانگاز (EI) که نمایانگر میزان تبدیل اسید میریستیک (C14:0) به اسید پالمیتیک (C16:0) و در ادامه تبدیل آن به اسید استئاریک (C18:0) می‌باشد، محاسبه شدند. برای محاسبه این شاخص‌ها از معادلات ارائه شده توسط Singh و همکاران (۲۰۲۲) استفاده گردید (۱۵).

$$\Delta 9 - DI (18) : \Delta 9 - (18) \text{ desaturase index} = 100 \frac{C18:1}{C18:1 + C18:0}$$

$$\Delta 9 - DI (16) : \Delta 9 - (16) \text{ desaturase index} = 100 \frac{C16:1}{C16:1 + C16:0}$$

$$\text{Total } \Delta 9 - DI = 100 \frac{C16:1 + C18:1}{C16:1 + C16:0 + C18:1 + C18:0}$$

$$EI = \frac{C18:0}{C16:0}$$

$$TI = \frac{C16:0}{C14:0}$$

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل بر اساس طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. تفاوت‌های معنی‌دار در میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی استیودنت مستقل در سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) تخمین زده شد. از نرم افزار SPSS (نسخه

گاوميش گزارش شد ($p < 0.05$). اين محققان نيز تفاوت معنى‌دارى در سطوح اسيدهاى چرب چندغیراشباع بين اين دو نوع روغن مشاهده نکردند. همچنين براساس مطالعه‌اى که توسط Hariyani و همکاران (۲۰۲۴) بر روى پروفايل اسيدهاى چرب روغن گاو و گاوميش انجام شد، اختلاف معنى‌دارى بين مقادير اسيدهاى چرب اشباع، تک‌غیراشباع و چندغیراشباع بين روغن شير گاو و گاوميش مشاهده گردید ($p < 0.05$). طبق نتايج اين محققان، در روغن شير گاو، ميزان اسيدهاى چرب اشباع $71/73\%$ ، اسيدهاى چرب تک‌غیراشباع $22/89\%$ و اسيدهاى چرب چندغیراشباع $39/3\%$ گزارش شد. در حالى که، روغن شير گاوميش حاوى $17/68\%$ اسيدهاى چرب اشباع، $44/26\%$ اسيدهاى چرب تک‌غیراشباع و $38/5\%$ اسيدهاى چرب چندغیراشباع بود (۱۸). يافته‌هاى مطالعه حاضر برخلاف نتايج اين محققان مى‌باشد.

چرب اشباع بيش از نيمى از كل اسيدهاى چرب را تشكيل داده و پس از آن اسيدهاى چرب تک‌غیراشباع و اسيدهاى چرب چندغیراشباع در مقادير كمترى قرار داشتند. اسيدهاى چرب اشباع در روغن گاوميش ($71/62\%$) به طور معنى‌دارى بالاتر از روغن گاو ($65/25\%$) بود ($p < 0.05$)؛ در مقابل، مجموع اسيدهاى چرب تک‌غیر اشباع در روغن گاوى ($30/57\%$) به طور معنى‌دارى بالاتر از روغن گاوميش ($23/47\%$) به دست آمد ($p < 0.05$). تفاوت معنى‌دارى در مقادير اسيدهاى چرب چندغیراشباع بين روغن گاو ($4/17\%$) و گاوميش ($4/90\%$) مشاهده نگردید. اين يافته‌ها با نتايج تحقيق Kumar و همکاران (۲۰۲۲) همخوانى دارد که نشان دادند مقادير اسيدهاى چرب اشباع در روغن گاوميش به طور معنى‌دارى ($p < 0.05$) بالاتر از روغن گاو بوده؛ در حالى که اسيدهاى چرب تک‌غیر اشباع به طور معنى‌دارى در روغن گاو بيشتر از روغن

جدول ۱- تركيب اسيدهاى چرب روغن گاو و گاوميش

Table 1. Fatty acids composition of buffalo and cow ghee

روغن گاوميش Buffalo ghee	روغن گاو Cow ghee	اسيد چرب (%) Fatty acid (%)
1.70 ± 0.07^a	1.46 ± 0.06^b	بوتيريك اسيد (C4:0) Butyric acid (C4:0)
0.41 ± 0.02^a	0.56 ± 0.05^a	کاپروئيك اسيد (C6:0) Caproic acid (C6:0)
0.05 ± 0.02^a	0.03 ± 0.02^a	کاپريليك اسيد (C8:0) Caprylic acid (C8:0)
1.03 ± 0.03^b	1.93 ± 0.06^a	کاپريك اسيد (C10:0) Capric acid (C10:0)
2.10 ± 0.02^b	4.07 ± 0.01^a	لوريك اسيد (C12:0) Lauric acid (C12:0)
11.84 ± 0.47^b	12.42 ± 0.01^a	ميرستيك اسيد (C14:0) Myristic acid (C14:0)
0.75 ± 0.02^b	1.84 ± 0.04^a	ميرستولئيك اسيد (C14:1) Myristoleic acid (C14:1)
1.70 ± 0.03^a	1.49 ± 0.02^a	پنتادكانوئيك اسيد (C15:0) Pentadecanoic acid (C15:0)
36.12 ± 0.02^a	31.80 ± 0.88^b	پالميتيك اسيد (C16:0) Palmitic acid (C16:0)
2.05 ± 0.42^b	2.72 ± 0.04^a	پالميتولئيك اسيد (C16:1) Palmitoleic acid (C16:1)
1.54 ± 0.02^a	0.83 ± 0.02^b	مارگاريك اسيد (C17:0)

		Margaric acid (C17:0)
14.10±0.02 ^a	10.54±0.06 ^b	استئاریک اسید (C18:0)
		Stearic acid (C18:0)
20.22±0.03 ^b	25.79±0.82 ^a	اولئیک اسید (C18:1n9c)
		Oleic acid (C18:1n9c)
0.45±0.06 ^a	0.22±0.03 ^a	الائیدیک اسید (C18:1n9t)
		Elaidic acid (C18:1n9t)
0.20±0.95 ^a	0.21±0.01 ^a	لینولئالیدیک اسید (C18:2n6t)
		Linolelaidic acid (C18:2n6t)
4.04±0.04 ^a	2.94±0.06 ^b	لینولئیک اسید کنژوگه (C18:2n6c)
		Linoleic acid (C18:2n6c) (CLA)
0.66±0.01 ^b	1.02±0.02 ^a	آلفا لینولئیک اسید (C18:3n3)
		alpha-Linolenic acid (C18:3n3)
1.03±0.02 ^a	0.12±0.02 ^b	آراشیدیک اسید (C20:0)
		Arachidic acid (C20:0)
71.62±0.05 ^a	65.25±0.03 ^b	اسیدهای چرب اشباع کل
		Total Saturated fatty acids (SFAs)
23.47±0.03 ^b	30.57±0.04 ^a	اسیدهای چرب تک غیر اشباع کل
		Total Unsaturated fatty acids (MUFAs)
4.9±0.06 ^a	4.17±0.04 ^a	اسیدهای چرب چند غیر اشباع کل
		Total Poly-unsaturated fatty acids (PUFAs)

حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین دو تیمار می باشد (p < ۰/۰۵).

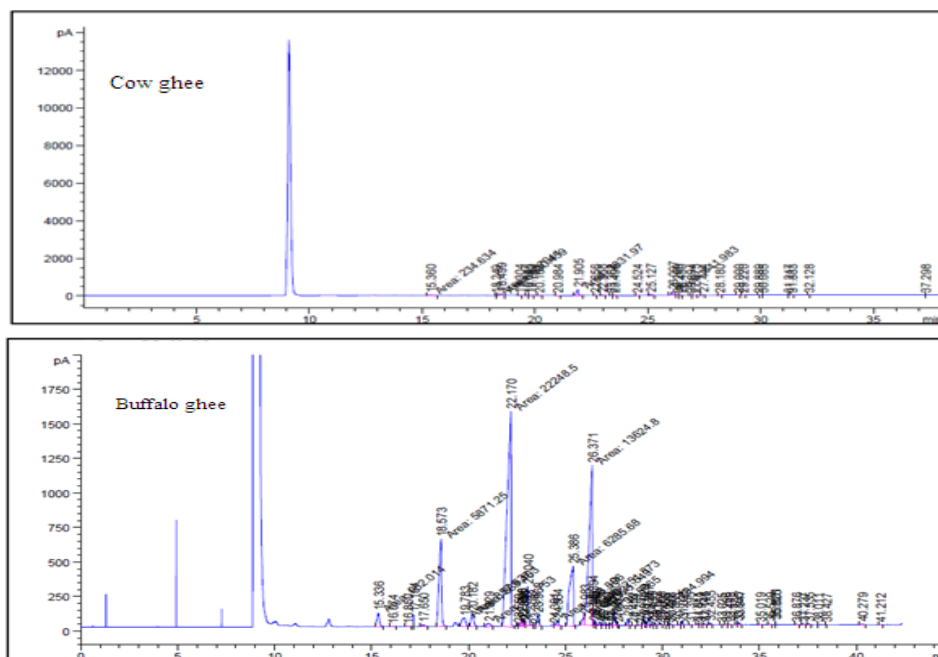
Different letters in a row represent significant difference between two treatments (p < 0.05).

چربی بدن، کاهش خطر ابتلا به بیماری های قلبی - عروقی و سرطان، تنظیم فرآیندهای ایمنی و التهابی و افزایش تراکم استخوان، از اهمیت بالایی برای سلامتی برخوردار است (۱۹).

به طور کلی، ترکیب اسیدهای چرب در شیر و روغن حیوانی تحت تأثیر عوامل تغذیه ای همچون نوع علوفه و کنسانتره های مصرفی در فصول مختلف قرار می گیرد (۲۲). علاوه بر این، عواملی نظیر گونه، سیاست های اصلاح نژادی، مدت زمان شیردهی، فعالیت های میکروبی در شکمبه و الگوی زایش نیز می توانند بر ترکیب اسیدهای چرب روغن اثرگذار باشند (۱۵). تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب دو نمونه روغن گاو و گاومیش مطالعه حاضر نیز می تواند تحت تأثیر عوامل ذکر شده باشد.

در تحقیق حاضر، پالمیتیک، استئاریک و میریستیک اسید، اسیدهای چرب اشباع اصلی و اولئیک و لینولئیک اسید، به ترتیب اسیدهای چرب تک غیر اشباع و چند غیر اشباع عمده در هر دو نمونه روغن را تشکیل می دادند. نتیجه ای مشابه نیز توسط محققان دیگر در مورد روغن شیر گاو و روغن شیر یاک-گاو گزارش شده است (۱۵، ۲۰ و ۲۱).

همچنین در مطالعه حاضر سطح اسید لینولئیک کنژوگه (CLA) در روغن گاومیش (۴/۰۴٪) به طور معنی داری بالاتر از روغن گاو (۲/۹۴٪) بود (p < ۰/۰۵). یافته های Hariyani و همکاران (۲۰۲۴) نیز حاکی از بالاتر بودن محتوای اسید لینولئیک کنژوگه در روغن گاومیش (۴/۰۴٪) در مقایسه با روغن گاوی (۲/۵۰٪) می باشد (p < ۰/۰۵). اسید لینولئیک کنژوگه به دلیل تأثیرات مثبت متعدد خود، از جمله کاهش



شکل ۱- کروماتوگرام پروفایل اسیدهای چرب روغن گاو و گاومیش
Figure 1. Chromatogram of fatty acids profile of cow and buffalo ghee

(TI) به عنوان معیارهای مهم در ارزیابی تأثیر اسیدهای چرب بر سلامت قلب و عروق مطرح هستند. این شاخص‌ها به طور گسترده در مطالعات تغذیه‌ای برای ارزیابی کیفیت چربی‌های غذایی و تأثیر آنها بر سلامتی انسان به کار می‌روند. شاخص آتروژنیک (AI) نمایانگر تمایل به ایجاد بیماری‌های میکرو و ماکروکرونی است، در حالی که شاخص ترومبوژنیک (TI) نشان‌دهنده تمایل به تشکیل لخته در رگ‌های خونی است. این شاخص‌ها بر اساس نسبت اسیدهای چرب اشباع به غیراشباع محاسبه می‌شوند و نقش مهمی در تعیین پتانسیل بیماری‌زایی یا محافظتی چربی‌های غذایی ایفا می‌کنند (۱).

اسیدهای چرب اشباع مانند اسید میریستیک (C14:0) و اسید پالمیتیک (C16:0) به دلیل افزایش چسبندگی چربی‌ها به دیواره سلول‌های دستگاه گردش خون، به عنوان پروآتروژنیک تلقی می‌شوند. این اسیدهای چرب با افزایش سطح کلسترول LDL (کلسترول مضر) و کاهش کلسترول غیر LDL

شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای نمونه‌های روغن حیوانی: مقادیر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای نمونه‌های روغن گاو و گاومیش در شکل ۲ ارائه شده است. به نظر می‌رسد که اسیدهای چرب به واسطه تأثیرشان بر سطح لیپیدهای سرم، می‌توانند در بروز یا پیشگیری از آترواسکلروز مرتبط با چاقی و بیماری‌های عروق کرونر قلب نقش داشته باشند (۲۳). در همین راستا، چربی شیر و فرآورده‌های لبنی به عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده انرژی، نقشی کلیدی در حفظ سلامت انسان ایفا می‌کنند (۱). برای کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی، انجمن قلب آمریکا و کالج قلب و عروق آمریکا توصیه کرده‌اند که مصرف چربی‌های اشباع شده به ۵ تا ۶ درصد از کل کالری دریافتی روزانه محدود شود (۲۴). در این بخش به بررسی شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن گاو و گاومیش خواهیم پرداخت:

بررسی شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI): شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک

(کلسترول مفید)، روند تصلب شرایین (آترواسکلروز) را تسریع می کنند (۳). افزایش مصرف این اسیدهای چرب به دلیل نقش آن‌ها در افزایش هایپرتروفی بطن چپ، انفارکتوس میوکارد و سندرم متابولیک، با افزایش بروز بیماری‌های قلبی-عروقی در انسان مرتبط است (۲۵). با اینحال تأثیر اسیدهای چرب بر سلامت انسان نه تنها به مقدار آن‌ها در رژیم غذایی، بلکه به میزان کربوهیدرات‌های مصرفی نیز بستگی دارد. کربوهیدرات‌های اضافی می‌توانند از طریق فرآیند لیپوژنز *de novo* به چربی تبدیل شوند و بر تعادل اسیدهای چرب در بدن تأثیر بگذارند (۲۶).

بر خلاف اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) مانند اسید اولئیک (C18:1 cis-9) و اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) با جلوگیری از تجمع پلاک‌ها در عروق خونی، اثرات ضدآتروژنیک دارند و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی را کاهش می‌دهند (۳).

شاخص آتروژنیک (AI) پتانسیل ایجاد آترواسکلروز را نشان می‌دهد که شامل افزایش تجمع پلاک‌ها، افزایش سطح کلسترول و فسفولیپیدها و در نتیجه افزایش خطر بیماری‌های عروق کرونر است. از سوی دیگر، شاخص ترومبوژنیک (TI) میزان تمایل به تشکیل لخته در عروق خونی را نشان می‌دهد و به صورت نسبت اسیدهای چرب پروترومبوژنیک (اشباع) به اسیدهای چرب آنتی-ترومبوژنیک (غیراشباع) محاسبه می‌شود (۲۷).

در مطالعه حاضر مقادیر شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک روغن حاصل از شیر گاو و گاومیش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p < 0.05$). شاخص AI در روغن گاومیش ۳/۰۱ و در روغن گاو ۲/۴۶ به دست آمد. همچنین شاخص TI برای روغن گاومیش و گاو به ترتیب ۳/۸۸ و ۳/۱۸ محاسبه شد. سطح پایین اسید میریستیک (C14) در روغن گاو با

سطح پایین تر AI این روغن در مقایسه با نمونه‌های روغن گاومیش مطابقت داشت. همچنین سطوح بالاتر اسید پالمیتیک (C16) و اسید استئاریک (C18) در روغن گاومیش منجر به TI بالاتر در این روغن در مقایسه با روغن گاو شد. یافته‌های این مطالعه با نتایج پژوهش Kumar و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد. در تحقیق انجام شده توسط این محققان نیز AI و TI پایین تری برای روغن گاو نسبت به روغن گاومیش گزارش شد ($p < 0.05$). مقادیر AI و TI برای روغن گاومیش به ترتیب ۲/۳۰ و ۳/۳۳ محاسبه شد، درحالیکه AI برای نمونه‌های مختلف روغن گاوی بین ۱/۶۶ - ۱/۳۲ و TI بین ۲/۴۶ - ۲/۰۵ اعلام گردید. در تحقیق Asif و همکاران (۲۰۲۲) مقادیر AI و TI برای روغن گاومیش به ترتیب ۲/۴۱ و ۳/۳۲ گزارش شد. نتایج گزارش شده توسط این محققان برای AI و TI به‌طور جزئی پایین تر از مقادیر این شاخص‌ها در روغن گاومیش مطالعه حاضر می‌باشد. همچنین، نتایج مطالعه Singh و همکاران (۲۰۲۴) بر روی روغن شیر ۵ گونه یاک، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) نمونه‌های مختلف بود ($p < 0.05$). مقدار AI در ۵ گونه مختلف یاک بین ۱/۷۰ - ۲/۵۹ و مقدار TI بین ۲/۷۰ - ۱/۸۸ متغیر بود. آنها اظهار داشتند محصولات لبنی با حداقل مقادیر AI و TI احتمال کمتری برای ایجاد اثرات منفی بر سلامتی انسان دارند (۲۲). در مطالعه Singh و همکاران (۲۰۲۲) مقادیر AI و TI روغن گاوی به ترتیب ۱/۸۳ و ۲/۵۴، گزارش شد (۱۵). Peña-Serna و همکاران (۲۰۱۹) مقادیر AI و TI را برای روغن گاو به ترتیب ۲/۷۶ و ۲/۶۲ و برای روغن گاومیش ۳ و ۳ گزارش کردند و بیان کردند که مقادیر بالای اسیدهای چرب اشباع و مقادیر پایین اسیدهای چرب غیراشباع در هر دو نمونه روغن گاو و گاومیش از دیدگاه سلامت

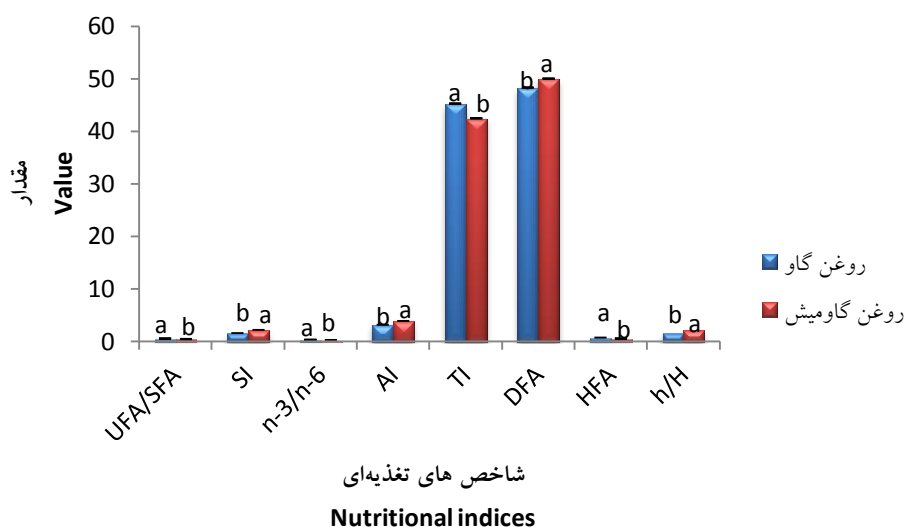
عمومى نگران‌کننده است (۲). بر خلاف يافته‌هاى تحقيق حاضر، نتايج تحقيق Hariyani و همكاران (۲۰۲۴) بر روى روغن گاو و گاوميش، حاكى از مقادير پايين‌تر AI و TI در روغن گاوميش در مقايسه با روغن گاو بوده است ($p < 0/05$)؛ به طورى كه شاخص‌هاى AI و TI براى روغن گاو به ترتيب ۳/۲۵ و ۳/۶۷ و براى روغن گاوميش ۲/۳۵ و ۲/۹۹ گزارش شد (۱۹).

شاخص‌هاى AI و TI پتانسيل تحريك تجمع پلاكتى را نشان مى‌دهند. به طور كلى، هرچه مقادير AI و TI پايين‌تر باشد، پتانسيل محافظتى چربى‌هاى غذايى در برابر بيمارى‌هاى قلبى-عروقى بيشتر است. Wołoszyn و همكاران (۲۰۲۰) تأكيد كردند كه نسبت AI و TI مطلوب توصيه شده از ديدگاه سلامت انسان به ترتيب كمتر از ۱ و ۰/۵ مى‌باشد (۲۸). با اين حال، نتايج مطالعه حاضر و تحقيقات مشابه، نشان مى‌دهند كه مقادير شاخص‌هاى AI و TI در نمونه‌هاى روغن گاو و گاوميش فراتر از حد توصيه شده بود. اين موضوع بر لزوم مديريت مصرف اين روغن‌ها در رژيم غذايى به منظور كاهش خطر بروز بيمارى‌هاى قلبى-عروقى تأكيد دارد. در تحقيق حاضر، اگرچه روغن گاو از نظر شاخص‌هاى AI و TI نسبت به روغن گاوميش وضعيت بهتري داشت، اما هر دو نوع روغن نياز به اصلاح تركيب اسيدهاى چرب شير از طريق روش‌هاى مديريتى تغذيه دام براى ارتقاى كيفيت تغذيه‌اى و كاهش خطرات سلامتى دارند.

بررسى نسبت امگا ۳ به امگا ۶ (n-3/n-6): يكي ديگر از شاخص‌هاى مهم در ارزيايى كيفيت تغذيه‌اى

روغن، نسبت امگا ۳ به امگا ۶ (n-3/n-6) است. اين نسبت معمولاً به عنوان معيارى براى تعيين ارزش غذايى چربى مواد غذايى با محتواى بالاى روغن استفاده مى‌شود. حفظ تعادل بين اسيدهاى چرب امگا ۳ و امگا ۶ در رژيم غذايى تاثير قابل توجهى در پيشگيرى از بيمارى‌هاى مزمن، به ويژه بيمارى‌هاى قلبى-عروقى دارد (۲۹). در مطالعه حاضر، نسبت n-3/n-6 در روغن شير گاو (۰/۳۲) بيشتر از روغن گاوميش (۰/۱۵۶) بود ($p < 0/05$). در پژوهش Singh و همكاران (۲۰۲۲) نسبت n-6/n-3 روغن گاوى ۰/۶۶ گزارش شد كه بالاتر از مقدار محاسبه شده براى روغن گاوى مطالعه حاضر مى‌باشد. وزارت بهداشت برتانيا نسبت اسيدهاى چرب n-3/n-6 مطلوب را كمتر از ۴ توصيه كرده است. در مطالعه حاضر نسبت n-3/n-6 در محدوده مجاز تعيين شده توسط اين وزارت بهداشت برتانيا بود (۳۰).

طبق تحقيقات، بدن انسان زمانى مى‌تواند سلامت مطلوب خود را حفظ كند كه نسبت دريافتى امگا ۳ به امگا ۶ در حدود ۱ به ۵ باشد. عدم تعادل اين نسبت، مى‌تواند منجر به مشكلات متابولىك شود و خطر بيمارى‌هاى قلبى-عروقى را افزايش دهد (۳۱). در مطالعه حاضر براى روغن گاو و گاوميش به ترتيب اين نسبت ۱:۳/۱ و ۱:۶/۴ محاسبه شد كه نسبتاً رضايت بخش بود. Peña-Serna و همكاران (۲۰۱۹) اين نسبت را براى روغن گاو ۱:۲/۵ و براى روغن گاوميش ۱:۱/۱۷ گزارش كردند كه در مورد روغن گاو تقريباً مشابه مقادير مطالعه حاضر داشت.



شکل ۲- مقایسه شاخص‌های تغذیه ای روغن ای گاو و گاومیش
Figure 2. Comparison of Nutritional indices of cow and buffalo ghee

مفید و مضر برای سلامت قلب است. نسبت پایین‌تر، ممکن است ممکن است به معنای افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی باشد (۳۲).

در تحقیق حاضر مشخص شد که نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (UFA/SFA) و میزان اسیدهای چرب مطلوب (DFA) در روغن گاوی به‌طور معنی‌داری بالاتر و شاخص اشباع، در این روغن به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از روغن گاومیش بود ($p < 0.05$). در تحقیق انجام شده توسط Singh و همکاران (۲۰۲۲) بر روی شاخص‌های تغذیه‌ای روغن گاو، مقادیر اسیدهای چرب مطلوب ۴۷/۶۷، نسبت UFA/SFA ۰/۶۱، شاخص اشباع ۱/۴۲، اسیدهای چرب هاپرکلسترولمیک ۴۰/۱۳٪، نسبت هیپوکلسترولمی به هاپرکلسترولمی ۰/۸۴ گزارش شد (۱۵). مقادیر UFA/SFA، اسیدهای چرب مطلوب، نسبت هیپوکلسترولمی به هاپرکلسترولمی روغن گاو در تحقیق حاضر کمی پایین‌تر از سطوح گزارش شده توسط Singh و همکاران (۲۰۲۲) برای روغن گاوی می‌باشد، درحالی که نسبت اشباع، مقدار اسیدهای

بررسی سایر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن:

سایر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای روغن، شامل نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)، درصد اسیدهای چرب مطلوب (DFA)، شاخص اشباع (SI)، نسبت هیپوکلسترولمی به هاپرکلسترولمی (h/H) و میزان اسیدهای چرب هاپرکلسترولمیک (HFA) می‌باشد. مقادیر اسیدهای چرب مطلوب (DFA) بالا نشان‌دهنده وجود مقدار بیشتری اسیدهای چرب غیراشباع (مانند اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک) است که برای سلامت قلب و عروق مفید هستند. مصرف زیاد روغن با شاخص اشباع بالا با افزایش کلسترول بد (LDL) و خطر بیماری‌های قلبی-عروقی مرتبط است. اسیدهای چرب اشباع هاپرکلسترولمیک شامل اسیدهای چرب خاص مانند اسید لوریک، میریستیک و پالمیتیک می‌باشند. میزان این اسیدهای چرب نشان‌دهنده پتانسیل آنها در افزایش سطح کلسترول خون می‌باشد که می‌تواند به‌طور بالقوه منجر به بروز بیماری‌های قلبی-عروقی شود. نسبت هیپوکلسترولمی به هاپرکلسترولمی نیز بیانگر تعادل بین اسیدهای چرب

چرب هاى پر كلسترولميك بالاتر از مقادير گزارش شده توسط اين محققان است.

در تحقيق حاضر، سطح اسيدهاى چرب مطلوب (DFA) روغن گاو (۴۵/۲۸٪) به طور معنيدارى بالاتر از روغن گاوميش (۴۲/۴۷٪) بود ($p < 0/05$). در تحقيق Kumar و همكاران (۲۰۲۲) نيز ميزان اسيدهاى چرب مطلوب براى روغن گاو (۵۴/۱۰ - ۵۸/۹۸)، بالاتر از روغن گاوميش (۴۸/۱۶) گزارش شده است ($p < 0/05$) (۱). مقادير اسيدهاى چرب مطلوب روغن گاو و گاوميش پژوهش حاضر كمتر از يافته‌هاى Kumar و همكاران (۲۰۲۲) مى‌باشد. همچنين در تحقيق Hariyani و همكاران (۲۰۲۴) ميزان DFA براى روغن گاوميش (۴۷/۲۸٪) به طور معنيدارى بالاتر از روغن گاو (۳۸/۷۳٪) گزارش شد ($p < 0/05$) (۱۹). مقادير DFA در تحقيق حاضر بالاتر از يافته‌هاى اين محققان براى هر دو روغن گاو و گاوميش مى‌باشد.

در مطالعه حاضر مقادير اسيدهاى چرب هاى پر كلسترولميك در روغن گاوميش (۵۰/۰۶٪) به طور معنيدارى بالاتر از روغن گاو (۴۸/۲۹٪) بود ($p < 0/05$)؛ در حالى كه نسبت هيپوكلسترولمى به هاى پر كلسترولمى در اين روغن (۰/۵۳) به طور معنيدارى پايين‌تر از روغن گاو (۰/۶۸) به دست آمد. بر اساس نتايج پژوهش Hariyani و همكاران (۲۰۲۴) نيز اختلاف معنيدارى از نظر مقادير اسيدهاى چرب هاى پر كلسترولميك بين روغن گاو (۴۷/۱۸٪) و گاوميش (۴۰/۷۶٪) مشاهده شد ($p < 0/05$) (۱۹). مقادير اسيدهاى چرب هاى پر كلسترولميك تحقيق حاضر بالاتر از نتايج اعلام شده توسط اين محققان براى هر دو روغن گاو و گاوميش است.

به طور كلى تفاوت‌هاى مشاهده شده در كيفيت شاخص‌هاى تغذيه‌اى بين روغن شير گاو و گاوميش در اين پژوهش و با ساير مطالعات ممكن است ناشى از تفاوت در تركيب شيميايى شير و به‌ويژه تفاوت در

تركيب اسيدهاى چرب آن‌ها باشد. اين تفاوت در تركيب اسيدهاى چرب شير گاو و گاوميش تحت تاثير دو دسته اصلى از عوامل قرار مى‌گيرند كه شامل عوامل ژنتيكي و عوامل محيطى هستند. عوامل ژنتيكي شامل تفاوت‌هاى گونه‌اى (گاو و گاوميش)، تفاوت در عملکرد آنزيم‌هاى دخيلى در سنتز چربى و ساير ويژگى‌هاى ذاتى مرتبط با نژاد و ژنتيك دام مى‌شود. از طرفى، عوامل محيطى به مواردى مانند رژيم غذايى (نوع علوفه، كنسانتره و چربى‌هاى افزوده به جيره)، شرايط پرورش و مديريت دام، مرحله شيردهى و وضعيت سلامت دام بستگى دارد. اين عوامل به‌طور همزمان بر تركيب اسيدهاى چرب شير تاثير مى‌گذارند و منجر به تفاوت‌هاى مشاهده شده در كيفيت تغذيه‌اى روغن شير گونه‌هاى مختلف و درون گونه مى‌شوند (۳۳).

شاخص‌هاى متابوليسم اسيدهاى چرب روغن حيوانى: شاخص‌هاى متابوليسم اسيدهاى چرب روغن گاو و گاوميش در شكل ۳ نشان داده شده‌اند. بر اساس اين شكل، از نظر اين شاخص‌ها تفاوت معنيدار بين روغن گاو و گاوميش مشاهده شد.

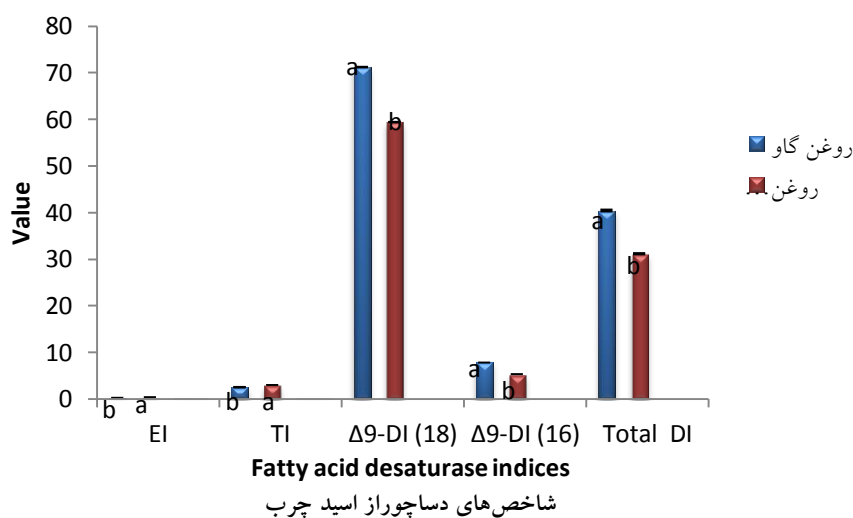
شاخص‌هاى دسچوراز، فعاليت استرول كوانزيم A دسچوراز (SCD)^۱ را در رابطه با نسبت‌هاى اسيدچرب در هر جفت از سوبسترا و محصول تعيين مى‌كنند و منحصر به گونه‌هاى نشخواركنندگان هستند (۳۴). در واقع شاخص Δ-9 دسچوراز يك نشانگر زيستى مى‌باشد كه نمايانگر فعاليت آنزيم Δ-9 دسچوراز است (۳۵). Δ-9 دسچوراز آنزيمى است كه مسئول تبديل اسيدهاى چرب اشباع به اسيدهاى چرب تكغيراشباع (C14:1, C16:1, cis-9 C18:1) و اسيد لينولئيك كونزوگه (C9t11C18:2) در غده پستانى و ساير بافت‌هاست (۳۶). اسيد لينولئيك كونزوگه (CLA) به عنوان يك محصول مياني در

¹ Stearoyl-CoA desaturase (SCD)

دساجوراز در روغن گاو بالاتر از روغن گاومیش گزارش شد. در تحقیق Singh و همکاران (۲۰۲۲) بر روی روغن شیر گاو مقادیر شاخص الانگاز ۰/۴۱، شاخص تیواستراز ۳/۶۵، شاخص های دساجوراز $\Delta 9$ -DI (18): $\Delta 9$ -DI (16): $\Delta 9$ -DI (16) و شاخص کل $\Delta 9$ ۵/۰۷ شد (۱۵). در مقایسه، شاخص های الانگاز، تیواستراز، دساجوراز $\Delta 9$ -DI (18): $\Delta 9$ -DI (16) و شاخص کل $\Delta 9$ دساجوراز روغن گاو مطالعه حاضر پایین تر از مقادیر گزارش شده توسط Singh و همکاران (۲۰۲۲) برای روغن گاوی می باشد؛ در حالیکه شاخص $\Delta 9$ -DI (16): $\Delta 9$ -DI (16) مطالعه حاضر برای روغن گاو بالاتر از مقدار گزارش شده Singh و همکاران (۲۰۲۲) می باشد. به طور کلی تفاوت در مقادیر شاخص های متابولیسم اسیدهای چرب نمونه های روغن به تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب (مطابق جدول ۱) آنها نسبت داده می شود. همچنین گونه ها یا نژادهای مختلف نشخوارکنندگان ممکن است چربی را به میزان متفاوتی هیدروژنه کنند که منجر به غلظت های متفاوت اسیدهای چرب در چربی شیر و در نتیجه روغن استحصالی می شود (۳۷).

طول بیوهیدروژناسیون شکمبه ای اسیدهای چرب چندغیراشباع تشکیل می شود؛ با این حال، منبع اصلی آن، فعالیت آنزیم $\Delta 9$ -دساجوراز از اسیدهای چرب تک غیراشباع یعنی واکسنیک اسید ($C18:1$ trans-11) تلقی می شود.

شاخص های الانگاز و تیواستراز در روغن شیر گاومیش مقادیر بالاتری نسبت به روغن گاو داشتند ($p < 0.05$)، در مقابل، شاخص های دساجوراز $\Delta 9$ -DI (18): $\Delta 9$ -DI (16): $\Delta 9$ -DI (16) و شاخص کل $\Delta 9$ -دساجوراز در روغن گاو مقادیر بالاتری را نسبت به روغن گاومیش نشان دادند ($p < 0.05$). این نتایج بیانگر آن است که ترکیب اسیدهای چرب و فعالیت آنزیم های مرتبط با متابولیسم اسیدهای چرب در روغن دو گونه گاو و گاومیش متفاوت است. به عبارت دیگر، فعالیت آنزیم های مرتبط با سنتز اسیدهای چرب بلند زنجیر در گاومیش بیشتر بود. در مقابل مقادیر شاخص های $\Delta 9$ -دساجوراز در روغن گاو بالاتر از روغن گاومیش بود که بیانگر سطح بالاتری از تبدیل اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب تک غیراشباع می باشد. این یافته ها با نتایج به دست آمده توسط Kumar و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد که در تحقیق آنها نیز شاخص $\Delta 9$



شکل ۳- مقایسه شاخص های متابولیسم اسیدهای چرب روغن گاو و گاومیش
Figure 3. Comparison of fatty acids metabolism indices of cow and buffalo ghee

نتيجه‌گيرى

كيفيت تغذيه‌اى از جمله شاخص‌هاى آتروژنيك و ترومبوژنيك در هر دو نوع روغن بالاتر از حد مجاز قرار داشتند. به منظور ارتقاء شاخص‌هاى كيفيت تغذيه‌اى روغن حيوانى مى‌توان تركيب اسيدهاى چرب موجود در شير را از طريق مديريت تغذيه دام و غنى‌سازى جيره با منابع حاوى اسيدهاى چرب غيراشباع بهبود بخشيد.

براساس نتايج اين تحقيق، روغن شير گاو و گاوميش از نظر تركيب اسيدهاى چرب و شاخص‌هاى كيفيت تغذيه‌اى با يكدیگر تفاوت داشتند. در زمينه شاخص‌هاى كيفيت تغذيه‌اى، روغن گاو از وضعيت مطلوب‌ترى در مقايسه با روغن گاوميش برخوردار بود. به طور كلى به دليل بالا بودن سطوح اسيدهاى چرب اشباع، برخى شاخص‌هاى

References

- Kumar, S., Banakar, P. S., Tyagi, A. K., & Sharma, H. (2022). Intra-species variation in fatty acid profile and nutritional indices of cattle (*Bos indicus*), buffalo (*Bubalus bubalis*) and goat (*Capra hircus*) ghee deciphered using GC-FID and FT-IR spectroscopy. *International Dairy Journal*, 129, 105342.
- Peña-Serna, C., Gómez-Ramírez, B., & Zapata-López, N. (2019). Nutritional aspects of ghee based on lipid composition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 18, 1107-1114.
- Asif, A. H. M., Sarker, M. A. H., Deb, G. K., Habib, M. R., Arefin, S., Bari, M. S., ... & Islam, M. A. (2022). Fatty acid and amino acid profiles of cheese, butter, and ghee made from buffalo milk. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(1), 144.
- Amores, G., & Virto, M. (2019). Total and free fatty acids analysis in milk and dairy fat. *Separations*, 6(1), 14.
- Kumar, A., Tripathi, S., Hans, N., Pattnaik, H. S. N., & Naik, S. N. (2018). Ghee: Its properties, importance and health benefits. *Lipid Universe*, 6, 6-14.
- Kataria, D., & Singh, G. (2024). Health benefits of ghee: Review of Ayurveda and modern science perspectives. *Journal of Ayurveda and integrative medicine*, 15(1), 100819.
- World Health Organization. (2008). *Population nutrient intake goals for preventing diet-related chronic diseases*. Geneva: WHO.
- Bušová, M., Kouřimská, L., & Tuček, M. (2020). Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic indices in freshwater fish common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from market chain. *Central European Journal of Public Health*, 28(4), 313-319.
- FAO. (2014). *Butter and ghee production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.helgilibrary.com/indicators/butter-and-ghee-production/iran/>
- Roufehgar Negad, L., Ehsani, M.R., Mizani, M., & TABIBI AZAR, M. (2018). The effect of butter making procedure on the nutritional characteristics and cardiovascular risk factors. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 15(1 (57), 5-14.
- Ray, P. R. (2019). Technological and biochemical aspects of ghee (butter oil). In *Engineering Practices for Milk Products* (pp. 83-109). Apple Academic Press.
- AOCS. (2017). AOCS Official Method Ce 2-66: Preparation of methyl esters of fatty acids. In D. Firestone (Ed.), *Official methods and recommended practices of the AOCS* (7th ed.). AOAC International.
- Batista, A. L. D., Silva, R., Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Nascimento, K. O., Schmieles, M., et al. (2017). Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. *Journal of Functional Foods*, 38, 242-250.
- Silveira, M. R., Coutinho, N. M., Esmerino, E. A., Moraes, J., Fernandes, L. M., Pimentel, T. C., et al. (2019). Guava-flavored whey beverage processed by cold plasma technology:

- Bioactive compounds, fatty acid profile and volatile compounds. *Food Chemistry*, 279, 120-127.
15. Singh, T. P., Deshwal, G. K., Bam, J., & Paul, V. (2022). A Comparative Appraisal of Traditional Ghee” Derived From the Three Genotypes (Arunachali Yak, Yak–Cow Hybrid, and Cow) Reared Under Semi- Intensive Conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(3), 2100101.
16. Schonfeld, P., & Wojtczak, L. (2016). Short- and medium-chain fatty acids in energy metabolism: The cellular perspective. *Journal of Lipid Research*, 57, 943-954.
17. Blasi, F., Montesano, D., De Angelis, M., Maurizi, A., Ventura, F., Cossignani, L., Simonetti, M.S. and Damiani, P. (2008). Results of stereospecific analysis of triacylglycerol fraction from donkey, cow, ewe, goat and buffalo milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 1-7.
18. Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2021). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 63(21), 4819-4841.
19. Hariyani, A. S., Hazra, T., Thesiya, A. J., & Ahuja, K. K. (2024). Comparative study on fatty acids, triacylglycerides profiles and nutrition indices of goat, cow and buffalo ghee. *Indian Journal of Small Ruminants (The)*, 30(1), 159-167.
20. Marquardt, S., Barsila, S. R., Amelchanka, S. L., Devkota, N. R., Kreuzer, M., & Leiber, F. (2016). Fatty acid profile of ghee derived from two genotypes (cattle–yak vs yak) grazing different alpine Himalayan pasture sites. *Animal Production Science*, 58(2), 358-368.
21. Jing, B., Chen, W., Wang, M., Mao, X., Chen, J., & Yu, X. (2019). Traditional Tibetan Ghee: Physicochemical characteristics and fatty acid composition. *Journal of Oleo Science*, 68(9), 827-835.
22. Singh, T. P., Deshwal, G. K., Borad, S. G., Bam, J., & Paul, V. (2024). Characterization of lipid composition and physicochemical properties of clarified yak milk fat. *Measurement: Food*, 15, 100189.
23. Osmari, E. K., Cecato, U., Macedo, F. A. F., & Souza, N. E. (2011). Nutritional quality indices of milk fat from goats on diets supplemented with different roughages. *Small Ruminant Research*, 98, 128-132.
24. Eckel, R. H., Jakicic, J. M., Ard, J. D., de Jesus, J. M., Houston Miller, N., Hubbard, V. S., ... & Yanovski, S. Z. (2014). 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Journal of the American college of cardiology*, 63(25 Part B), 2960-2984.
25. Shramko, V. S., Polonskaya, Y. V., Kashtanova, E. V., Stakhneva, E. M., & Ragino, Y. I. (2020). The short overview on the relevance of fatty acids for human cardiovascular disorders. *Biomolecules*, 10(8), 1127.
26. Carta, G., Murru, E., Banni, S., & Manca, C. (2017). Palmitic acid: physiological role, metabolism and nutritional implications. *Frontiers in physiology*, 8, 902.
27. Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), 985-992.
28. Wołoszyn, J., Haraf, G., Okruszek, A., Wereńska, M., Goluch, Z., & Teleszko, M. (2020). Fatty acid profiles and health lipid indices in the breast muscles of local Polish goose varieties. *Poultry Science*, 99(2), 1216-1224.
29. Simopoulos, A. P. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental biology and medicine*, 233(6), 674-688.
30. Al-Amiri, H. A., Ahmed, N., & Al-Sharrah, T. (2020). Fatty acid profiles, cholesterol composition, and nutritional quality indices of 37 commonly consumed local foods in Kuwait in relation to cardiovascular health. *medRxiv*, 2020-11.
31. Bishehkolaei, M., & Pathak, Y. (2024). Influence of Omega n-6/n-3 Ratio on Cardiovascular Disease and Nutritional interventions. *Human Nutrition & Metabolism*, 200275.

- 32.El-Wakf, A. M., Ebraheem, H. A., Serag, H. A., Hassan, H. A., & Gumaih, H. S. (2010). Association between inflammation and the risk of cardiovascular disorders in atherogenic male rats: Role of virgin and refined olive oil. *Journal of American Science*, 6(12), 807-17.
- 33.Chaudhary, R., Rai, S., Sailo, L., Farooq, U. B., Singh, A., Naha, B. C., & Kumar, A. (2017). Genetic and Non-Genetic Factors Influencing Fatty Acid Composition of Dairy Milk: A Review. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 34(1), 1-12.
- 34.Garnsworthy, P. C., Feng, S., Lock, A. L., & Royal, M. D. (2010). Short communication: Heritability of milk fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase indices in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 1743-1748.
- 35.Flowers, M. T. (2009). The $\Delta 9$ fatty acid desaturation index as a predictor of metabolic disease. *Clinical chemistry*, 55(12), 2071-2073.
- 36.Hanus, O., Samkova, E., Křížová, L., Hasoňová, L., & Kala, R. (2018). Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability: a review. *Molecules*, 23, 1-32.
- 37.Frutos, P., Hervás, G., Natalello, A., Luciano, G., Fondevila, M., Priolo, A., & Toral, P. G. (2020). Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profiles. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114623.

