



مروړی بر تاثیر سترس سرما بالای فیزیولوژی سیستم هاضمه در نشخوارکنندگان

پوهنیار محمد یوسف فرهمنده^۱

۱- دپارتمنت پریکلینیک، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

*د مسئول لیکوال برېښنالیک: myosuf440@gmail.com

چکیده

تنظیم حرارت بدن به نشخوارکنندگان کمک می کند تا حرارتی داخلی بدن خود را در حد ثابت و مناسب نگهدارند. حرارت محیط می تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم روندهای فیزیولوژیک عضویت حیوانات را تحت تاثیر قرار دهد. قرار گرفتن در معرض سرما، عملیه تخمر، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک و ماده عضوی را کاهش می دهد. قرار گرفتن در معرض سرما نه تنها مصرف غذا را افزایش می دهد، بلکه رفتار تغذیه‌یی را نیز تغییر می دهد. تحت شرایط استرس سرمایی تحرکات شکمبه و ریتیکولوم و زمان ماندگاری محتویات آنرا افزایش می دهد. سرما باعث افزایش سطح کورتیزول در خون می گردد. هدف از مطالعه حاضر مرور و جمع بندی دانش موجود در مورد تاثیر استرس سرما بر فیزیولوژی سیستم هاضمه نشخوارکنندگان، به ویژه مصرف خوراک، عملکرد شکمبه، هضم مواد غذایی و سازگاری های متابولیکی می باشد. درک این تاثیرات برای بهبود مدیریت تغذیه و افزایش تولید و صحت نشخوارکنندگان در شرایط سردسیر ضروری است و می تواند از کاهش رشد، کاهش تولید شیر و بروز مشکلات فیزیولوژیکی جلوگیری کند.

واژه های کلیدی: سترس سرما، قابلیت هضم، تخمر، کورتیزول، سازگاری متابولیکی

د مقالې تاريخچه:

د مقالې ترلاسه کولو نېټه: ۱۳/دلو/۱۴۰۴

د مقالې منلو نېټه: ۱۸/حوت/۱۴۰۴

د مقالې خپرولو نېټه: ۱۴/سډ/۱۴۰۵

ددې مقالې استناد:

فرهمنده، محمد یوسف. (۱۴۰۵). په

مروړی بر تاثیر سترس سرما بالای

فیزیولوژی سیستم هاضمه در

نشخوارکنندگان.

وردگ علمي څېړنيزه مجله ۵ (۱): ۱۷۹-

۱۹۵

دغه ژورنال د وردگ پوهنتون په

چوکاټ کې د لوړو زدکړو وزارت د

رسمي جواز پر اساس فعاليت کوي.



وردگ پوهنتون علمي څېړنيز نشرات

(۱۴۰۵).

زمونږ سره اړیکې: +۹۳۷۴۵۶۰۶۳۱۷

ایمیل: rjd@wu.edu.af

آدرس: سیدآباد ولسوالۍ، ټوپ دښته

میدان وردگ ولایت - افغانستان



A review of the effect of cold stress on the physiology of the digestive system in ruminants

Teaching Asst. Mohammad Yosuf Farahmand *¹

¹ Department of Preclinic, Faculty of veterinary sciences, Kabul University, Kabul, Afghanistan.

*Corresponding author Email: myosuf440@gmail.com

Article History:

Received: 02. Feb.2026

Accepted: 09. Mar.2026

Online First: 20. Aug.2026

Citation:

Farahmand, Mohammad Yosuf. (2026). A review of the effect of cold stress on the physiology of the digestive system in ruminants

. Articles to WNNS. *Wardek J. of Soc Sci* 2026; 5 (1): 179-195

Email: rjd@wu.edu.af

This is an open access article under the Higher Education license



Copyright: © 2026

Published by Wardak University.

Abstract

Thermoregulation helps ruminants maintain a constant and appropriate internal body temperature. Environmental temperature can directly and indirectly affect the physiological processes of animal body. Exposure to cold reduces fermentation, apparent digestibility of dry matter and organic matter. Exposure to cold not only increases feed intake but also changes feeding behavior. Under cold stress conditions, rumen and reticulum motility and the retention time of its contents increase. Cold increases cortisol levels in the blood. The aim of the present study is to review and summarize the existing knowledge on the effect of cold stress on the physiology of the ruminant digestive system, especially feed intake, rumen function, food digestion and metabolic adaptations. Understanding these effects is essential for improving nutritional management and increasing the production and health of ruminants in cold conditions, and can prevent growth reduction, reduced milk production, and the occurrence of physiological problems.

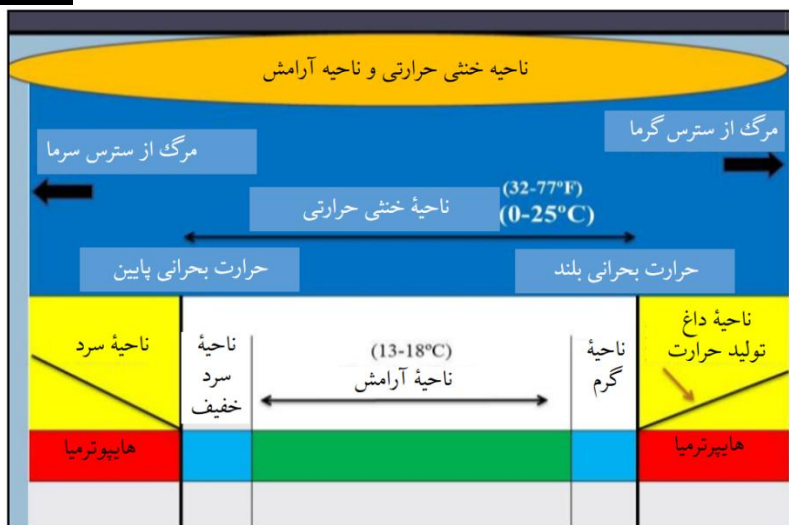
Key words: cold stress, digestibility, fermentation, cortisole, metabolic adaptation

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ، وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى سَيِّدِ الْمُرْسَلِينَ، وَعَلَىٰ آلِهِ وَأَصْحَابِهِ أَجْمَعِينَ.

تنظیم حرارت بدن به نشخوارکنندگان کمک می‌کند تا حرارتی داخلی بدن خود را در حد ثابت و مناسب نگهدارند که برای حفظ هومیوستاز (نگهداری حالت ثابت محیط داخلی عضویت) حیاتی می‌باشد. در ناحیه خنثی حرارتی (thermoneutral zone) که معمولاً برای گاوهای شیری حدود ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد حیوانات انرژی کمی را صرف تنظیم حرارت می‌کنند و می‌توانند بیشترین تولیدات را داشته باشند. وقتی حرارتی محیط از این محدوده بالاتر یا پایین‌تر گردد، نشخوارکنندگان عکس العمل‌های رویه‌یی و فیزیولوژیکی از خود نشان می‌دهند. این سازگاری‌ها باعث حفظ تعادل حرارتی و ادامه رشد، شیردهی و تولیدمثل می‌شوند (Berihulay et al., 2019).

حرارت محیط می‌تواند به‌طور مستقیم روندهای فیزیولوژیک عضویت حیوانات را تحت تأثیر قرار دهد یا به‌طور غیرمستقیم مقدار و کیفیت خوراکه در دسترس آن‌ها را تغییر دهد. محدوده حرارت محیطی که در آن موجودات زنده می‌توانند با حداقل سیستم‌های تنظیم‌کننده، حرارت ثابت بدن خود را حفظ کنند «ناحیه خنثی حرارتی» نامیده می‌شود؛ هر گونه درجه حرارت بالاتر یا پایین‌تر از این محدوده، به‌عنوان ایجادکننده سترس گرما یا سرما در حیوانات تلقی می‌شوند (Shi et al., 2022).

نشخوارکنندگان می‌توانند از طریق تغییرات فیزیولوژیکی و رویه‌یی با سرما سازگار شوند؛ تغییراتی که به آن‌ها اجازه می‌دهد تعادل انرژی بدن خود را حفظ کنند. نیازهای انرژی برای نگهداری بدن در سرما تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و اگر حیوان مرطوب و در معرض باد باشد، این نیاز می‌تواند دو برابر گردد. افزایش نیاز به انرژی نگهداری باعث می‌شود مواد مغذی کمتری برای تولید باقی بماند و در نتیجه عملکرد و بازده تولید کاهش یابد (Coloma-Garcia et al., 2020).



شکل ۱- دیاگرام ناحیه خنثی حرارتی و ناحیه آرامش در حیوانات شیرده (Manzoor et al., 2019)

جدول ۱- درجه حرارت بحرانی بلند و پایین در حیوانات شیرده (Manzoor et al., 2019)

حیوان	حرارت بحرانی پایین	حرارت بحرانی بلند	ناحیه آرامش
گاو	۵- الی ۱۰- درجه سانتی گراد	۲۵ الی ۲۸ درجه سانتی گراد	۱۳ الی ۱۸ درجه سانتی گراد
گاو میش	۱۰- الی ۱۵- درجه سانتی گراد	۲۵ درجه سانتی گراد	۱۰ الی ۱۷ درجه سانتی گراد
گوساله	۴- الی ۵- درجه سانتی گراد	۲۵ درجه سانتی گراد	۱۵ الی ۲۲ درجه سانتی گراد

سترس سرما و تأثیر آن

حرارتی شدید به عنوان یک استرس از مهم ترین فشارهای محیطی مؤثر بر تولید محصول، تولیدمثل، فیزیولوژی و صحت حیوانات شناخته می شود. برای مقابله با سرما، حیوانات فقرایه میکانیزم های توافقی مؤثر و متنوعی را توسعه داده اند. برای مثال، پستانداران از طریق افزایش فعالیت جسمی و مصرف خوراک، بهبود پوشش موئی ضخیم و لایه های عایق چربی، القای تشکیل نسج چربی قهوه ای و به کارگیری حجرات شحمی برای تولید و حفظ حرارت بدن، سرما را تحمل می کنند. مهم تر از آن، عملکردهای سیستمیک مختلف بدن، از جمله تنظیم معافیتی،

مروړي

آزاده لاسرسی

د دفاع انتی اکسیدانتی و میتابولیزم گلوکوز و شحم نیز به طور مناسب تحریک می شوند تا در برابر سرما مقاومت ایجاد کنند. تحقیقات نشان می دهد که میش های دورگه می توانند برای مقابله با آسیب نسجی در محیط سرد، سطح اینترلیوکین-۴ سیروم و فعالیت انواع انزیم های انتی اکسیدانتی، از جمله کتالیز (Catalase)، سوپراکساید دیسموتیز (Superoxide desmotase) و گلوتاتیون پراکسیدیز (Glutation peroxidase) را افزایش دهند. افزون بر این، مطالعات پیشین نشان داده اند که غلظت گلوکوز پلازما در پاسخ به سرما افزایش می یابد تا تأمین انرژی تقویت گردد. شاخص های مرتبط با میتابولیزم شحم در جریان مواجهه با سرما افزایش می یابند تا میتابولیزم بدن حفظ شود (Zhang et al., 2022).

قرار گرفتن در معرض سرما باعث افزایش میزان میتابولیزم اساسی (Basal metabolism) و نیاز به انرژی نگهداری (Mentainance energy) می شود. برای مثال، در گاو با کاهش یک درجه پایین تر از ۲۰ درجه سانتی گراد، نیاز انرژی حدود ۰,۹۱٪ افزایش می یابد و در گاوهای گوشتی این افزایش حدود ۲,۸۹ کیلوژول در هر کیلوگرام وزن زنده در هر درجه سانتی گراد تخمین زده شده است. این نیاز میتابولیکی اغلب باعث می شود انرژی غذایی به جای رشد یا تولید، صرف نگهداری بدن شود. گاوهای شیری در شرایط استرس سردی دچار کاهش تولید شیر می شوند. از دلایل آن می توان به کاهش جریان خون در پستان، کاهش جذب گلوکوز در پستان و رقابت با انساج محیطی برای مصرف گلوکوز اشاره کرد. در گوساله های جوان، سرما باعث کاهش افزایش وزن، لرزه، تأخیر در جذب فله و افزایش نیاز به انرژی نگهداری می شود در حرارتی ۴- درجه سانتی گراد در مقایسه با ۱۰ درجه، بیش از ۳۰٪ افزایش در نیاز نگهداری گزارش شده است. عکس العمل های رویه یی شامل افزایش مصرف خوراکه، فشرده نمودن بدن، آفتاب گرفتن و لانه سازی برای کاهش ضیاع حرارت می باشد (Wang et al., 2023).

قرار مطالعات که بالای گوسفندان مغولی (Mongolian sheep) صورت گرفت نشان داد که آنها در فصل سرد در مقایسه با فصل گرم وزن بدن کمتری داشتند. این یافته ها بیانگر آنست که

مروړي

آزاده لاسرسی

گوسفندان مغولی توانستند حرارت مرکزی بدن را در سرما حفظ کنند، اما این باعث کاهش در کتله بدنی شان گردید (Zhang et al., 2022).

ارتباط بین سرما و فیزیولوژی هاضمه

قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سرما عملیه تخمر در شکمبه را مختل می کند. در گاوها تحت سرمایی طولانی مدت، کاهش در غلظت اسیدهای شحمی مفر (volatile fatty acid) از جمله کاهش استیت و پروپیونیت گزارش شده است. این دو پیش سازهای اساسی برای gluconeogenesis (ساختن گلوکوز از منابع غیر قندی) و تأمین انرژی هستند. کاهش پروپیونیت، ترکیب گلوکوز را محدود می کند و کاهش استیت نیز دسترسی به انرژی را کاهش می دهد. قرار گرفتن گوسفندان در معرض سرما، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک (Dry Matter) و ماده عضوی (Organic Matter) را کاهش می دهد که این امر عمدتاً به دلیل کاهش هضم ماده عضوی در شکمبه می باشد، در حالی که قابلیت هضم و نگهداشت نایتروجن بدون تغییر باقی می ماند. کاهش هضم در شکمبه ارتباط نزدیک با افزایش سرعت گردش محتویات شکمبه دارد. قرار تحقیقات که صورت گرفته قابلیت هضم ماده خشک و ماده عضوی در روده ها چندان تفاوتی ندارد اما هضم نایتروجن غیرامونیاپی در گوسفندان در معرض سرما افزایش می - سیابد (Kennedy et al., 1976). مطالعات بالای گوسفندان در حرارت ۱ تا ۱۰ درجه در مقایسه با ۱۸ تا ۲۱ درجه نیز کاهش قابلیت هضم ماده خشک (از حدود ۰,۴۸۲ به حدود ۰,۴۵۰) و ماده عضوی (از حدود ۰,۵۱۱ به حدود ۰,۴۷۷) را نشان داده اند که علت آن کاهش زمان ماندگاری خوراک در شکمبه و روند هضم گفته شده است. سردی بر مانع اپیتلیل شکمبه و ساختار نفوس میکروبی تأثیر می گذارد. برای نمونه، مصرف آب سرد باعث کاهش تظاهر پروتیین های مخصوص اتصالات محکم بین الحجروی (مانند Claudin-4 و Occludin) شده، یکپارچگی روده را تضعیف می کند و مسیرهای التهابی را فعال می سازد. این تغییرات بر چسپندگی میکروب ها، فعالیت آنزیم ها و تولید اسیدهای شحمی مفر اثر گذاشته و باعث تغییر در جمعیت باکتریایی مانند Prevotella می شود که احتمالاً برای پاسخ به نیاز انرژی ناشی از سردی سازگار

مروړي

آزاده لاسرسی

می شوند. مجموع این اثرات یعنی افزایش نیاز به انرژی، کاهش کارایی هضم خوراکه، تغییر در تخمر میکروبی و تضعیف عملکرد اپیتلیل باعث کاهش جذب مواد مغذی و اختلال در رشد یا تولید می شود. این اختلالات هضمی توانایی نشخوارکنندگان برای تأمین نیازهای متابولیکی در شرایط سرد را به شدت محدود می کند (Liu et al., 2020).

مصرف خوراک و رفتار تغذیه‌یی

در شرایط استرس سرمایی، نشخوارکنندگان برای تأمین افزایش نیاز به انرژی نگهداری، مصرف ماده خشک (Dry matter intake/ DMI) را افزایش می دهند. به اساس مطالعات گذشته زمانی- که گاوها برای مدت طولانی در معرض سرما قرار گرفتند، DMI به طور قابل توجهی بیشتر دریافت گردید، درحالی که افزایش وزن روزانه (Average daily gain) و کارایی خوراک کاهش یافت؛ یعنی خوراک تغذیه شده برای حفظ حرارت بدن بیشتر استفاده می شود نسبت به اینکه برای رشد بدن مصرف شود. قرار گرفتن در معرض سرما نه تنها مصرف غذا را افزایش می دهد بلکه رفتار تغذیه‌یی را نیز تغییر می دهد. گاوهای شیرده تحت استرس سرمایی سرعت خوردن خود را هنگام مصرف رشفه توت شده ۲۲ تا ۳۱٪ و هنگام مصرف غذا های ساجمه‌یی (Plated food) حدود ۱۰٪ افزایش می دهند. برای جبران این وضعیت، مدت زمان هر چرخه نشخوار افزایش یافته و تعداد جویدن در هر چرخه نشخوار حدود ۱۰٪ بیشتر می شود، که نشان دهنده سازگاری رفتاری برای حفظ هضم مؤثر می باشد (Kim et al., 2023).

فشار دوامدار در نشخوارکنندگان سطح کورتیزول را افزایش داده و با سرکوب معافیت، منحرف کردن انرژی از استفاده برای رشد و افزایش کتابولیزم پروتیین، چندین روند فیزیولوژیک را مختل می کند که منجر به کاهش کارایی استفاده از مواد مغذی شده و به عملکرد ضعیف رشد، کاهش تولید شیر و افزایش نیاز به خوراک منجر می گردند (Besharati et al., 2024).

عملکرد و تخمر شکمبه در شرایط استرس سرمایی

قرار گرفتن در معرض سرما تحرک سیستم هاضمه و حرکات موجی را افزایش می دهد و باعث تسریع عبور خوراک از شکمبه می شود. در نتیجه، زمان ماندگاری محتویات کاهش یافته و

مروړي

آزاده لاسرسی

فعالیت انزایم‌های میکروبی مختل می‌شود، که این امر هضم کامل مواد مغذی را کاهش می‌دهد و باعث کاهش هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین ناخالص، فیبر و انرژی در نشخوارکنندگان می‌شود (Ekpe & Christopherson, 2000).

سرما باعث تغییر قابل توجه در ترکیب میکروبی شکمبه می‌شود. در مطالعه که بالای گوسفندان ثبت صورت گرفت فصل سرد باعث افزایش نسبی باکتری‌های Bacteroidetes و کاهش Firmicutes گردید، در حالی که گروه‌هایی مانند Rikenellaceae افزایش یافتند و گروه‌های تجزیه‌کننده سلولوز مانند Ruminococcaceae و Butyrivibrio کاهش پیدا کردند که نشان‌دهنده شکل‌گیری دوباره جمعیت‌های میکروبی از نظر عملکرد است (Guo et al., 2021). همچنان غلظت استیت، پروپیونیت و بیوتایریت در فصل سرد به‌طور قابل توجهی بالاتر از فصول گرم دریافت گردید، هرچند توزیع نسبی آن‌ها متفاوت بود طوری که نسبت استیت افزایش یافت، در حالی که نسبت بیوتایریت و سایر اسیدهای مفر شحمی در فصول گرم بیشتر دریافت گردید. نسبت استیت به پروپیونیت نیز در فصل سرد افزایش داشت. در شرایط سرد، نیاز بالاتر به انرژی باعث افزایش گلوکونیوجنیز می‌شود و پروپیونیت برای تولید گلوکوز به جگر میزبان مصرف می‌گردد. کاهش پروپیونیت در شکمبه نشان می‌دهد که این اسید شحمی برای تأمین گلوکوز به جگر منتقل شده است. علاوه بر این، پروپیونیت نقش حمایتی در معافیت ایتلیوم روده دارد، بنابراین کاهش آن ممکن است موانع دفاعی روده را تضعیف کند (Liu et al., 2020).

در گوسفندان مواجهه با سرما انتقال یوریا از پلازما به شکمبه را تغییر نمی‌دهد. اگر به شکل میخانیکی این حالت تفسیر شود گفته می‌شود که سرما باعث افزایش حرکات شکمبه می‌شود و زمان ماندگاری کاهش می‌یابد در این صورت کارایی هضم پایین می‌آید. با این حال، شدت این اثر بستگی به سهولت شکستن و تخمر ذرات بزرگ خوراکه دارد (Lurette et al., 1988).

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که مواجهه با سرما قابلیت هضم مواد مغذی را در گوسفندان تغذیه شده با علوفه‌های فایبری (رشته و شبدر) کاهش می‌دهد، اما هنگام تغذیه با جیره‌های متراکم مانند جو و کنجاره اثر قابل توجهی ندارد. علت اصلی کاهش هضم، کوتاه شدن زمان

مروړي

آزاده لاسرسی

ماندگاری مواد هضمی و تغییر دینامیک ذرات شکمبه می باشد نه سرکوب فیزیولوژیکی هضم (Peng et al., 2025).

در گاوهای گوشتی، شرایط زمستانی (با تغذیه کنترل شده) منجر به کاهش سطح پروپیونیت و افزایش نسبت استیت به پروپیونیت می گردد، که نشان دهنده استخراج انرژی کمتر از جیره می باشد. زمانی که به آنها مکمل متراکم تغذیه شد، سطح مجموعی اسیدهای مفر شحمی افزایش یافت، که نشان می دهد ارائه خوراک پرانرژی می تواند تا حدی تخمر را جبران کند (Oliynyk et al., 2025). بزها به عنوان نشخوارکنندگان بسیار سازگار، تغییرات فصلی در جوامع میکروبی شکمبه و مدفوع نشان می دهند. مطالعاتی که بالای بزها صورت گرفته نشان داد که بزها در فصل سرد درصد *Firmicutes*، *Verrucomicrobiota* و *Cyanobacteria* را افزایش دادند که با افزایش تخمر و میتابولیزم انرژی مرتبط می باشد، در حالی که *Bacteroidota* و *Gracilibacteria* کاهش یافتند. در سطح جنس *Ruminococcus* که به هضم فایبر شناخته شده است در فصل سرد افزایش یافت که نشان دهنده میکانیزم سازگاری برای تأمین نیازهای انرژی در حرارت پایین می باشد. (Luo et al., 2024).

در بزهای شیرده، مواجهه با سرما مصرف خوراک را تغییر نمی دهد، اما بزها ذخایر بدنی خود را مصرف می کنند، که نشان می دهد سرما بیشتر میتابولیزم پس از جذب را تحت تأثیر قرار می دهد نسبت به مصرف یا کارایی هضم. افزایش اسیدهای شحمی غیر ایستری شده (NEFA) بیانگر مصرف چربی ذخیره بدن به دلیل عدم تعادل انرژی می باشد، که اغلب با کاهش مصرف یا هضم تغییر یافته مرتبط است (Coloma-Garcia et al., 2020).

در یک مطالعه دیگر که بالای گوسفندان نسل هولون بیر و هوی (Hu and Hulunbuir breeds) صورت گرفت دریافت گردید که مواجهه با سرما تخمر سیکوم، پاسخ معافیتی و ترکیب میکروبی را تغییر می دهد. همچنان سرما میتابولیزم اسیدهای شحمی دارای زنجیر کوتاه را در سیکوم تقویت می کند (Cheng et al., 2025).

فعالیت انزایم‌های هضمی

اطلاعات مستقیم درباره تغییرات ناشی از سرما در ترشح لعاب دهن نشخوارکنندگان محدود است. با این حال، مشخص است که استرس سرمایی جریان خون به سیستم هاضمه را کاهش می‌دهد که احتمالاً شامل غدوات لعابیه نیز می‌شود و می‌تواند باعث کاهش ترشح لعاب گردد. کاهش لعاب، ظرفیت بفری و همچنین هضم انزایمی اولیه خوراک را کاهش می‌دهد و در نتیجه ناتوانی هضمی ناشی از سرما (مانند کاهش زمان ماندگاری محتویات و کاهش قابلیت هضم ظاهری) را تشدید می‌کند. استرس سرمایی زمان ماندگاری محتویات را در شکمبه کوتاه‌تر می‌کند و در نتیجه، جابجایی میکروبی و فعالیت انزایم‌های ضروری برای تجزیه فایبر (مانند cellulase و xylanase) را مختل می‌سازد. این امر باعث کاهش قابلیت هضم خوراک و کارایی استخراج مواد مغذی (مانند ماده خشک، ماده عضوی و فایبر می‌شود. علاوه بر این، مصرف آب سرد می‌تواند حرارتی شکمبه را کاهش دهد که احتمالاً فعالیت انزایم‌های میکروبی را سرکوب کرده و چسپیدن میکروب‌ها به بسترهای فایبری را مختل می‌کند، و این امر بیشتر باعث تضعیف هضم فایبر و فعالیت cellulolytic میکروب‌ها می‌گردد (Young, 1983).

قابلیت هضم و جذب مواد مغذی

استرس سرمایی قابلیت هضم فایبر را در نشخوارکنندگان کاهش می‌دهد که عمدتاً ناشی از افزایش حرکات سیستم هاضمه و کاهش زمان ماندگاری محتویات در شکمبه است. یک مرور علمی کاهش حدود ۰.۲٪ در قابلیت هضم مجموعی جیره را در هر یک درجه سانتی‌گراد کاهش حرارت پایین‌تر از ۲۰ درجه گزارش کرده است که احتمالاً به دلیل کاهش مدت تماس ذرات فایبری با تخریب میکروبی می‌باشد. محیط‌های سرد میتابولیزم پروتئین را از مسیرهای انابولیک دور می‌کنند. در یک مطالعه که بالای گوساله‌های هولستین صورت گرفت دریافت گردید که میزان سنتیز پروتئین در عضلات و پوست در شرایط سرد با خوراک محدود کاهش می‌یابد، در حالی که تجزیه پروتئین عضله افزایش پیدا می‌کند و منجر به از دست رفتن خالص نسج می‌شود. گوساله‌هایی که در سرما و با خوراک محدود نگهداری می‌شوند، مواد مغذی را به اعضای حیاتی

مروړي

آزاده لاسرسی

اختصاص می‌دهند و این امر به قیمت کاهش نسج عضله و پوست تمام می‌شود (Kim et al., 2023).

نشخوارکنندگان که در معرض سرما قرار می‌گیرند، کارایی استفاده از انرژی کمتری نشان می‌دهند. در یک مطالعه بالای گوساله‌های نر hereford، آن‌هایی که در محیط بیرون و در سرمای (به طور اوسط ۷٫۶- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند، نگهداری انرژی به‌طور قابل توجهی کمتر (۶۵٪ کاهش) و تولید گرمای نگهداری بالاتری (۱۸٪ افزایش) در مقایسه با گوساله‌هایی داشتند که در داخل (به طور اوسط ۱۷ °C) نگهداری می‌شدند. بازده خوراک در حیوانات به روند هضم و جذب در مجرای هضمی بستگی دارد؛ هرچه قابلیت هضم پایین‌تر باشد، افزایش وزن نیز کمتر می‌شود. در یک مطالعه، گاوهای نر که در زمستان آب گرم می‌نوشیدند، فعالیت بالاتری از آنزیم‌های سلولیز و زایلینز (cellulose & xylinase) را نشان دادند که بیانگر بهبود هضم در شکمبه، بازده خوراک و افزایش وزن می‌باشد. مصرف آب سرد همچنین باعث کاهش مصرف آب می‌شود که رابطه مستقیمی با مصرف ماده خشک (DMI) دارد، و در نتیجه، مصرف خوراک را بیشتر کاهش می‌دهد. در حالی که آب گرم اوسط افزایش وزن روزانه را بهبود می‌بخشد (Li et al., 2025).

بزهای بدوین (Bedouin goats) نمایانگر اوج سازگاری تکاملی در میان نشخوارکنندگان هستند، به‌ویژه در هضم جیره‌های با فایبر بالا و نایتروجن پایین. شواهد نشان می‌دهد که برتری بزها در محیط‌های سخت به دلیل ویژگی‌های کلیدی هضمی آن‌هاست که عبارت از ماندگاری طولانی‌تر مواد غذایی در دستگاه هاضمه، فعالیت بالاتر میکروب‌های تجزیه‌کننده سلولوز در شکمبه و دوران مؤثر یوریا از خون به شکمبه می‌باشد. بزها همچنین لعاب بیشتری ترشح می‌کنند و سطح تماس داخلی شکمبه‌شان از گوسفندها بزرگ‌تر است، که این امر روند بفر شدن pH شکمبه، دوران یوریا و جذب اسیدهای شحمی مفر را بهبود می‌بخشد. این سازگاری‌ها، همراه با ظرفیت زیاد شکمبه، به بزهای بدوین امکان می‌دهد تا حتی در شرایطی که کیفیت خوراک کاهش می‌یابد، کارایی هضمی خود را حفظ کنند (Silanikove, 2000).

حرکات سیستم هاضمه و زمان عبور

قرار گرفتن در معرض سرما، تحرک سیستم هاضمه به ویژه انقباضات ریتیکولم در نشخوارکنندگان را افزایش می‌دهد. در گوسفندانی که در معرض سرما (۱-۴ درجه سانتی‌گراد در مقابل ۲۲-۲۵ درجه) قرار گرفتند، میزان انقباضات ریتیکولم به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. با این حال، زمان نگهداری ذرات خوراکه در شکمبه کاهش یافت که با کاهش هضم ماده عضوی در شکمبه مرتبط می‌باشد (Lirette et al., 1988).

تحقیقات نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض حرارتی پایین محیط (۱- تا ۱ درجه) سرعت عبور مواد جامد و مایع را نسبت به حرارت‌های بالاتر (۱۸-۲۱ درجه) افزایش می‌دهد. در گوسفندانی که در معرض سرما قرار می‌گیرند، هضم ماده عضوی در دودینوم (روده کوچک) افزایش یافته و تا حدی کاهش تخمر شکمبه را جبران می‌کند (Cheng et al., 2025).

میتابولیت‌های خونی و میتابولیزم انرژی

در شرایط استرس سرمایی طولانی‌مدت، نشخوارکنندگان سطح گلوکوز خون بالاتری نشان می‌دهند و همچنین فعالیت آنزیم‌های کلیدی میتابولیزم گلوکوز مانند citrate pyruvate kinase و glucose- 6- phosphatase, synthase افزایش می‌یابد که بیانگر افزایش جریان گلایکولیز و ظرفیت گلوکونیوجنیز می‌باشد. در بزغاله‌های تازه متولد شده، قرار گرفتن در معرض سرما موجب افزایش گلایکولیز جگر و سنتیز گلایکوجن می‌شود. همزمان موجب سرکوب گلوکونیوجنیز و گلایکوجینولایز می‌گردد، که در نهایت منجر به تجمع بیشتر گلایکوجن در جگر می‌شود. به‌طور کلی، این واکنش‌ها نشان‌دهنده یک تغییر میتابولیکی به سمت تولید و حفظ گلوکوز برای تأمین نیازهای بالای انرژی ناشی از قرار گرفتن در معرض سرما می‌باشد (Silanikove, 2000).

علف خوراک ساده در مقایسه با نشخوارکنندگان میتابولیزم متفاوتی برای کاربوهایدریت‌ها دارند؛ در نشخوارکنندگان، گلوکوز در شکمبه به اسیدهای شحمی مفر دارای زنجیر کوتاه تبدیل

مروړي

آزاده لاسرسي

می شود، بنابراین منع اصلی گلوکوز خون، گلوکونیوجنیز (gluconeogenesis) در جگر می باشد. این ویژگی می تواند به غلظت های پایین تر گلوکوز خون نسبت به علف خوران ساده منجر شود و در نتیجه، هنگام افزایش نیاز انرژی، حیوان را مستعد توازن منفی انرژی سازد. این وضعیت ممکن است به اختلالات مختلف میتابولیزم انرژی و احتمالاً بروز بیماری ها در نشخوارکنندگان شود. از سوی دیگر، مواجهه با سرما با افزایش میزان تولید حرارت میتابولیک مشخص می شود و این امر احتمالاً تعادل سیستم اکسیدانت/انتی اکسیدانت را نیز به دلیل افزایش تولید انواع فعال آکسیجن (Reactive Oxygen Species) بر هم می زند که موجب پراکسیدیشن شحمیات و سترس اکسیدانتیف می گردد. سترس اکسیدانتیف می تواند به اکسیدیشن مالیکول های حیاتی و اختلال در میتابولیزم و فیزیولوژی طبیعی منجر شود؛ امری که در بروز و تشدید علائم بسیاری از بیماری ها نقش اساسی دارد (Shi et al., 2022).

مطالعات انجام شده روی غناچی های Sanhe و هولستین Holstein که به مدت یک ساعت در حرارتی ۲۵° - سانتی گراد نگه داشته شده بودند، نشان داد که گاوهای هولستین واکنش میتابولیکی شدیدتری نسبت به سرما داشتند، اما هر دو نژاد در پاسخ به سرمای حاد، تغییراتی در میتابولیزم اسیدهای شحمی مفر و گلوکوز از خود نشان دادند (Oliynyk et al., 2025). سرما تقسیم بندی انرژی را از ذخایر چربی به طرف ذخایر پروتئین که از نظر انرژی کم کارآمدتر است منتقل می کند و بدین ترتیب به کاهش کارایی رشد می انجامد. کاهش انرژی خالص برای رشد در محیط های سرد ناشی از هضم ضعیف تر یا کاهش دسترسی به انرژی قابل میتابولیزم نمی باشد، بلکه به دلایل زیر مربوط می باشد:

۱. افزایش مصرف انرژی نگهدارنده

۲. اتکای بیشتر به ذخایر پروتئین در مقایسه با چربی برای افزایش وزن (Delfino &

Mathison, 1991).

تنظیم هورموني و نیورواندوکراین

استرس سرمایی معمولاً محور تایروید را در نشخوارکنندگان فعال می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که سطح ترای آیودوتا یرونین (T_3) و تایروکسین (T_4) در حیوانات که در معرض سرما گرفته‌اند افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش میزان میتابولیزم پایه برای تولید حرارت داخلی می‌شود هرچند این موضوع می‌تواند به قیمت کاهش کارایی هضم و رشد تمام شود. کاهش کارایی هضم به دلیل هدایت انرژی به سمت تولید حرارت به جای پروسس مواد مغذی رخ می‌دهد (Ekpe & Christopherson, 2000).

مطالعات فصلی بالای گوسفند و بز نیز این یافته را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که غلظت هورمون‌های تایرویدی در زمستان نسبت به تابستان بالاتر است، که این امر بازتابی از سازگاری فیزیولوژیکی با محیط‌های سرد بوده و به تولید حرارت کمک می‌کند و احتمالاً به طور غیرمستقیم فعالیت انزایم‌های هضمی را نیز افزایش می‌دهد (Kennedy et al., 1976).

قرار گرفتن در معرض سرما باعث فعال شدن محور هایپوتالاموس-هایپوفیز-آدرینال (HPA) می‌شود و موجب افزایش گلوکوکورتیکوئیدها (کورتیزول) در خون می‌گردد. افزایش کورتیزول از گلوکونیوجنیز حمایت کرده و انرژی را بسیج می‌کند، اما همزمان روندهای هضمی و عملکرد معافیتی را سرکوب می‌نماید. به طور خاص، سطوح بالای کورتیزول انرژی را از مسیر رشد و هضم منحرف می‌کند؛ متابولیزم پروتیین را افزایش می‌دهد؛ از طریق تغییر حرکات روده، تخمر میکروبی را مختل می‌کند؛ و ترشح انزایم‌های هضمی را کاهش می‌دهد. این اثرات در مجموع قابلیت هضم خوراک و کارایی استفاده از مواد مغذی را در شرایط استرس کاهش می‌دهند. استرس سرمایی معمولاً منجر به کاهش سطح انسولین پلازما می‌شود، همان‌طور که در گاوها تحت استرس سرمایی طولانی‌مدت مشاهده شده است. کاهش انسولین نشان‌دهنده تغییر از میتابولیزم آنابولیک به سمت اولویت‌بندی نگهداری و تولید حرارت می‌باشد (Besharati et al., 2024).

افزایش حساسیت به اختلالات هاضمه

اثرات ترکیبی استرس سرمایی بر حرکات دستگاه هاضمه، عملکرد معافیتی و دینامیک تخمر باعث می‌شود حساسیت به اختلالات هاضمه افزایش یابد. تسریع عبور مواد هضمی باعث کاهش قابلیت هضم و کارایی تخمر می‌شود، که می‌تواند موجب اختلال عملکرد روده و باقی ماندن مواد جذب نشده گردد که مخاط دستگاه هاضمه را تحریک می‌کنند. زمانی که یکپارچگی روده به دلیل سرکوب معافیتی، عدم تعادل میکروبی یا التهاب موضعی آسیب ببیند، خطر اختلالات روده‌یی (مانند اسهال، کولیک و سوءجذب) به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (Young, 1983).

نتیجه‌گیری

حرارتی شدید به‌عنوان یک استرس از مهم‌ترین فشارهای محیطی مؤثر بر تولید محصول، تولیدمثل، فیزیولوژی و صحت حیوانات شناخته می‌شود. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سرما عملیه تخمر و قابلیت هضم را کاهش می‌دهد. فشار دوامدار در نشخوارکنندگان سطح کورتیزول را افزایش داده و با سرکوب معافیت، منحرف کردن انرژی از استفاده برای رشد و افزایش کتابولیزم پروتیین، روندهای فیزیولوژیک عضویت را مختل می‌کند که منجر به کاهش کارایی استفاده از مواد مغذی شده و به عملکرد ضعیف رشد، کاهش تولید شیر و افزایش نیاز به خوراک منجر می‌گردند.

منابع

- Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., Ma, Y. (2019). Adaptation Mechanisms of Small Ruminants to Environmental Heat Stress. *Animals*. 9 (3), 75; doi: 10.3390/ani9030075
- Besharati, M., Ahmad, S., Jabbar, M., Palangi, V., Esen, S., Esen, V. K., ... & Lackner, M. (2024). Effects of stress hormones on digestibility and performance in cattle: A review. *Open Agriculture*, 9(1), 20220387. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0387>
- Cheng, X., Liang, Y., Ji, K., Feng, M., Du, X., Jiao, D., ... & Yang, G. (2025). Enhanced propionate and butyrate metabolism in cecal microbiota



آزاده لاسرسي

مروړي

- contributes to cold-stress adaptation in sheep. *Microbiome*, 13(1), 103. <https://doi.org/10.1186/s40168-025-02096-9>
- Coloma-Garcia, W., Mehaba, N., Such, X., Caja, G., Salama, A. (2020). Effects of Cold Exposure on Some Physiological, Productive, and Metabolic Variables in Lactating Dairy Goats. *Animals*, 10 (12), 2383; doi:10.3390/ani10122383
- Delfino, J. G., & Mathison, G. W. (1991). Effects of cold environment and intake level on the energetic efficiency of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 69(11), 4577-4587.
- Ekpe, E. D., & Christopherson, R. J. (2000). Metabolic and endocrine responses to cold and feed restriction in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(1), 87-95.
- Guo, H., Zhou, G., Tian, G., Liu, Y., Dong, N., Li, L., ... & Yang, Y. (2021). Changes in rumen microbiota affect metabolites, immune responses and antioxidant enzyme activities of sheep under cold stimulation. *Animals*, 11(3), 712. <https://doi.org/10.3390/ani11030712>
- Kennedy, P. M., Christopherson, R. J., & Milligan, L. P. (1976). The effect of cold exposure of sheep on digestion, rumen turnover time and efficiency of microbial synthesis. *British Journal of Nutrition*, 36(2), 231-242.
- Kim, W. S., Ghassemi Nejad, J., & Lee, H. G. (2023). Impact of cold stress on physiological, endocrinological, immunological, metabolic, and behavioral changes of beef cattle at different stages of growth. *Animals*, 13(6), 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
- Li, J., Cui, Z., Wei, M., Yin, C., & Yan, P. (2025). Comparison of Effects of Cold and Warm Water Intake in Winter on Growth Performance, Thermoregulation, Rumen Fermentation Parameters, and Microflora of Wandong Bulls (*Bos taurus*). *Fermentation*, 11(3), 132. <https://doi.org/10.3390/fermentation11030132>
- Lirette, A., Kelly, J. M., Milligan, L. P., & Christopherson, R. J. (1988). Effects of psychological stress, acute cold stress, and diet on forestomach contractions in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 68(2), 399-407.
- Liu, X., Sha, Y., Dingkao, R., Zhang, W., Lv, W., Wei, H., ... & Luo, Y. (2020). Interactions between rumen microbes, VFAs, and host genes regulate nutrient absorption and epithelial barrier function during cold season



- nutritional stress in Tibetan sheep. *Frontiers in Microbiology*, 11, 593062. doi: 10.3389/fmicb.2020.593062
- Luo, T., Zhu, J., Li, K., Li, Y., Li, J., Chen, Y., & Shi, H. (2024). Crosstalk between innate immunity and rumen-fecal microbiota under the cold stress in goats. *Frontiers in Immunology*, 15, 1363664. DOI 10.3389/fimmu.2024.1363664
- Manzoor, A., Maqbool, I., Ganaie, Z.A., Afzal, I., Khan, H. M., Zaffe, B. (2019). Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry* 2019; 4(1); <https://www.researchgate.net/publication/331224607>
- Oliynyk, V., Zacharenko, M., Shevchenko, I., Mykhalska, V., Poliakovskiy, V., Slobodyanyuk, N., ... & Gruntkovskiy, M. (2025). evaluation of metabolic status in holstein cow under short-term cold stress. *evaluation*, 15(2), 60-68. doi: <https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2025.8>
- Peng, W., Wang, Y., Wei, M., Liu, S., Liu, K., Xiao, M., ... & Ma, W. (2025). Effects of changes in rumen microbial adaptability on rumen fermentation and nutrient digestion in Horqin beef cattle during different seasons of grazing and supplementary feeding. *BMC microbiology*, 25(1), 556; <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04199-7>
- Shi, L., Xu, Y., Jin, X., Wang, Z., Mao, C., Guo, S., Yan, S., Shi, B. (2022) Influence of Cold Environments on Growth, Antioxidant Status, Immunity and Expression of Related Genes in Lambs. *Animals*, 12 (19), 2535; <https://doi.org/10.3390/ani12192535>
- Silanikove, N. (2000). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small ruminant research*, 35(3), 181-193.
- Wang, S., Li, Q., Peng, J., Niu, H. (2023). Effects of Long-Term Cold Stress on Growth Performance, Behavior, Physiological Parameters, and Energy Metabolism in Growing Beef Cattle. *Animals*, 13 (10), 1619; <https://doi.org/10.3390/ani13101619>
- Young, B. A. (1983). Ruminant cold stress: Effect on production. *Journal of Animal Science*, 57(6), 1601-1607.
- Zhang, Y., Zhao, Y., Li, C., Wang, L., Tian, F., Jin, H. (2022) Physiological, Immune Response, Antioxidant Capacity and Lipid Metabolism Changes in Grazing Sheep during the Cold Season. *Animals*, 12 (18), 2332; <https://doi.org/10.3390/ani12182332>