Vol 26, No. 4, Winter 2025

University of Tehran Press

Journal of Animal Production

Online ISSN: 2382-994X

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

Effect of castration on growth performance and carcass and meat quality attributes of Marzhoz goat kids

Reza Naseri Harsini[1]✉ | **Farokh Kafilzadeh**[2] | **Mojtaba Haghighat**[3]

1. Corresponding Author, Animal Science Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: r.naseri@areeo.ac.ir
2. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: kafilzadeh@razi.ac.ir
3. Animal Science Research Department, Golpayegan Branch, Islamic Azad University, Golpayegan, Iran. E-mail: haghighat.mojtaba@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 July 2024
Received in revised form
20 December 2024
Accepted 21 December 2024
Published online 2 February 2025

Keywords:
Castration
Fatty acid
Markhoz kids
Meat quality
Performance

ABSTRACT

Objective: Castration is one of the management activities practiced worldwide in order to reduce aggressive behaviour, sexual activity and to facilitate management ease. Numerous studies have been conducted comparing production efficiencies and carcass traits of intact and castrated beef cattle and sheep. It has been agreed generally that castration causes less growth efficiency and produces carcasses with higher fat contents which results in increased proportion of saturated fatty acids. However, effects of castration on mentioned parameters in goats has been less investigated, despite the fact that goats genetically deposit less fat in their muscles with a more favorable fatty acid composition compared with other ruminants. Therefore, this research was conducted to evaluate the effects of castration on growth performance and carcass and meat quality attributes in Markhoz kids.

Method: Sixteen male Morkhoz kids (13.2±1.6 kg live body weight, 3 months old) were used to evaluate the effects of castration on growth performance, carcass and meat quality attributes and fatty acid composition of *longissimus thoracis* and *semimembranosus* muscles based on a completely randomized design with 2 treatments and 8 replicates. Kids were castrated using ring castration in the respective treatment one week before the beginning of the experimental period. During 119 days of feeding experimental diet (formulated to meet NRC recommendations for small ruminants), growth performance of kids were recorded individually. Then, all kids were slaughtered and enough samples of each muscle were collected from the left side of each carcass, vacuum-packed and frozen at −20°C until subsequent determination of meat quality attributes including shear force, cooking loss, colour, proximate composition and fatty acids profile. The value of pH_{24}, percentages of drip loss and water holding capacity were determined immediately on the day after slaughtering.

Results: Morkhoz kids castration decreased average daily feed intake and daily weight gain and increased feed conversion ratio significantly ($P<0.05$). However, cold carcass percentage, back fat thickness and rib eye area were not affected by castration. Fat percentage of *longissimus thoracis* and *semimembranosus* muscles increased significantly in response to castration ($P<0.05$), but crude protein content of muscles was similar in intact and castrated kids. Meat quality attributes of mentioned muscles, including pH_{24}, drip loss, water holding capacity and shear force were not affected by castration; however, cooking loss percentage in *longissimus thoracis* muscle decreased significantly by castration ($P<0.05$). L* and b* indexes of meat colour showed similar values in both muscles of intact and castrated groups, but the value of a* index was significantly lower in muscles of castrated kids ($P<0.05$). Castration had no significant effect on fatty acid composition of intramuscular fat in the *longissimus thoracis* muscle and only minor effects on the fatty acid composition of *semimembranosus* muscle were observed, including significant reduction in C14:1 cis and C18:3 cis3 fatty acids percentages ($P<0.05$).

Conclusion: Results showed that Morkhoz kids castration, in addition to diminution of growth performance and feed efficiency, increase fat content of muscles which is not a desirable change with respect to consumers' health.

Cite this article: Naseri Harsini, R., Kafilzadeh, F., & Haghighat, M. (2025). Effect of castration on growth performance and carcass and meat quality attributes of Marzhoz goat kids. *Journal of Animal Production*, 26 (4), 461-476. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.380044.623802

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.380044.623802

دوره بیست و ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

تولیدات دامی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۲-۹۹۴x

Homepage: https://jap.ut.ac.ir/

تأثیر اخته‌کردن بر عملکرد رشد و ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت بزغاله‌های مرخز

رضا ناصری هرسینی[۱]✉ | فرخ کفیل‌زاده[۲] | مجتبی حقیقت[۳]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. رایانامه: r.naseri@areeo.ac.ir

۲. بخش علوم دامی، دانشکدهٔ علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: kafilzadeh@razi.ac.ir

۳. گروه علوم دامی، واحد گلپایگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گلپایگان، ایران. رایانامه: haghighat.mojtaba@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

کلیدواژه‌ها:
اخته‌کردن
اسید چرب
بزغالهٔ مرخز
عملکرد
کیفیت گوشت

چکیده

هدف: اخته‌کردن یکی از ابزارهای مدیریتی شناخته‌شده برای کاهش بروز رفتارهای پرخاشگرانه، رفتارهای جنسی و تسهیل مدیریت دام است. پژوهش‌های متعددی به بررسی تأثیر اخته‌کردن گوسفند و گاوهای گوشتی بر بازدهٔ تولید و ویژگی‌های لاشه پرداخته‌اند. نتایج کلی حاکی از آن است که اخته‌کردن کاهش بازدهٔ رشد و تولید لاشه‌هایی با محتوای چربی بالاتر– که با افزایش سهم اسیدهای چرب اشباع همراه است– را نتیجه می‌دهد. در هر حال، تأثیر اخته‌کردن بر ویژگی‌های مذکور در بزها تنها در موارد معدودی مورد بررسی قرار گرفته است، در حالی‌که بزها از نظر ژنتیکی و در مقایسه با دیگر حیوانات نشخوارکننده چربی کم‌تر و با ترکیب مناسب‌تری از اسیدهای چرب را در لاشهٔ خود انباشته می‌سازند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر عملکرد رشد و ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت این حیوانات به انجام رسید.

روش پژوهش: به‌منظور ارزیابی اثرات اخته‌کردن بر عملکرد رشد، ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت و ترکیب اسیدهای چرب عضلات *longissimus thoracis* و *semimembranosus* از ۱۶ رأس بزغالهٔ نر مرخز (۲/۶±۱۳/۱ کیلوگرم وزن زنده، سن آغازین سه‌ماهگی) در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار و هشت تکرار استفاده شد. بزغاله‌ها یک هفته پیش از آغاز آزمایش با استفاده از حلقه‌های لاستیکی اخته شدند. طی دورهٔ ۱۱۹ روزهٔ تغذیه با جیرهٔ آزمایشی (تنظیم‌شده براساس توصیه‌های انجمن ملی تحقیقات برای نشخوارکنندگان کوچک)، عملکرد رشد بزغاله‌ها به‌صورت انفرادی اندازه‌گیری و ثبت شد. در ادامه، تمامی بزغاله‌ها کشتار شده و مقدار نمونه کافی از هر دو عضله از نیمه چپ هر لاشه برداشت، در شرایط خلا بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش‌های تعیین ویژگی‌های کیفی گوشت، شامل فشار برشی، افت پخت، رنگ، آنالیز تقریبی و ترکیب اسیدهای چرب، در دمای ۲۰– درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. مقدار $pH_{۲۴}$، درصد ضایعات خونابه و ظرفیت نگهداری آب در روز پس از کشتار حیوانات اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: با اخته‌کردن بزغاله‌ها میانگین مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه کاهش و ضریب تبدیل خوراک افزایش یافت (P<۰/۰۵)، اما ازنظر درصد لاشه سرد، ضخامت چربی پشت و سطح مقطع عضلهٔ *longissimus thoracis* تفاوتی بین تیمارها مشاهده نشد. درصد چربی عضلات براثر اخته‌کردن بزغاله‌ها افزایش یافت (P<۰/۰۵)، اما محتوای پروتئین خام عضلات تحت‌تأثیر اخته‌شدن بزغاله‌ها قرار نگرفت. اخته‌کردن بزغاله‌ها تأثیری بر $pH_{۲۴}$، درصد ضایعات خونابه، ظرفیت نگهداری آب و فشار برشی عضلات مذکور نداشت، اما کاهش درصد افت پخت در عضلهٔ *longissimus thoracis* را سبب شد (P<۰/۰۵). شدت روشنی و درجهٔ زردی رنگ گوشت مقادیر مشابهی را در عضلات بزغاله‌های اخته‌شده با گروه اخته‌نشده نشان داد، اما درجهٔ قرمزی رنگ گوشت در عضلات بزغاله‌های اخته‌شده کاهش یافت (P<۰/۰۵). ترکیب اسیدهای چرب عضلهٔ *longissimus thoracis* بزغاله‌های اخته‌شده تفاوتی با گروه شاهد نشان نداد و در رابطه با عضلهٔ *semimembranosus* نیز تنها تغییراتی جزئی در حد کاهش درصد اسیدهای چرب C۱۴:۱ cis و C۱۸:۳ cis۳ مشاهده شد (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: براساس نتایج حاصل، اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز علاوه بر افت عملکرد رشد و بازدهٔ خوراک، به‌واسطهٔ افزایش محتوای چربی داخل عضلانی، سبب کاهش کیفیت گوشت می‌شود.

استناد: ناصری هرسینی، رضا؛ کفیل‌زاده، فرخ و حقیقت، مجتبی (۱۴۰۳). تأثیر اخته‌کردن بر عملکرد رشد و ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت بزغاله‌های مرخز. *نشریه تولیدات دامی*، ۲۶ (۴)، ۴۶۱– ۴۷۶. DOI: https://doi.org/10.22059/jap.2024.380044.623802

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

نشخوارکنندگان کوچک در مقیاس جهانی و به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین پروتئین حیوانی مطرح هستند. منشأ این حیوانات، ویژگی‌های لاشه و کیفیت گوشت آن‌ها از معیارهای مهم مدنظر مصرف‌کنندگان برای اقدام به خرید گوشت هستند. بااین‌وجود، افزایش آگاهی عمومی در مورد رابطهٔ نوع و میزان چربی مصرفی با بروز برخی بیماری‌ها، ازجمله تصلب عروق کرونر و سرطان، نگرانی در مورد درصد چربی بالا و نسبت بالای اسیدهای چرب اشباع (Saturated fatty acids: SFA) در بافت‌های چربی بدن نشخوارکنندگان و لذا کاهش تمایل به استفاده از این منابع در رژیم غذایی را به‌دنبال داشته است (Perna & Hewlings, 2023). امروزه توصیه‌های مربوط به حوزهٔ مدیریت سلامت از تأکید بر مقدار چربی مصرفی به کیفیت چربی مصرفی گرایش یافته‌اند و متخصصان تغذیه، علاوه بر مقدار کل چربی و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (Polyunsaturated fatty acids: PUFA) به SFA، بر نوع PUFA و توازن جیره ازنظر نسبت بین اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ (n۶:n۳) نیز متمرکزشده‌اند. از این منظر، مصرف بافت چربی نشخوارکنندگان اثرات مطلوبی بر سلامت انسان در پی دارد. درواقع، محتوای قابل‌توجه اسیدهای چرب امگا ۳ و نیز ایزومر سیس-۹ ترانس-۱۱ از اسید لینولئیک مزدوج (Conjugated linoleic acid: CLA) در گوشت این حیوانات در درازمدت موجب بهبود سلامت مصرف‌کنندگان خواهد بود (Medeiros *et al*., 2021).

براساس اسناد تاریخی، منشأ بز و پرورش آن با پیشینه‌ای بیش از ۱۰ هزار سال به خاورمیانه (گنج‌دره، ایران) بازمی‌گردد و در حال حاضر نیز ایران یکی از ۱۰ کشور دارای بالاترین جمعیت بز در جهان و بالطبع یکی از ۱۰ کشور برتر تولیدکنندهٔ گوشت و شیر بز است. نژاد مرخز به‌عنوان شناخته‌شده‌ترین نژاد بز در نواحی غربی ایران و نیز نواحی شرقی کشور عراق (رشته‌کوه زاگرس) سهم قابل‌توجهی در تأمین پروتئین حیوانی برای ساکنین این نواحی دارد و این در حالی است که پژوهش‌های انجام‌گرفته روی این نژاد معطوف به تولید الیاف بوده و متأسفانه تاکنون ویژگی‌های کیفی گوشت در این نژاد و عوامل احتمالی مؤثر بر آن چندان موردتوجه قرار نگرفته است (ناصری هرسینی و کفیل‌زاده، ۱۳۹۵).

در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیاری (Torres-Geraldo *et al*., 2020; Nie *et al*., 2024) به‌منظور بهبود کیفیت گوشت نشخوارکنندگان و ایجاد تغییر در ترکیب اسیدهای چرب آن به انجام رسیده است و بدین منظور سازوکارهای متنوعی موردتوجه قرار گرفته‌اند. در بین عوامل متعدد، جنس، ژنوتیپ، سن و خوراک بیش‌ترین میزان تأثیرگذاری بر ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت را دارند. اخته‌کردن حیوانات، به‌عنوان یک ابزار مدیریتی برای تسهیل کنترل و مدیریت دام‌های نر، با تغییر درروند ترشح و اثرگذاری هورمون‌های جنسی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد رشد و نیز ویژگی‌های کیفی گوشت نشخوارکنندگان خواهد داشت (Needham *et al*., 2017). بااین‌وجود، اطلاعات در خصوص پیامدهای اخته‌کردن به‌طور عمده ماحصل پژوهش‌های انجام‌شده روی گاوهای گوشتی و گوسفند است و پژوهش‌های اندکی به بررسی تأثیر اخته‌کردن بر ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت بز، به‌ویژه ترکیب اسیدهای چرب بافت‌های چربی، پرداخته‌اند و از سوی دیگر، همخوانی و تطابق چندانی نیز بین نتایج به دست آمده در پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه وجود ندارد.

اخته‌کردن بزغاله‌ها در پایان دورهٔ شیرخوارگی با کاهش میانگین خوراک مصرفی و افزایش وزن روزانه طی دورهٔ پروار همراه بوده است (ناصری هرسینی و کفیل‌زاده، ۱۳۹۵). در مقابل، در بزغاله‌های دورگهٔ Saanen×Nubian خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در پایان دورهٔ پروار تحت تأثیر اخته شدن آن‌ها در سن سه‌ماهگی قرار نگرفت (Nagamine and Sunagawa, 2017). در رابطه با ویژگی‌های کیفی لاشه و گوشت نیز افزایش ضخامت چربی زیرپوستی در ناحیهٔ دندهٔ دوازدهم بره‌های اخته‌شده از نژاد

Scottish Blackface (Claffey *et al.*, 2018) و افزایش محتوای چربی و نیز افزایش ظرفیت نگهداری آب در گوشت بزغاله‌های بومی کره شمالی بر اثر اخته‌کردن (Lee *et al.*, 2023) گزارش‌شده است، درحالی‌که اخته‌کردن بزغاله‌های Boer از شیر گرفته تأثیری بر میزان انباشت چربی در بدن و ترکیب شیمیایی گوشت نداشت (Werdi Pratiwi *et al.*, 2004). اخته‌کردن بزغاله‌های بومی کره شمالی با کاهش درصد SFA در گوشت، عمدتاً به‌واسطهٔ کاهش درصد اسید استئاریک، همراه بوده است (Lee *et al.*, 2023). در مقابل، درصد SFA و به‌عبارت‌دیگر، درصد غالب‌ترین اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای پالمتیک و استئاریک، در عضلهٔ *longissimus thoracis* (LT) بزغاله‌های اخته‌شدهٔ نژاد Boer بیش از مقدار آن در عضلهٔ بزغاله‌های اخته نشده گزارش‌شده است (Solaiman *et al.*, 2011).

با توجه نقش قابل‌ملاحظه بزغاله‌های مرخز در تأمین پروتئین حیوانی ساکنان نوار غربی کشور و فقدان اطلاعات در رابطه با ویژگی‌های کیفی گوشت و لاشهٔ این حیوان، در پژوهش حاضر ویژگی‌های کیفی گوشت بزغاله‌های نژاد مرخز و نیز تأثیر اخته‌کردن بر عملکرد رشد و ویژگی‌های کیفی فیزیکی و شیمیایی در عضلات LT و *semimembranosus* (SM) بزغاله‌ها بررسی شد.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر در مزرعهٔ تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. تعداد ۱۶ رأس بزغاله نر نژاد مرخز در سن سه‌ماهگی با میانگین وزن زندهٔ ۱/۶±۱۳/۲ کیلوگرم، با پیشینهٔ پرورشی مشابه از ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان خریداری گردید. بزغاله‌ها همگی از زایش‌های تک‌قلو بوده و در دورهٔ شیرخوارگی علاوه بر تغذیه از شیر مادر، از سن دو تا سه‌ماهگی به‌همراه گله به چرا رفته و دسترسی آزاد به گیاهان مرتعی در منطقه داشتند. بزغاله‌ها در بدو ورود به مزرعهٔ تحقیقاتی با محلول ضد کنه شست‌وشو داده‌شده و پیش از آغاز دورهٔ آزمایش، با استفاده از دُز مناسب از قرص ضدانگل آلبندازول (آلبندازول ۱۵۲، شرکت زاگرس فارمه پارس، بروجرد، لرستان، ایران) انگل‌زدایی‌شده و با تزریق زیرپوستی واکسن انتروتوکسمی علیه این عارضه واکسینه شدند (مؤسسهٔ واکسن و سرم‌سازی رازی، حصارک، کرج، ایران؛ به‌همراه دُز یادآور با فاصلهٔ دو هفته). بزغاله‌ها به‌مدت یک هفته با جیره‌ای متشکل از ۸۰ درصد علوفه (نسبت برابر از کاه گندم و یونجه) و ۲۰ درصد کنسانتره تغذیه‌شده و سپس به‌صورت تصادفی و براساس وزن زنده بین دو تیمار آزمایشی (اخته‌نشده، اخته‌شده) با هشت تکرار توزیع شدند. اخته‌کردن بزغاله‌ها در تیمار مربوطه یک هفته پیش از آغاز دورهٔ سازگاری و با استفاده از حلقه‌های لاستیکی صورت گرفت.

جیرهٔ آزمایشی بر مبنای جدول احتیاجات مواد مغذی (NRC, 2007) برای تأمین نیاز تغذیه‌ای بزغاله‌ها به انرژی، پروتئین، کلسیم، فسفر و دیگر مواد مغذی تنظیم گردید (جدول ۱). بزغاله‌ها به‌صورت انفرادی درون قفس‌هایی با ابعاد ۹۰×۱۵۰ سانتی‌مترمربع قرارگرفته و به‌مدت ۱۳۳ روز با جیرهٔ آزمایشی (کاملاً مخلوط) تغذیه‌شده و دو هفتهٔ آغازین تغذیه به‌عنوان دورهٔ سازگاری با جیرهٔ آزمایشی در نظر گرفته شد. خوراک به‌صورت دسترسی آزاد در دو نوبت در ساعت‌های ۹:۰۰ و ۱۷:۰۰ توزیع شد و بزغاله‌ها در طول دورهٔ آزمایش دسترسی آزاد به آب داشتند. مقدار خوراک توزیع‌شده در هرروز به میزان ۱۰ درصد بیش از مصرف روز قبل در آخور هر دام توزیع گردید تا از مصرف اختیاری خوراک در حد اشتها اطمینان حاصل گردد. در طول دورهٔ آزمایش افزایش وزن (پس از اعمال ۱۶ ساعت گرسنگی و پیش از توزیع وعدهٔ خوراک صبح) و ضریب تبدیل خوراک به‌صورت ماهیانه محاسبه و ثبت شدند.

جدول ۱. مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیرهٔ آزمایشی مورداستفاده در تغذیهٔ بزغاله‌های مرخز

اجزای جیره (درصد از مادهٔ خشک)	
یونجهٔ خشک	۵۷/۵۰
کاه جو	۶/۱۰
دانهٔ جو	۳۲/۳۰
کنجالهٔ سویا	۳/۲۰
مکمل معدنی[۱]	۰/۳۰
مکمل ویتامینه[۲]	۰/۳۰
فسفات مونوبازیک	۰/۱۰
نمک	۰/۲۰
ترکیب شیمیایی محاسبه‌شده	
مادهٔ خشک (درصد)	۸۸/۴۴
پروتئین خام (درصد از مادهٔ خشک)	۱۴/۰۹
عصارهٔ اتری (درصد از مادهٔ خشک)	۲/۲۸
الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی (درصد از مادهٔ خشک)	۲۸/۵۱
مادهٔ معدنی (درصد از مادهٔ خشک)	۸/۲۳
انرژی قابل سوخت‌وساز* (مگاکالری در کیلوگرم)	۲/۴۱

۱. در هر کیلوگرم حاوی: ۱۸۰ گرم کلسیم؛ ۷۰ گرم فسفر؛ ۳۰ گرم منیزیوم؛ ۵۰ گرم سدیم؛ ۵۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۴۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس؛ ۱۰۰ میلی‌گرم ید؛ ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت؛ ۳۰۰۰ میلی‌گرم روی؛ ۲۰ میلی‌گرم سلنیوم.

۲. در هر کیلوگرم حاوی: ۶۰۰ هزار واحد بین‌المللی بتاکاروتن،۲۰۰ هزار واحد بین‌المللی کوله‌کلسیفرول،۲۰۰ میلی‌گرم توکوفرول،۲۵۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان.

* محاسبه‌شده با استفاده از اطلاعات ارائه‌شده در جداول مواد غذایی (NRC, 2007).

پس از ۱۷ هفته خوراک‌دهی و در روز کشتار، وزن پیش از کشتار هر یک از بزغاله‌ها پس از اعمال یک‌نیمه شب گرسنگی، با دسترسی آزاد به آب، اندازه‌گیری شد. پس از کشتار، اجزای غیر لاشه‌ای (شامل سر، پوست، پاها، شش‌ها و نای، کبد، قلب، طحال، پانکراس، دستگاه گوارش، دیافراگم و بیضه‌ها) و بافت‌های مختلف چربی (شامل چربی‌های قلبی، کلیوی، بطنی، روده‌ای و لگنی) از بدن جداشده و وزن بدن خالی در فاصلهٔ یک ساعت پس از کشتار اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن و درصد لاشهٔ سرد، لاشه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای یک تا چهار درجهٔ سانتی‌گراد به‌صورت آویزان نگهداری‌شده و بار دیگر توزین شدند. هر یک از لاشه‌های سرد در راستای ستون فقرات به دونیمه برش داده شد و حداکثر پهنا (A) و عمق (حداکثر عمق عمود به پهنا، B) عضله LT در حدفاصل بین دنده‌های ۱۲ و ۱۳، روی سطح مقطع مربوط به ناحیهٔ قفسهٔ سینه، با استفاده از کولیس و در هر دونیم لاشه اندازه‌گیری و سطح مقطع این عضله با استفاده از رابطه $(A/2 \times B/2) \times \pi$ محاسبه شد. ضخامت چربی زیرپوستی نیز در همین ناحیه با استفاده از کولیس و در سه تکرار در هر نیم لاشه اندازه‌گیری شد.

از عضلات LT و SM در نیمهٔ چپ هر لاشه نمونه‌هایی در مقادیر کافی و به‌صورت تفکیک‌شده برای بررسی ویژگی‌های کیفی گوشت و ترکیب اسیدهای چرب برداشت و پس از بسته‌بندی در پوشش آلومینیومی و در شرایط خلأ، تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگه‌داری شدند؛ به‌استثنای آزمایش‌های تعیین مقدار pH نهایی، ضایعات خونابه و ظرفیت نگه‌داری آب که بلافاصله در روز پس از سرد شدن لاشه‌ها به انجام رسید.

مقدار pH نهایی ($pH_{۲۴}$ در پژوهش حاضر) در عضلات در سه تکرار و با استفاده از pH متر (inoLab® pH 7110، آلمان) و از طریق واردکردن الکترود (رادیومتر، لیون فرانسه) در برشی که در عضله ایجاد گردید، اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری pH در هر تکرار، pH متر دوباره در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد با استفاده از بافرهایی با pH ۴/۰۱ و ۷/۰۰ کالیبره گردید و درنهایت میانگین pH قرائت‌شده در سه نوبت ارزیابی به‌عنوان pHu عضله ثبت شد.

برای اندازه‌گیری ضایعات خونابه ابتدا نمونه‌های گوشت (در حدود ۲۰ گرم) توزین و درون کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن قرار داده‌شده و کیسه‌ها در شرایط خلأ مهروموم شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت از قرارگیری نمونه‌ها در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد، نمونه عضلات از کیسه‌ها خارج و با دستمال‌کاغذی به‌آرامی خشک‌شده و بار دیگر توزین شدند. درصد ضایعات خونابه با تعیین میزان افت وزن نسبت به وزن اولیهٔ نمونه‌ها محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری ظرفیت نگه‌داری آب، هر نمونه پس از توزین به قطعاتی کوچک با اشکال نامنظم برش داده‌شده و مجموع قطعات هر نمونه بین دولایه کاغذ صافی و دو قطعه شیشه تخت با ابعاد یکسان قرار داده شد. سپس وزنه‌ای ۲۲۵۰ گرمی به‌مدت پنج دقیقه روی نمونه‌ها قرارگرفته و قطعات بار دیگر توزین شدند. ظرفیت نگه‌داری آب به‌عنوان کاهش وزن نمونه‌ها و به‌صورت درصد محاسبه و گزارش شد.

رنگ گوشت در عضلات LT و SM پس از ۴۸ ساعت یخ گشایی نمونه‌ها در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از یخ گشایی، سطح هر نمونه به ضخامت حدود سه میلی‌متر برداشته و نمونه‌ها برای شکوفاشدن رنگ در سطح تراشیده شده به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند. شاخص‌های سه‌گانهٔ رنگ (a*، شدت رنگ قرمز؛ b*، شدت رنگ زرد؛ L*، شدت روشنی رنگ) با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج دیجیتال (Konica Minolta, Chroma meter CR-400، ژاپن) تعیین گردید. شاخص hue angle (نشان‌دهندهٔ درجهٔ خلوص رنگ) با استفاده از رابطهٔ $tan^{-1}(b^* \times a^*)$ و شاخص chroma (نشان‌دهندهٔ میزان سرزندگی و تازگی رنگ) نیز با استفاده از فرمول $(a^{*2} + b^{*2})1/2$ محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری درصد افت پخت، ابتدا نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال یخ گشایی و سپس خشک و توزین شدند. در ادامه، نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده‌شده و به‌مدت ۶۰ دقیقه در آب گرم با دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد طبخ و پس از خنک شدن بار دیگر خشک و توزین شدند. درصد افت وزن نسبت به وزن اولیهٔ نمونه به‌عنوان درصد افت پخت محاسبه و گزارش شد. از نمونه‌های طبخ‌شده جهت اندازه‌گیری فشار برشی استفاده شد. بدین منظور، نمونه‌ها پس از طبخ برای یک‌شب در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد قرارگرفته و در روز بعد، از هر نمونه به‌موازات محور طولی فیبرهای عضلانی سه زیر نمونه با ابعاد ۱×۱×۳ سانتی‌متر جدا گردید. در ادامه، حداکثر نیروی لازم برای برش هر یک از زیر نمونه‌ها در جهت عمود بر محور طولی فیبرهای عضلانی با استفاده از دستگاه Warner-Bratzler Testometric M350-10CT، انگلستان) با فشار ۵۰ کیلوگرم، سرعت ۱۰ سانتی‌متر در دقیقه و زاویهٔ ۶۰ درجه اندازه‌گیری شد و میانگین نیروی به دست آمده برای هر سه زیر نمونه به‌عنوان فشار برشی نمونهٔ مربوطه ثبت گردید.

نمونهٔ عضلات پس از برداشت چربی زیرپوستی و بافت‌های پیوندی قابل‌مشاهده، با دستگاه هموژنایزر (T 25 digital ULTRA-TURRAX, IKA، آلمان) هموژن شده و درصد رطوبت، خاکستر خام، چربی خام و پروتئین خام در این نمونه‌ها تعیین گردید (AOAC, 1990). در ادامه، به‌منظور تعیین ترکیب اسیدهای چرب، نمونه‌های هموژن‌شده عضلات LT و SM جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب مورداستفاده قرار گرفتند. استخراج چربی از نمونه‌ها به‌وسیلهٔ محلول کلروفرم:متانول با نسبت دوبه‌یک انجام پذیرفت. بخش چربی استخراج‌شده به‌وسیلهٔ گاز نیتروژن خشک‌شده و به‌منظور تهیهٔ مشتقات متیلهٔ اسیدهای چرب، مقدار ۵۰ میلی‌گرم از اسیدهای چرب استخراج‌شده از هر نمونه داخل بالن‌های حجمی تخلیه و پنج میلی‌لیتر سود متانولی ۰/۵ مولار به هر بالن اضافه شد. بالن‌ها به کندانسور متصل شده و به‌مدت دو دقیقه جوشانده شدند. پس از سردشدن، مقدار سه میلی‌لیتر محلول متانولی بوران تری‌فلوراید ۱۴ درصد به هر بالن اضافه گردید. محتویات بار دیگر به‌مدت دو دقیقه جوشانده شده و در ادامه شش میلی‌لیتر هگزان و یک میلی‌لیتر نمک به آن‌ها اضافه گردید. ترکیب حاصل به‌مدت یک دقیقه شیک شده و لایهٔ رویی پس از برداشت صاف گردید. مقدار باقیمانده

به‌طور کامل در ۱/۵ میلی‌لیتر هگزان حل‌شده و تزریق گردید. اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگرافی گازی (South Korea, Yung lin 6300 مجهز به آشکارساز یونی- شعله و ستون موئین Cp-Sil 88 به طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر) شناسایی شدند. از هلیوم با سرعت تزریق ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل و از اسید نونادکانوئیک (۱۹:۰؛ خلوص ۹۹ درصد؛ Sigma, St. Louis, MO، ایالات‌متحدهٔ آمریکا) به‌عنوان استاندارد داخلی استفاده شد. دمای آغازین آون ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای پنج دقیقه بود که در ادامه تا رسیدن دما به ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد با سرعت دو درجهٔ سانتی‌گراد در هر دقیقه افزایش داده شد. دما برای ۱۵ دقیقه ثابت نگه‌داشته شده و در ادامه با سرعت پنج درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه تا ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش‌یافته و به‌مدت پنج دقیقه در این دما حفظ گردید و درنهایت دمای آون با نرخ دو درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه و تا رسیدن به دمای ۳۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش داده شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای مذکور ثابت نگه‌داشته شد. دمای تزریق‌کننده و دتکتور به‌ترتیب و طی مراحل شناسایی در ۲۵۰ و ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد ثابت نگه‌داشته شد. کالیبره‌کردن و شناسایی اسیدهای چرب با استفاده از مقایسهٔ زمان خروج و سطح زیر منحنی اسیدهای چرب با منحنی استاندارد (G004263, 37 Component FAME Mix و cis/trans C18:1, C18:2 و C18:3 FAME isomers on SP-2560, Sigma, St. Louis, MO, USA) انجام شد.

نرمال‌بودن داده‌های حاصل با کمک آزمون کولموگرف- اسمیرنوف بررسی شد. سپس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه و میانگین‌ها باکمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند. صفاتی که در طول دوره دارای یک نوبت رکورد برداری بودند با استفاده از رویهٔ GLM (مدل ۱) و صفاتی که دارای بیش از یک دوره رکوردبرداری بودند با استفاده از رویهٔ Mixed (مدل ۲) تجزیه شدند.

$$Xij = \mu + Ti + Aj + eij \quad \text{(مدل ۱)}$$

که در این رابطه، μ، اثر میانگین؛ Ti، اثر تیمار iام؛ Aj، اثر تصادفی حیوان در تیمار و eij، اثر اشتباه آزمایشی مربوط به تیمار iام در تکرار (حیوان) jام است.

$$Xijk = \mu + Ti + Pj + TiPj + Ak + eijk \quad \text{(مدل ۲)}$$

که در این رابطه، μ، اثر میانگین؛ Ti، اثر ثابت تیمار iام؛ Pj، اثر زمان نمونه‌گیری jام؛ TiPj، اثر متقابل تیمار و زمان نمونه‌گیری؛ Ak، اثر تصادفی حیوان در تیمار و eijk اثر اشتباه آزمایشی مربوط به تیمار iام در زمان نمونه‌گیری jام و حیوان kام است.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز کاهش میانگین خوراک مصرفی روزانه، میانگین افزایش وزن روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک را در پی داشت (P<۰/۰۵؛ جدول ۲)؛ به‌نحوی‌که مقادیر میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در گروه اخته‌شده به‌ترتیب کاهش ۲۷/۸ و افزایش ۱۹/۱ درصدی را نسبت به گروه شاهد نشان داد. در مقابل، درصد لاشهٔ سرد (درصد از وزن بدن خالی)، ضخامت چربی زیرپوستی و سطح مقطع عضلهٔ LT تحت تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌ها قرار نگرفت (جدول ۲). به‌طورکلی، تأثیر اخته‌کردن حیوانات نشخوارکننده بر عملکرد رشد آن‌ها دامنه‌ای از عدم‌تغییر تا کاهش را در برگرفته و تنها در معدود مواردی به بهبود معیارهای رشد اشاره‌شده است. مشابه یافته‌های پژوهش حاضر، میانگین افزایش وزن روزانه و بازده خوراک طی دورهٔ پروار بره‌های اخته‌شدهٔ نژاد Texel×Scottish Blackface اختلاف معنی‌داری با گروه اخته نشده داشت (Gravador *et al.*, 2018). اخته‌کردن گوساله‌های نژاد Nellore به فاصلهٔ یک هفته پس از شیرگیری و کشتار آن‌ها در اوزان مختلف طی دورهٔ پروار نیز نشان داد که در هر وزن کشتار، گوساله‌های اخته نشده از بازده خوراک و وزن لاشهٔ بالاتر و

ضخامت چربی زیرپوستی کم‌تری برخوردار بودند (Silva, 2018). اخته‌کردن گوساله‌های نه‌ماهه از نژاد Junlian نیز طی دورهٔ هشت‌ماههٔ پروار کاهش میانگین افزایش وزن روزانه را نتیجه داد، هرچند ازنظر میانگین خوراک مصرفی روزانه تفاوتی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (Li *et al.*, 2022). در بره‌های نژاد Scottish Blackface نیز کاهش میانگین افزایش وزن روزانه و افزایش ضریب تبدیل خوراک در پایان دورهٔ پروار و درعین‌حال عدم‌تغییر در درصد لاشهٔ سرد و سطح مقطع عضلهٔ LT بر اثر اخته‌کردن بره‌ها گزارش‌شده است (Claffey *et al.*, 2018). در گوساله‌های هلشتاین نیز اخته‌کردن با کاهش میانگین افزایش وزن روزانه، مادهٔ خشک مصرفی و بازده خوراک همراه بوده است (Li *et al.*, 2022). در پژوهش اخیر، غلظت هورمون‌های تستوسترون، تیروکسین، هورمون رشد و تری‌یدوتیرونین خون نیز در واکنش به اخته‌کردن گوساله‌ها کاهش یافت.

جدول ۲. تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر عملکرد رشد و ویژگی‌های لاشه (n=۸)

صفت/ تیمار	شاهد	اخته‌شده	SEM	P-value
وزن بدن نهایی (کیلوگرم)	۲۲/۱۸^{a}	۱۹/۶۲^{b}	۰/۶۸	۰/۰۲۱
میانگین مصرف خوراک روزانه (گرم/روز)	۶۲۱/۲۲^{a}	۵۳۲/۶۷^{b}	۱۶/۱۰	۰/۰۰۳
خوراک مصرفی روزانه (گرم به ازای کیلوگرم وزن متابولیک)	۴۸/۴۶^{a}	۴۴/۵۲^{b}	۱/۲۹	۰/۰۵۴
میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/روز)	۷۲/۶۸^{a}	۵۲/۰۴^{b}	۴/۶۲	۰/۰۱۲
ضریب تبدیل خوراک (خوراک/افزایش وزن)	۸/۸۴^{b}	۱۰/۵۳^{a}	۰/۴۹	۰/۰۳۴
درصد لاشهٔ سرد (درصد از وزن بدن خالی)	۴۶/۸۳	۴۶/۸۸	۱/۱۸	۰/۹۶۷
ضخامت چربی زیرپوستی (میلی‌متر)	۱/۷۶	۲/۱۵	۰/۲۸	۰/۳۵۹
سطح مقطع عضلهٔ LT (سانتی‌مترمربع)	۸/۵۱	۷/۷۸	۰/۲۹	۰/۰۹۲

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

صرف‌نظر از کاهش احتمالی مصرف خوراک بر اثر اخته‌کردن، کاهش نرخ رشد در این حیوانات را می‌توان به کاهش سطوح تستوسترون پلاسما و درنتیجه کاهش ترشح هورمون رشد و کاهش بازده استفاده از نیتروژن خوراک نسبت داد (Li *et al.*, 2022). از طرف دیگر، استرس (درد) تحمیلی به دام‌های اخته‌شده و نیز آسیب بافتی ناشی از این عمل می‌تواند افزایش هزینهٔ انرژی و کاهش فراهمی مواد مغذی در دسترس برای رشد و اختصاص آن‌ها به بروز پاسخ ایمنی مقتضی و ترمیم بافتی را به‌دنبال داشته باشد (Nie *et al.*, 2024). درهرحال و در تقابل با نتایج فوق، اخته‌کردن بزغاله‌های دورگهٔ Saanen×Nubian در سن سه‌ماهگی، تأثیری بر میزان خوراک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در پایان دورهٔ پروار (۱۲ ماهگی) نداشت (Nagamine and Sunagawa, 2017). در پژوهش انجام‌شده روی بزهای بومی سودان نیز مشاهده شد میانگین خوراک مصرفی، افزایش وزن روزانه و بازده خوراک تحت تأثیر اخته‌کردن حیوانات قرار نگرفت (Mudalal *et al.*, 2014). اختلاف بین نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت در سن اخته‌کردن (با افزایش سن اخته‌کردن، تأثیر منفی آن بر عملکرد رشد کم‌تر خواهد بود)، وضعیت هورمونی گروه شاهد و طول دورهٔ آزمایش پس از اخته‌کردن باشد (Needham *et al.*, 2017). علاوه بر این، سطوح پائین تغذیه در گله نیز می‌تواند شدت اختلاف نرخ رشد بین گروه‌های جنسیتی مختلف را کاهش دهد. درصد لاشه از پارامترهای تأثیرگذار بر قیمت محصول بوده و تحت تأثیر عوامل متعددی ازجمله سن و وزن در زمان کشتار، سطح تغذیه، میزان پُربودن دستگاه گوارش در زمان کشتار، وزن پوست و سر، میزان چربی بدن و روش کشتار قرار دارد (van Wyk *et al.*, 2020). لذا، با استناد به نتایج پژوهش حاضر، اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز تأثیری بر قیمت‌گذاری لاشهٔ آن‌ها نخواهد داشت. میانگین درصد لاشهٔ به‌دست‌آمده برای بزغاله‌های مرخز در پژوهش حاضر (۴۶/۹) با مقادیر میانگین گزارش‌شده برای دیگر نژادهای بز در جهان (دامنهٔ ۳۹ تا ۵۶ درصد) همخوانی دارد.

اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز کاهش درصد رطوبت در عضلهٔ LT و افزایش درصد چربی در عضلات LT و SM را به‌دنبال داشت (P<۰/۰۵؛ جدول ۳). دیگر ترکیبات شیمیایی در عضلات مذکور تحت تأثیر اخته‌شدن بزغاله‌ها قرار نگرفت. در تطابق با این نتایج، درصد رطوبت و چربی گوشت کل لاشه بزغاله‌های Angora نیز در واکنش به اخته‌شدن دام به‌ترتیب با کاهش و افزایش معنی‌دار همراه بود (Erol and Ünal, 2022). در بزغاله‌های بومی کره‌ای نیز افزایش درصد چربی گوشت راسته (Lee *et al.*, 2023) و در بزغاله‌های Boer و بزغاله‌های بومی آفریقای جنوبی افزایش درصد چربی و کاهش درصد رطوبت گوشت بر اثر اخته‌کردن گزارش‌شده است (van Wyk *et al.*, 2020). در رابطه با تأثیر اخته‌کردن بر انباشت داخل عضلانی چربی، پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که اخته‌کردن روند رونویسی از ژن‌های مؤثر بر سوخت‌وساز لیپیدها را تغییر می‌دهد (Yao *et al.*, 2024). اخته‌کردن سبب افزایش بیان دو ژن آپوژنیک، PLIN2 و visfatin در عضله می‌شود. ژن visfatin بیان لیپوپروتئین‌لیپاز را در پیش‌سلول‌های بافت چربی و بیان ژن فتی‌اسیدسینتاز را در سلول‌های چربی تمایزیافته افزایش می‌دهد که درمجموع افزایش فعالیت لیپوژنیک را سبب خواهند شد. ژن PLIN2 نیز موجب تحریک برداشت اسیدهای چرب به‌وسیلهٔ سلول‌های چربی و ذخیره‌سازی آن‌ها در قالب تری‌گلیسریدها می‌شود (Baik *et al.*, 2014). استیل–کوآ کربوکسیلاز ژن دیگر درگیر در سوخت‌وساز لیپیدها است که بیان آن بر اثر اخته‌کردن افزایش‌یافته و سبب افزایش ساخت ازنو اسیدهای چرب در چربی داخل عضلانی می‌شود (Yao *et al.*, 2024). درهرحال، در مواردی نیز به عدم تغییر در ترکیب شیمیایی گوشت بزغاله‌ها در اثر اخته‌کردن اشاره‌شده است (Werdi Pratiwi *et al.*, 2004).

جدول ۳. تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر ترکیب تقریبی عضلات *longissimus thoracis* و *semimembranosus* (n=۸)

بر مبنای وزن مرطوب (درصد)	شاهد	اخته‌شده	SEM	P-value
رطوبت				
LT	۷۳/۴۹^{a}	۷۰/۱۱^{b}	۰/۶۰	۰/۰۰۹
SM	۷۲/۱۳	۷۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۰۸۲
پروتئین				
LT	۲۰/۸۶	۲۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۲۸۶
SM	۲۰/۸۲	۱۹/۹۰	۰/۳۸	۰/۱۷۱
چربی				
LT	۴/۱۵^{b}	۷/۸۳^{a}	۰/۸۷	۰/۰۲۹
SM	۲/۹۴^{b}	۶/۵۳^{a}	۰/۴۸	۰/۰۰۳
خاکستر				
LT	۱/۱۵	۱/۲۵	۰/۰۷	۰/۶۱۴
SM	۱/۲۲	۱/۳۱	۰/۰۸	۰/۵۴۴

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. LT: عضلهٔ *longissimus thoracis*. SM: عضلهٔ *semimembranosus*.

مقادیر میانگین $pH_{۲۴}$، ضایعات خونابه، ظرفیت نگهداری آب، افت پخت، فشار برشی و رنگ گوشت بزغاله‌ها در جدول (۴) ارائه شده است. اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز تأثیری بر pH عضله در ۲۴ ساعت پس از کشتار، درصد ضایعات خونابه، ظرفیت نگهداری آب و فشار برشی عضلات LT و SM نداشت. اما میزان افت پخت در عضلهٔ LT بر اثر اخته‌کردن بزغاله‌ها کاهش یافت (P<۰/۰۵). مقادیر شاخص‌های L* و b* عضلات نیز تحت تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌ها قرار نگرفت. بااین‌وجود، مقدار شاخص a* در هر دو عضلهٔ موردبررسی در بزغاله‌های اخته‌شده کاهش یافت (P<۰/۰۵). برآیند تغییرات اخیر در قالب کاهش شاخص chroma در عضلهٔ LT و افزایش مقدار زاویهٔ هیو در

عضلهٔ SM بزغاله‌های اخته‌شده نمایان شد (P<۰/۰۵). بررسی‌ها نشان می‌دهد مقدار میانگین pH ثبت‌شده در پژوهش حاضر ۵/۸۳، در دامنهٔ طبیعی گزارش‌شده برای عضلات بز قرار دارد. باید به این نکته توجه داشت که مقدار pHu در عضلات مختلف به‌واسطهٔ تفاوت این عضلات در نسبت بین فیبرهای عضلانی (قرمز و سفید) و به‌دنبال آن درروند سوخت‌وساز انرژی در دورهٔ پیش و پس از مرگ، متفاوت از یکدیگر خواهد بود، به‌نحوی‌که عضلات قرمز و اکسیداتیو در مقایسه با عضلات سفید و گلیکولیتیک حاوی گلیکوژن کم‌تری بوده و مشابه آنچه در قیاس بین دو عضلهٔ اکسیداتیو SM و گلیکولیتیک LT دیده می‌شود، منجر به تولید گوشتی با pHu بالاتر می‌شوند (Jankowiak *et al.*, 2021).

جدول ٤. تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر ویژگی‌های کیفی گوشت در عضلات *longissimus thoracis* و *semimembranosus* (n=۸)

P-value	SEM	اخته‌شده	شاهد	
				pHu (۲۴)
۰/۳۱۳	۰/۱۲	۵/۵۸	۵/۸۲	LT
۰/۴۵۸	۰/۱۴	۶/۰۲	۵/۸۹	SM
				ضایعات خونابه (درصد)
۰/۱۳۷	۰/۴۰	۲/۶۴	۳/۶۳	LT
۰/۵۵۱	۰/۳۵	۳/۲۲	۳/۵۵	SM
				ظرفیت نگهداری آب (درصد)
۰/۱۰۲	۱/۸۲	۴۴/۱۹	۳۹/۰۲	LT
۰/۰۷۷	۱/۲۲	۴۱/۶۳	۳۷/۷۷	SM
				افت پخت (درصد)
۰/۰۲۲	۰/۸۹	۲۴/۴۱^{b}	۲۸/۹۰^{a}	LT
۰/۱۳۴	۱/۱۸	۳۱/۵۰	۳۴/۶۳	SM
				فشار برشی (نیوتن/سانتی‌مترمربع)
۰/۳۳۵	۱/۹۴	۳۰/۵۷	۳۳/۴۶	LT
۰/۳۱۲	۲/۳۳	۳۷/۶۳	۴۱/۳۰	SM
				شاخص L*
۰/۱۶۷	۱/۰۷	۴۵/۲۱	۴۲/۸۲	LT
۰/۲۹۱	۰/۹۹	۴۳/۸۸	۴۲/۱۹	SM
				شاخص a*
۰/۰۵۲	۰/۸۹	۱۰/۲۵^{b}	۱۳/۵۲^{a}	LT
۰/۰۳۴	۰/۵۹	۱۰/۶۴^{b}	۱۳/۰۴^{a}	SM
				شاخص b*
۰/۱۴۶	۰/۷۱	۷/۹۶	۶/۳۳	LT
۰/۱۳۴	۰/۶۰	۹/۸۱	۸/۳۱	SM
				Hue angle
۰/۰۷۶	۳/۹۷	۳۸/۱۰	۲۵/۷۳	LT
۰/۰۱۴	۱/۸۵	۴۲/۵۷^{a}	۳۲/۵۵^{b}	SM
				Chroma
۰/۰۵۵	۰/۵۴	۱۳/۰۲^{b}	۱۵/۰۴^{a}	LT
۰/۳۶۲	۰/۷۱	۱۴/۴۱	۱۵/۴۲	SM

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها. LT: عضلهٔ *longissimus thoracis*. SM: عضلهٔ *semimembranosus*. *L: شدت روشنی رنگ گوشت. *a: شدت رنگ قرمز در گوشت. *b: شدت رنگ زرد در گوشت.

در تطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، مقادیر pH، ظرفیت نگهداری آب، افت پخت، فشار برشی و شاخص‌های

مرتبط با رنگ در گوشت کل لاشهٔ بزغاله‌های Angora که در اوزان مختلف کشتار شده بودند تحت تأثیر اخته‌کردن آن‌ها قرار نگرفت (Erol and Ünal, 2022). مقدار pH، افت پخت، فشار برشی و مقدار شاخص‌های L* و a* در گوشت راستهٔ بزغاله‌های بومی کره‌ای نیز در پاسخ به اخته شدن آن‌ها تغییری نشان نداد (Lee *et al.*, 2023). بااین‌وجود، در پژوهش اخیر ظرفیت نگهداری آب و مقدار شاخص b* در گوشت گروه اخته‌شده با افزایش همراه بود. پروتئین‌ها نقش اصلی را در تعیین ظرفیت نگهداری آب بر عهده‌دارند و لذا تشابه درصد پروتئین عضلات بین تیمارهای آزمایشی پژوهش حاضر می‌تواند گواه تشابه ظرفیت نگهداری آب در عضلات هر دو گروه باشد. میانگین ظرفیت نگهداری آب در گوشت بز در دامنهٔ ۳۶/۵ تا ۵۷ درصد گزارش‌شده است؛ بنابراین، مقدار میانگین ۴۰/۶ درصد در پژوهش حاضر در محدودهٔ قابل‌قبول برای گوشت بز قرار دارد. در پژوهش حاضر، میانگین درصد ضایعات خونابه در عضلات بزغاله‌های مرخز ۳/۲ درصد بود که در دامنهٔ گزارش‌شده برای نژادهای مختلف بز (۲/۱۹ تا ۳/۴۶) قرار دارد. کاهش میزان افت پخت در عضلهٔ LT را طبق نظریات ارائه‌شده می‌توان به ذوب شدن چربی موجود در عضله حین حرارت دهی و اثر پوشانندگی آن روی بافت‌های پیوندی پیراماهیچه‌ای نسبت داد که مانع از خروج رطوبت از بافت خواهد شد. برخلاف رویهٔ مشاهده‌شده در پژوهش حاضر، در مواردی به کاهش فشار برشی بر اثر اخته‌کردن دام اشاره‌شده است (Torres-Geraldo *et al.*, 2020). در توضیح سازوکار اثرگذاری اخته‌کردن دام بر میزان فشار برشی گوشت، علاوه بر تحریک انباشت چربی بین فیبرهای عضلانی و درنتیجه کاهش تراکم فیبرها در حیوانات اخته‌شده، فقدان اثرات آنابولیکی تستوسترون نیز با کاهش انباشت کلاژن در عضلات کاهش بیش از پیش فشار برشی را رقم خواهد زد. بااین‌وجود، اخته‌کردن سبب کاهش حلالیت کلاژن شده و لذا برآیند این تغییرات می‌تواند دامنه‌ای از افزایش تردی گوشت تا عدم‌تغییر در میزان فشار برشی عضلات را سبب شود (Wang *et al.*, 2022). درهرحال، باید توجه داشت که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گوشت علاوه بر تأثیرپذیری از نژاد، جنس، سن/وزن کشتار و مدیریت تغذیه، تحت تأثیر عواملی متعدد دیگری مانند استرس پیش از کشتار، روش کشتار، انجام ارزیابی در عضله‌ای خاص یا ترکیبی از گوشت لاشه، نحوهٔ آماده‌سازی نمونه گوشت و جداسازی چربی‌ها از عضلات نیز قرار داشته و مجموعه این عوامل پراکندگی در نتایج منتشرشده را رقم خواهند زد (Needham *et al.*, 2017). مقدار بحرانی روشنی گوشت (L*) برابر با ۳۴ گزارش‌شده است، بدین معنی که مقادیر کم‌تر آن سبب خواهد شد تا عموم مصرف‌کنندگان به‌دلیل تیرگی رنگ گوشت تمایلی به خرید آن نداشته باشند. در پژوهش حاضر، مقدار میانگین شاخص L* در عضلات LT و SM بزغاله‌ها بیش از آستانهٔ مذکور بوده (۴۳/۵) که نشان می‌دهد این عضلات از شدت روشنی قابل قبولی برای مصرف‌کنندگان برخوردار بوده‌اند.

در جدول‌های (۵) و (۶) به‌ترتیب ترکیب اسیدهای چرب در عضلات LT و SM براساس درصد از کل اسیدهای چرب ارائه شده است. اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز تأثیری بر ترکیب اسیدهای چرب و نیز شاخص‌های تغذیه‌ای مرتبط با آن‌ها در عضلهٔ LT نداشت. در رابطه با عضله SM نیز به‌استثنای کاهش نسبت اسیدهای چرب C۱۴:۱ cis و C۱۸:۳ cis در بافت چربی داخل عضلانی بزغاله‌های اخته‌شده (P<۰/۰۵)، تفاوت دیگری در ترکیب و شاخص‌های تغذیه‌ای اسیدهای چرب مشاهده نشد. بااین‌حال، نگاهی دقیق‌تر به نتایج ارائه‌شده در جدول‌های مذکور و مشاهدهٔ کاهش نسبی مجموع درصد اسیدهای چرب CLA (۰/۹۰ در مقابل ۱/۱۳)، مجموع اسیدهای چرب PUFA (۴/۳۱ در مقابل ۴/۹۴) و درصد اسیدهای چرب مطلوب (۶۸/۸۴ در مقابل ۷۰/۷۱) در بافت‌های چربی عضلانی بزغاله‌های اخته‌شده نشان‌دهندهٔ انحراف ترکیب اسیدهای چرب از نسبت و مقادیر ایده‌آل آن‌ها برای سلامت مصرف‌کنندگان است.

جدول ۵. تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر ترکیب اسیدهای چرب (درصد از کل اسیدهای چرب) در عضلهٔ *longissimus thoracis* (n=۸)

اسیدهای چرب	شاهد	اخته‌شده	SEM	P-value
اسید لائوریک (C12:0)	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۰۵۴	۰/۶۹۴
اسید تریدسلیک (C13:0)	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۱۷	۱/۰۰۰
اسید میریستیک (C14:0)	۲/۲۵	۲/۷۰	۰/۲۴۹	۰/۲۹۱
اسید میریستولئیک ترانس (C14:1 trans)	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۰۲۹	۰/۱۱۱
اسید میریستولئیک سیس (C14:1 cis)	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۱۲۱	۰/۸۵۴
مجموع اسید میریستولئیک (C14:1 n5)	۰/۷۲	۰/۵۹	۰/۱۰۵	۰/۴۶۳
اسید پنتادسیلیک (C15:0)	۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۳۱۸	۰/۸۴۴
اسید پنتادسنوئیک (C15:1 n7)	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۲۲	۰/۷۲۱
اسید پالمیتیک (C16:0)	۲۴/۰۳	۲۴/۸۰	۰/۸۷۵	۰/۵۷۶
اسید پالمیتولئیک (C16:1)	۲/۹۳	۳/۰۳	۰/۵۱۵	۰/۵۴۵
اسید مارگاریک (هپتاد (C17:0)	۱/۰۰	۰/۶۳	۰/۳۸۰	۰/۵۳۹
اسید هپتادسنوئیک (C17:1 n7)	۲/۲۰	۱/۶۳	۰/۴۷۵	۰/۴۶۲
اسید استئاریک (C18:0)	۱۵/۹۳	۱۳/۸۷	۱/۲۷۸	۰/۳۴۳
اسید اولئیک (C18:1)	۴۵/۸۳	۴۵/۶۳	۱/۳۴۶	۰/۹۲۴
اسید لینولئیک (C18:2 n6)	۲/۲۰	۲/۰۳	۰/۳۱۰	۰/۷۳۱
اسیدلینولنیک ترانس (C18:3 trans n3)	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۰۴۳	۰/۲۱۱
اسیدلینولنیک سیس (C18:3 cis n3)	۰/۳۷	۰/۳۰	۰/۰۴۳	۰/۳۵۵
مجموع اسید لینولنیک (C18:3 n3)	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۱۰۶	۰/۸۵۶
اسید آراشیدیک (C20:0)	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۰۴۴	۰/۹۸۴
اسید ایکوزنوئیک (C20:1 n9)	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۰۲۰	۰/۱۱۵
اسید بهینیک (C22:0)	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۱۰۷	۰/۳۵۲
اسید اروسیک (C22:1 n9)	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۰۱۴	۰/۱۸۴
CLA 9/11 c/t	۰/۳۷	۰/۲۳	۰/۱۱۱	۰/۴۶۲
CLA 7/9 t/c	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۰۹	۰/۴۸۳
CLA 11/13 t/c	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۰۲۱	۱/۰۰۰
CLA 9/11 t/t	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۰۵	۰/۱۱۷
CLA 11/13 t/t	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۱/۰۰۰
CLA 12/14 t/t+ 12/14 c/t+ 11/13 c/t	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۰۵۴	۰/۴۵۲
مجموع اسید لینولئیک مزدوج (CLA)	۱/۰۶	۰/۸۳	۰/۱۳۳	۰/۳۱۸
SFA	۴۴/۴۶	۴۴/۲۱	۱/۰۸۹	۰/۸۸۴
UFA	۵۶/۲۳	۵۵/۸۳	۱/۲۳۱	۰/۸۱۴
MUFA	۵۲/۰۸	۵۱/۵۱	۱/۴۱۰	۰/۷۹۳
PUFA n3	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۱۰۶	۰/۸۵۶
PUFA n6	۲/۲۰	۲/۰۳	۰/۳۱۰	۰/۷۳۰
Total PUFA	۴/۴۵	۴/۳۲	۰/۳۳۵	۰/۶۶۳
UFA/SFA	۱/۲۹	۱/۲۸	۰/۰۵۱	۰/۹۱۹
n6:n3	۳/۲۶	۳/۳۵	۰/۴۴۰	۰/۸۹۱
PUFA:SFA	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۰۹	۰/۷۴۴
OCFA	۵/۸۲	۴/۹۸	۱/۲۸۲	۰/۶۷۶
Total desirable	۷۲/۴۶	۶۹/۷۱	۱/۹۷۹	۰/۳۹۱
(18:0+18:1)/16:0	۲/۵۷	۲/۴۲	۰/۱۶۵	۰/۵۶۰

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

CLA، اسید لینولئیک مزدوج؛ z، سیس؛ t، ترانس؛ SFA، اسیدهای چرب اشباع؛ UFA، اسیدهای چرب غیراشباع؛ MUFA، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه؛ PUFA، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه؛ n6، اسید چرب امگا ۶؛ n3 اسید چرب امگا ۳؛ OCFA، اسیدهای چرب با تعداد اتم کربن فرد؛ Total desirable، MUFA+PUFA+C18:0.

جدول ٦. تأثیر اخته‌کردن بزغاله‌های مرخز بر ترکیب اسیدهای چرب (درصد از کل اسیدهای چرب) در عضلهٔ *semimembranosus* (n=۸)

اسیدهای چرب	شاهد	اخته‌شده	SEM	P-value
اسید لائوریک (C12:0)	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۰۵۳	۰/۱۳۶
اسید تریدسلیک (C13:0)	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۱۷	۱/۰۰۰
اسید میریستیک (C14:0)	۲/۸۷	۳/۵۰	۰/۴۷۹	۰/۴۲۰
اسید میریستولئیک ترانس (C14:1 trans)	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۰۷۵	۰/۷۰۲
اسید میریستولئیک سیس (C14:1 cis)	۰/۶۷[a]	۰/۴۳[b]	۰/۰۵۱	۰/۰۵۲
مجموع اسید میریستولئیک (C14:1 n5)	۰/۸۸	۰/۶۲	۰/۰۶۵	۰/۰۷۱
اسید پنتادسیلیک (C15:0)	۰/۶۱	۱/۰۵	۰/۱۷۰	۰/۱۶۷
اسید پنتادسنوئیک (C15:1 n7)	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۰۴۱	۰/۴۱۴
اسید پالمیتیک (C16:0)	۲۷/۰۰	۲۶/۴۲	۱/۸۶۹	۰/۶۱۱
اسید پالمیتولئیک (C16:1)	۲/۵۳	۲/۸۷	۰/۱۴۱	۰/۱۹۲
اسید مارگاریک (هپتاد (C17:0)	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۱۲۹	۰/۸۷۴
اسید هپتادسنوئیک (C17:1 n7)	۱/۵۳	۱/۶۷	۰/۲۵۲	۰/۷۳۵
اسید استئاریک (C18:0)	۱۶/۷۷	۱۶/۴۷	۱/۹۷۱	۰/۹۲۲
اسید اولئیک (C18:1)	۴۱/۰۷	۴۱/۳۰	۲/۵۷۴	۰/۹۵۲
اسید لینولئیک (C18:2 n6)	۳/۰۳	۲/۰۳	۰/۲۹۳	۰/۰۹۴
اسیدلینولنیک ترانس (C18:3 trans n3)	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۴۹	۰/۳۳۲
اسیدلینولنیک سیس (C18:3 cis n3)	۰/۵۱[b]	۰/۳۷[b]	۰/۰۲۳	۰/۰۳۱
مجموع اسید لینولنیک (C18:3 n3)	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۰۶۶	۰/۶۰۹
اسید آراشیدیک (C20:0)	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۰۲۶	۰/۳۵۳
اسید ایکوزنوئیک (C20:1 n9)	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۰۰۳	۰/۱۸۰
اسید بهینیک (C22:0)	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۰۳۹	۰/۸۶۸
اسید اروسیک (C22:1 n9)	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۱۶	۰/۱۴۷
CLA 9/11 c/t	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۲۰۵	۰/۵۳۷
CLA 7/9 t/c	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۱۱	۰/۳۱۱
CLA 11/13 t/c	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۰۵	۰/۱۶۲
CLA 9/11 t/t	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۰۶	۱/۰۰۰
CLA 11/13 t/t	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۰۸	۱/۰۰۰
CLA 12/14 t/t+ 12/14 c/t+ 11/13 c/t	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۰۳۸	۱/۰۰۰
مجموع اسید لینولئیک مزدوج (CLA)	۱/۲۰	۰/۹۷	۰/۲۰۷	۰/۴۸۱
SFA	۴۸/۶۶	۴۹/۴۶	۳/۲۸۲	۰/۹۶۵
UFA	۵۲/۲۱	۵۱/۳۱	۲/۸۴۳	۰/۸۹۳
MUFA	۴۶/۷۷	۴۷/۳۱	۲/۵۹۸	۰/۸۸۹
PUFA n3	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۰۶۶	۰/۶۱۰
PUFA n6	۳/۰۳	۲/۱۷	۰/۲۹۳	۰/۱۳۴
Total PUFA	۵/۴۴	۴/۳۰	۰/۴۳۳	۰/۱۶۳
UFA/SFA	۱/۰۸	۱/۰۵	۰/۱۳۶	۰/۸۹۵
n6:n3	۳/۷۰	۲/۹۳	۰/۲۳۵	۰/۱۰۴
PUFA:SFA	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۱۵	۰/۳۲۳
OCFA	۴/۷۹	۵/۲۳	۰/۴۸۹	۰/۵۶۹
Total desirable	۶۸/۹۷	۶۷/۹۸	۱/۴۶۱	۰/۶۶۲
(18:0+18:1)/16:0	۲/۱۰	۲/۱۹	۰/۱۹۳	۰/۷۶۶

a-b: تفاوت ارقام در هر ردیف با حروف نامشابه، معنی‌دار است (P<۰/۰۵). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

CLA، اسید لینولئیک مزدوج؛ z، سیس؛ t، ترانس؛ SFA، اسیدهای چرب اشباع؛ UFA، اسیدهای چرب غیراشباع؛ MUFA، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه؛ PUFA، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه؛ n6، اسید چرب امگا ۶؛ n3 اسید چرب امگا ۳؛ OCFA، اسیدهای چرب با تعداد اتم کربن فرد؛ Total desirable، MUFA+PUFA+C18:0.

طبق یافته‌های پژوهش‌گران، بیان ژن آدیپوژنیک C/EBPα بر اثر اختەکردن دام افزایش می‌یابد که درنتیجهٔ آن اندازه، سلول‌های بافت چربی افزایش خواهد یافت (Baik *et al.*, 2014). علاوه بر این، اختەکردن سبب افزایش رونویسی از ژن لیپوپروتئین‌لیپاز و ژن سازندهٔ پروتئین ناقل اسیدهای چرب در عضلات می‌شود که برآیند آن در کنار غلظت بالاتر اسیدهای چرب آزاد در جریان خونابه حیوانات اختەشده، افزایش اندازهٔ سلول‌های بافت چربی خواهد بود (Yao *et al.*, 2024). اهمیت این تغییرات در تفاوت ساختاری لیپیدها در نقاط مختلف سلول چربی نهفته است. لیپیدهای موجود در سلول چربی ترکیبی از لیپیدهای قطبی (به‌طورعمده فسفولیپیدهای مستقر در غشاهای سلولی و غنی از PUFA) و لیپیدهای خنثی (به‌طورعمده شامل تری‌آسیل‌گلیسرول‌های موجود درون سلول‌های چربی و دارای سطوح بالای SFA) هستند (Baik *et al.*, 2014). محتوای فسفولیپیدهای سلول تا حد زیادی مستقل از محتوای چربی درون‌سلولی بوده و نسبت PUFA در آن‌ها باهدف حفظ ویژگی‌های غشای سلولی به‌شدت تحت کنترل قرار دارد؛ درصورتی‌که محتوای تری‌آسیل‌گلیسرول‌های سلول همبستگی مثبت بالایی با مقدار چربی انباشته در سلول دارد. درواقع، اختەکردن با تحریک انباشت چربی به‌واسطهٔ سازوکارهای هورمونی و ژنومی، سلول‌های عضلانی را به ذخیرهٔ هرچه بیش‌تر لیپیدهای خنثی سوق می‌دهد و طبیعتاً در این صورت سهم لیپیدهای قطبی و اسیدهای چرب غیراشباع (unsaturated fatty acids: UFA) موجود در ساختار آن‌ها از کل اسیدهای چرب موجود در سلول کاهش می‌یابد.

نتایج بررسی‌ها نیز نشان داده است تعداد سلول‌های چربی با اندازهٔ کوچک در بافت چربی بطنی گوساله‌های اختەنشده بیش‌تر از گوساله‌های اختەشده و تعداد سلول‌های بزرگ چربی در این بافت در گوساله‌های اختەشده بیش‌تر بود– که به معنی سهم بیش‌تر لیپیدهای قطبی در بافت چربی گوساله‌های اخته نشده است (Baik *et al.*, 2014). ترشح تستوسترون نیز افزایش نمو بافت عضلانی و از سوی دیگر ممانعت از تکثیر و رشد سلول‌های بافت چربی را به‌دنبال دارد (Sebo & Rodeheffer, 2021). بنابراین، کاهش میزان تولید تستوسترون در اثر اختەکردن دام می‌تواند مسئول حداقل بخشی از افزایش انباشت چربی درون سلول‌های بافت چربی و افزایش اندازهٔ آن‌ها در حیوانات اختەشده باشد. درهرحال، باید توجه داشت که شدت بروز این تغییرات و تبعات ناشی از آن‌ها بر ترکیب اسیدهای چرب تحت تأثیر عوامل ذاتی و محیطی متعددی قرار دارد. برای مثال و مشابه یافته‌های پژوهش حاضر، اختەکردن بزغاله‌های Boer با افزایش درصد SFA در عضلهٔ LT همراه بوده است (Solaiman *et al.*, 2011). از سوی دیگر، کاهش درصد SFA (به‌طورعمده به‌واسطهٔ کاهش درصد اسید اولئیک (C۱۸:۰)) و نسبت n۶:n۳ (Lee *et al.*, 2023) و افزایش نسبت UFA/SFA در عضلهٔ LT بزغاله‌های اختەشده (Erol & Ünal, 2022) گزارش‌شده است.

۴. نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل، اختەکردن بزغاله‌های مرخز علاوه بر کاهش عملکرد رشد، سبب افزایش محتوای چربی عضلات و در نتیجه کاهش شدت رنگ قرمز گوشت می‌شود که با کاهش بازدهٔ اقتصادی دورهٔ پروار و نیز کاهش بازارپسندی محصول همراه خواهد بود. بنابراین، در مدیریت پرورش نژاد مرخز، جز در موارد اصلاح الگوی رفتاری این نژاد، باید از اختەکردن دام خودداری شود.

۵. ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌هاست.

۶. مشارکت نویسندگان

رضا ناصری هرسینی، فرخ کفیل‌زاده: جمع‌آوری داده و تهیه گزارش پژوهش؛ مجتبی حقیقت: تحلیل داده‌ها.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی و نیز کارکنان ایستگاه دامپروری پردیس به‌خاطر همکاری در اجرای پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۹. منابع

ناصری هرسینی، رضا و کفیل‌زاده، فرخ. (۱۳۹۵). اثر اخته‌کردن بر عملکرد، برخی فراسنجه‌های پلاسما و ویژگی‌های لاشهٔ بزغاله‌های مرخز. *نشریهٔ پژوهش در نشخوارکنندگان*، ۴(۲)، ۱۷۱-۱۹۰.

References

AOAC. (1990). *Official Methods of Aanalysis*, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, DC, USA.

Baik, M., Jeong, J. Y., Thao Vu, T. T., Piao, M. Y., & Kang, H. J. (2014). Effects of castration on the adiposity and expression of lipid metabolism genes in various fat depots of Korean cattle. *Livestock Science*, 168, 168-176. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.08.013

Claffey, N. A., Fahey, A. G., Gkarane, V., Moloney, A. P., Monahan, F. J., & Diskin, M. G. (2018). Effect of breed and castration on production and carcass traits of male lambs following an intensive finishing period. *Translational Animal Science*, 2(4), 407-418. https://doi.org/10.1093/tas/txy070

Erol, H., & Ünal, N. (2022). Meat production traits of Angora goats. 2. Meat quality characteristics and fatty acid composition of meat from intact and castrated kids. *Animal Production Science*, 62(16), 1607-1617. https://doi.org/10.1071/an21062

Gravador, R. S., Moloney, A. P., Brunton, N. P., Gkarane, V., Allen, P., Fahey, A. G., Claffey, N. A., Diskin, M. G., Farmer, L. J., & Monahan, F. J. (2018). Effects of castration and slaughter age on the fatty acid composition of ovine muscle and adipose tissue from two breeds. *Small Ruminant Research*, 168, 94-100. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.018

Jankowiak, H., Cebulska, A., & Bocian, M. (2021). The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of Polish white breed pigs. *European Food Research and Technology*, 247, 2813-2820. https://doi.org/10.1007/s00217-021-03837-4

Lee, J., Kim, H. J., Lee, S. S., Kim, K. W., Kim, D. K., Lee, S. H., Lee, E. D., Choi, B. H., Barido, F. H., & Jang, A. (2023). Effects of diet and castration on fatty acid composition and volatile compounds in the meat of Korean native black goats. *Animal Bioscience*, 36(6), 962-972. https://doi.org/10.5713/ab.22.0378

Li, X., Shah Ali, M., Wang, Z. S., Hu, R., Li, G. Y., Yao, X. H., Wang, Y. Y., Liang, X. R., Zhang, Q. Q., Zou, H. W., Peng, Q. H., Xue, B., & Wang, L. Z. (2022). Effects of different castration degrees on growth performance, serum indexes and rumen fermentation of Junlian cattle. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 34(4), 2457-2466. https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-267x.2022.04.040

Li, Z., Shi, J., Lei, Y., Wu, J., Zhang, R., Zhang, X., Jia, L., Wang, Y., Ma, Y., He, P., Ma, Y., Cheng, Q., Zhang, Z., Zhang, K., & Lei, Z. (2022). Castration alters the cecal microbiota and inhibits growth in Holstein cattle. *Journal of Animal Science*, 100(12), skac367. https://doi.org/10.1093/jas/skac367

Medeiros, L. B., Almeida Alves, S. P., de Bessa, R. J. B., Barbosa Soares, J. K., Costa, C. N. M., Aquino, J. S., Guerra, G. C. B., Araujo, D. F., Toscano, L. T., Silva, A. S., Alves, A. F., Lemos, M. L. P., Araujo, W. J., Medeiros, A. N., Oliveira, C. J. B., & Queiroga, R. C. R. E. (2021). Ruminant fat intake improves gut microbiota, serum inflammatory parameter and fatty acid profile in tissues of Wistar rats. *Scientific Reports*, 11, 18963. https://doi.org/10.1038/s41598-021-98248-6

Mudalal, M. O., Bushara, I., Mekki, D. M., & Babiker, S. A. (2014). Effect of nutrition and castration on carcass measurements, wholesale cuts and carcass composition of male desert goats. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2(2), 97-101.

Nagamine, I., & Sunagawa, K. (2017). Effects of the castration on the growth, meat production and odors in male goats. *Animal Behaviour and Management*, 53(4), 137-150. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.11.008

Naseri Harsini, R., & Kafilzadeh, F. (2016). Effects of castration on performance, some plasma metabolites and carcass characteristics in Morkhoz goat kids. *Journal of Ruminant Research*, 4(2), 171-190. (In Persian).

Needham, T., Lambrechts, H., & Hoffman, L.C. (2017). Castration of male livestock and the potential of immunocastration to improve animal welfare and production traits: Invited Review. *South African Journal of Animal Science*, 47(6), 731-742. https://doi.org/10.4314/sajas.v47i6.1

Nie, D., Liu, S., Tang, W., Zhao, C., Zhang, Y., Li, Y., Liu, M., Ou, N., Shi, N., Yang, W., & Li, Y. (2024). Effects of castration and eucalyptus oil supplementation on growth performance, nutrient digestibility, and blood-immunity indicators of male Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 2850-2863. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23454

NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids*. National Academy Press, Washington, D.C.

Perna, M., & Hewlings, S. (2023). Saturated fatty acid chain length and risk of cardiovascular disease: A systematic review. *Nutrients*, 15(1), 30. https://doi.org/10.3390/nu15010030

Sebo, Z. L., & Rodeheffer, M. S. (2021). Testosterone metabolites differentially regulate obesogenesis and fat distribution. *Molecular Metabolism*, 44, 101141. https://doi.org/10.1016/j.molmet.2020.101141

Silva, L. H. P. (2018). *Effect of castration and maturity on body glucose sensitivity, carcass composition, meat quality traits and muscle proteome and phosphoproteome of Nellore male cattle*. Doctor scientiae tese, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Solaiman, S., Kerth, C., Willian, K., Min, B. R., Shoemaker, C., Jones, W., & Bransby, D. (2011). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of boer-cross wether and buck goats grazing marshall ryegrass. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 24(3), 351-357. https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10081

Torres-Geraldo, A., Sartori-Bueno, M., Lopes-Dias da Costa, R. L., Harada-Haguiwara, M. M., Regina-Cucatti, M., Gomes-da Silva, M., Issacowicz, J., Kocci-Sampaio, A. C., Eri-Yotsuyanagi, S., & Quirino, C. R. (2020). Effect of castration and vitamin E supplementation on carcass and meat quality of Santa Inês lambs. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 33(2), 96-109. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v33n2a02

van Wyk, G. L., Hoffman, L. C., Strydom, P. E., & Frylinck, L. (2020). Effect of breed types and castration on carcass characteristics of boer and large frame indigenous Veld goats of southern Africa. *Animals*, 10(10), 1884. https://doi.org/10.3390/ani10101884

Wang, J., Yang, P., Han, D., Huang, F., Li, X., Song, Y., Wang, H., Liu, J., Zheng, J., & Zhang, C. (2022). Role of intramuscular connective tissue in water holding capacity of porcine muscles. *Foods*, 11(23), 3835. https://doi.org/10.3390/foods11233835

Werdi Pratiwi, N. M., Murray, P. J., & Taylor, D. G. (2004). Meat quality of entire and castrated male Boer goats raised under Australian conditions and slaughtered at different weights: physical characteristics, shear force values and eating quality. *Animal Science*,79, 213-219. https://doi.org/10.1017/S135772980009007X

Yao, H., Li, D., Cao, X., Han, X., He, J., Cheng, D., Shang, J., Song, T., & Zeng, X. (2024). Castration reshapes the liver by altering fatty acid composition and metabolism in male mice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 727, 150319. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2024.150319