مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# اثر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیراشباع در جیره بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری

**محمدتقی حیدریان[۱]، اشکان جبلی جوان*[۲]، علی مهدوی[۳]، محمدکاظم حیدریان[٤] ایمان خانبانی[٥]**

۱- پژوهشگر پسادکتری، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان ایران.

۲- دانشیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

٤- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

٥- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، ایران.

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸**

**تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱**

**کلمات کلیدی:**

اسید چرب غیر اشباع،
کیفیت گوشت،
بره نر سنگسری،
خصوصیات کیفی،
جیره غذایی

DOI:10.22034/FSCT.22.163.202.

* مسئول مکاتبات:

jebellija@semnan.ac.ir

## چکیده

یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود راندمان تولید در دام‌های نر پرواری، استفاده از مواد افزودنی تغذیه‌ای است چراکه انرژی جیره غذایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده در تغذیه دام‌ها شناخته شده و نقشی اساسی در هضم و بهره‌وری سایر مواد مغذی ایفا می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع (امگا ۳، ٦ و ۹) بر ویژگی‌های کیفی گوشت بره‌های نر سنگسری انجام شد. در این پژوهش، ۲۸ رأس بره به چهار گروه تغذیه‌ای با سطوح مختلف اسیدهای چرب تقسیم شدند و به مدت ۷۵ روز جیره‌های مربوطه دریافت کردند. کیفیت گوشت با استفاده از شاخص‌هایی نظیر رنگ (L*, a*, b*)، اکسیداسیون لیپیدها (MDA)، سختی، افت پخت، و ظرفیت نگهداری آب ارزیابی شد. نتایج نشان داد افزودن امگا ۳ منجر به کاهش شفافیت و افزایش زردی گوشت شد، در حالی که سختی بافت کاهش و نرمی آن بهبود یافت ($P<0.05$). هرچند غلظت MDA افزایش یافت، این مقادیر همچنان در محدوده قابل قبول باقی ماند. همچنین، مکمل‌های اسید چرب غیر اشباع افت پخت را کاهش و ظرفیت نگهداری آب را بهبود بخشیدند که نشان‌دهنده پایداری بالاتر گوشت در طول نگهداری است. به طور کلی، افزودن این مکمل‌ها به جیره غذایی بره‌ها می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود کیفیت و ماندگاری گوشت مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، اثرات آن وابسته به نوع و مقدار اسید چرب مصرفی است.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

## ۱-مقدمه

مهدی‌شهر، معروف به سنگسر، در شمال غربی استان سمنان و در فاصله ۲۰ کیلومتری شهر سمنان قرار دارد [۱]. این منطقه که در گذشته با سبک زندگی عشایری شناخته می‌شد، اکنون عمدتاً شهرنشین شده است. دامپروری، به‌ویژه فراوری شیر گوسفند، از ارکان اصلی زندگی عشایر سنگسری بوده و سابقه‌ای چند هزار ساله دارد. عشایر این منطقه با مهارت بالا بیش از ۳۰ نوع لبنیات منحصربه‌فرد مانند ماست، دوغ، آرشه، پنیر، لور، چیکو، کشک و وارعون و ... تولید می‌کنند [۲]. گوسفند نژاد سنگسری از نژادهای بومی و مقاوم ایران است که در منطقه سنگسر؛ به شکل کوچ رو، نیمه کوچرو و روستایی پرورش داده می‌شود. این نژاد جز نژادهای کوچک جثه تا متوسط و رنگین است که به رنگ‌های سیاه، سفید، بور و قهوه ای روشن تا تیره دیده می‌شود. گوسفندان نژاد سنگسری دارای جثه کوچک و قلم دست و پای ظریف، دنبه کوتاه و دنبالچه کوچک و کمانی شکل و فاقد شاخ هستند. به‌علاوه، گوسفندان سنگسری به دلیل کیفیت پرواری بی‌نظیر خود مشهورند و تقریباً ۶۰ درصد وزن آنها قبل از ذبح به گوشت اختصاص دارد. گوشت گوسفند سنگسری به دلیل چربی متعادل و بافت نرم، طعمی لذیذ و خوشمزه دارد. این گوشت با توجه به بازدهی بالای پرواری و ترکیب مناسب عضلات و چربی، از کیفیت بالایی برخوردار است. علاوه بر طعم بی‌نظیر، گوشت این نژاد به‌عنوان محصولی با خواص تغذیه‌ای مطلوب در بازارهای داخلی و خارجی شناخته شده است [۳].

یکی از راهکارهای مؤثر برای بهبود راندمان تولید در دام‌های نر پرواری، استفاده از مواد افزودنی تغذیه‌ای است چراکه انرژی جیره غذایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی محدودکننده در تغذیه دام‌ها شناخته شده و نقشی اساسی در هضم و بهره‌وری سایر مواد مغذی ایفا می‌کند. ازاین‌رو، رویکردهای متنوع تغذیه‌ای با هدف افزایش غلظت انرژی جیره مورد استفاده قرار می‌گیرند [٤]. استفاده از چربی‌های فراوری‌نشده در جیره دام می‌تواند مشکلاتی از جمله بازدارندگی اسیدهای چرب بلند زنجیر غیر اشباع بر فعالیت میکروب‌های شکمبه ایجاد کند. افزایش غیر اشباعیت چربی‌ها، اگرچه قابلیت هضم را افزایش می‌دهد، اما ممکن است تخمیر شکمبه را مختل کند و موجب کاهش مصرف ماده خشک، چربی شیر و هضم فیبر شود. علاوه بر این میکروارگانیسم‌های شکمبه، اسیدهای چرب غیر اشباع را هیدروژنه می‌کنند، اما اشباع‌سازی کامل آنها می‌تواند فرایند تخمیر را مختل نماید [۵].

بر اساس مطالعات صورت گرفته در این زمینه به منظور کاهش اثرات منفی چربی‌ها، می توان از چربی‌های محافظت‌شده استفاده نمود. این چربی‌ها شامل انواعی مانند چربی‌های محافظت‌شده با فرمالدئید، چربی‌های کریستاله، اسیدهای چرب آمیدی، چربی‌های هیدروژنه و نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر[1] CSFA هستند. تحقیقات نشان داده‌اند که افزودن چربی‌های محافظت‌شده به جیره گاوهای شیرده منجر به افزایش تولید شیر بدون کاهش چربی آن می‌شود [٦]. به طور کلی، مکمل‌های اسیدهای چرب نه‌تنها موجب افزایش انرژی جیره می‌شوند، بلکه با بهبود جذب ویتامین‌های محلول در چربی، به عنوان مکملی مؤثر در تغذیه دام و طیور عمل کرده و ضمن بهبود راندمان تولید، باعث کاهش چربی لاشه و افزایش اسیدهای چرب ضروری گوشت می‌شوند [٤].

در میان چربی‌های محافظت‌شده، CSFA به دلیل پایداری بیشتر در شکمبه و حفظ قابلیت هضم مواد مغذی اهمیت ویژه‌ای دارند [۷, ۸]. این نمک‌ها با فراوری روغن‌هایی مانند سویا، ماهی، کتان یا پالم تولید می‌شوند، که طی آن تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها با ترکیبات کلسیمی به نمک‌های کلسیمی اسید چرب تبدیل می‌گردند. این ترکیبات با افزایش نقطه ذوب اسیدهای چرب غیر اشباع و مقاومت در pH

1. Calcium salts of long-chain fatty acids



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

بالای ٦/٥، از تخمیر شکمبه‌ای محافظت کرده و تأثیرات منفی بر متابولیسم میکروبی را کاهش می‌دهند [٥].

نمک‌های کلسیمی با عبور از شکمبه به‌صورت صابونی و دست‌نخورده، در قسمت‌های بعدی گوارش پیوند کلسیم و اسید چرب را شکسته و هر دو مؤلفه جداگانه جذب می‌شوند. این نمک‌ها شامل اسیدهای چرب اشباع مانند پالمیتیک و استئاریک و غیر اشباع مانند اولئیک، لینولئیک و لینولنیک هستند. نقطه ذوب حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد آن‌ها امکان حل شدن و جذب مؤثر در مایعات گوارشی را فراهم کرده و با کاهش اتلاف انرژی از طریق مدفوع و جذب کاتیون‌ها، کارایی تغذیه را بهبود می‌بخشند [٥].

بر اساس گزارش آلبا و همکاران (۲۰۲۱)، افزودن CSFA به جیره نشخوارکنندگان می‌تواند تعادل انرژی و عملکرد تولیدی دام را بهبود بخشد. این مکمل‌سازی باعث افزایش نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع در گوشت شده که از نظر تغذیه‌ای برای انسان سالم‌تر از اسیدهای چرب اشباع محسوب می‌شود. این تغییرات به دلیل محافظت جزئی اسیدهای چرب غیر اشباع از فرایند بیوهیدروژناسیون در شکمبه رخ می‌دهد [۹]. همچنین، تحقیقات نشان داده‌اند که CSFAمی‌تواند نرمی، آبدار بودن و رنگ گوشت را بهبود بخشد، اگرچه مکانیسم دقیق این تأثیرات هنوز به طور کامل مشخص نشده است [۱۰]. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که تعامل CSFA با اجزای دیگر جیره، مانند علوفه‌ها، می‌تواند اثرات مثبتی بر قابلیت هضم مواد مغذی و کیفیت گوشت داشته باشد. به عنوان مثال، هی و همکاران ۲۰۱۸ گزارش کردند که استفاده همزمان از CSFA و یونجه می‌تواند تخمیر شکمبه و ویژگی‌های کیفی گوشت گاوهای گوشتی را بهبود دهد. در مجموع، شواهد حاکی از آن است که استفاده هدفمند از CSFA در جیره غذایی نشخوارکنندگان پتانسیل بهبود ارزش تغذیه‌ای و کیفیت حسی گوشت را دارد، اما برای شناسایی دقیق مکانیسم‌ها و بهینه‌سازی کاربرد این رویکرد، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است [۱۱].

بر اساس مطالعه داغ‌کیا و همکاران (۲۰۱۵)، استفاده از نمک‌های کلسیمی منابع اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-٦ در میش‌ها منجر به افزایش تعداد بره‌های متولد شده شد. این افزایش با غلظت بالاتر استروژن در مراحل استروس و قبل از استروس در فاز فولیکولی مرتبط است، که به نوبه خود باعث تحریک ترشح گنادوتروپین‌ها از طریق فیدبک مثبت می‌شود [۱۲]. در پژوهش دیگری، محتشمی و همکاران (١٤٠٠) تأثیر اسیدهای چرب زیست‌فعال را بر عملکرد رشد گوساله‌های شیرخوار هلشتاین تحت تنش سرمایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن نمک کلسیمی روغن ماهی در این شرایط می‌تواند نقش مؤثری در بهبود سلامت دام و تضمین رشد مطلوب ایفا کند [٤]. علاوه بر این، محققان دیگری افزایش ۲ تا ۱۰ درصدی تولید شیر را در گاوهای تغذیه‌شده با مکمل چربی در مقایسه با گاوهایی که از جیره بدون مکمل چربی استفاده کرده‌اند، گزارش کردند [۱۳]. همچنین، گنج‌خانلو و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر افزودن انواع مختلف منابع چربی مانند پنبه‌دانه، پیه حیوانی، نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب بلند زنجیر، روغن‌های پسماند حاصل از رستوران‌ها و چربی‌های محافظت‌شده به شکل قرص‌شده[2] را در طول دوره شیردهی بررسی کردند. در اکثر موارد، این منابع اثر مثبتی بر افزایش تولید شیر داشتند [١٤]. با توجه به اینکه مطالعات پیشین عمدتاً تأثیر مکمل‌های اسیدهای چرب را بر پارامترهای وزنی و بازده لاشه ارزیابی کرده‌اند و کیفیت گوشت استحصالی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، و همچنین تاکنون تحقیقی در این زمینه بر روی بره‌های نژاد سنگسری انجام نشده است، این پژوهش به ارزیابی اثر افزودن نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب غیر اشباع در جیره غذایی بر کیفیت گوشت بره‌های نر سنگسری می‌پردازد.

2 . Prilled fat



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

## ۲ – مواد و روش

### ۲-۱- مواد

نمکهای کلسیمی اسیدهای چرب با خلوص بالا وارداتی با برند LADOR از شرکت اعلا روغن سپاهان تهیه شد و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان می باشد.

### ۲-۲- روش پژوهش

در این تحقیق، از ۳۲ رأس بره نر نژاد سنگسری با سن چهار تا پنج ماه و میانگین وزن ۱٦/۵ کیلوگرم، در ایستگاه پرورش دام دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان استفاده شد. بره‌ها به‌طور تصادفی در جایگاه‌های انفرادی قرار گرفتند و به آب و خوراک به‌صورت آزاد دسترسی داشتند. پس از اتمام دوره ۱٤ روزه عادت‌دهی، بره‌ها به‌طور تصادفی مطابق جدول ۱ و رعایت اصل رفاه حیوانات با کد اخلاق شماره۱۵٦۵۲٤۹٦ با یکی از جیره‌های آزمایشی به مدت ۸٤ روز تغذیه شدند. خوراک به‌صورت کامل مخلوط و در حد اشتها در دو نوبت، ساعت ۷:۰۰ و ۱۷:۰۰ در اختیار بره‌ها قرار داده شد. مقدار انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام در جیره‌ها یکسان بود. در پایان دوره پرواربندی، دام‌ها ذبح شدند و تفکیک لاشه انجام شد. علاوه بر اندازه‌گیری سطح مقطع راسته و ضخامت چربی پشتی، وزن قطعات مختلف لاشه و احشاء نیز ثبت گردید [۱۵].

**Table 1.** Feed ingredients and chemical composition of experimental diets (percentage of dry matter).

| | Rations | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ingredients (by dry matter) | Control | Omega 3 (g) | Omega 6 (g) | Omega 9 (g) |
| Alfalfa | 14.60 | 16.20 | 16.20 | 16.20 |
| Corn silage | 15.40 | 18.00 | 18.00 | 18.00 |
| Barley | 41.26 | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| Corn | 11.04 | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| Rapeseed meal | 3.06 | 3.80 | 3.80 | 3.80 |
| Soybean meal | 3.72 | 3.95 | 3.95 | 3.95 |
| Wheat bran | 7.64 | 7.50 | 7.50 | 7.50 |
| Fatty acid calcium salts | 0 | 2 | 2 | 2 |
| Calcium carbonate | 1.10 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| Vitamin-mineral supplement* | 0.84 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| Sodium bicarbonate | 0.84 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| Salt | 0.51 | 0.71 | 0.71 | 0.71 |
| Dicalcium phosphate | 0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Metabolizable energy (Mcal/kg) | 2.68 | 2.68 | 2.68 | 2.68 |
| Dry matter (percent) | 69.92 | 69.92 | 69.92 | 69.92 |
| Crude protein | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 14.00 |
| Cell wall (percent dry matter) | 28.90 | 31.70 | 31.70 | 31.70 |
| Neutral detergent fiber(NDF) (percent dry matter) | 41.30 | 42.33 | 42.33 | 42.33 |
| Calcium (percent dry matter) | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| Phosphorus (percent dry matter) | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |

* A kilogram of vitamin supplement contained 600,000 international units of vitamin A, 200,000 international units of vitamin D, 200 mg of vitamin E, 2,500 mg of antioxidants, 195 g of calcium, 80 g of phosphorus, 21,000 mg of magnesium, 2,200 mg of manganese, 3,000 mg of iron, 300 mg of copper, 300 mg of zinc, 100 mg of cobalt, 120 mg of iodine, and 1.1 mg of selenium.

### ۲-۲- افت ناشی از پخت[3] (CL)

3 . Cooking losses



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

به منظور اندازه گیری افت ناشی از پخت، نمونه‌های کدگذاری‌شده توزین شدند و سپس در دمای ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد در آون روی توری چرب‌شده قرار گرفتند. جهت ثبت دمای مرکزی نمونه‌ها در حین پخت، از ترمومتر پروب‌دار دیجیتال استفاده شد؛ به‌این‌ترتیب که پروب در مرکز نمونه جای‌گذاری گردید و فرایند پخت تا زمانی ادامه یافت که دمای مرکز به ۷۷ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از خارج‌سازی نمونه‌ها از آون، تا رسیدن به دمای محیط در معرض هوای سرد قرار داده شدند و سپس مجدداً توزین شدند. درصد افت پخت هر نمونه با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد [۱۵].

$$Cl = \frac{w1 - w2}{w1}$$

(CL: افت ناشی از پخت، $W_1$: وزن نمونه قبل از پخت، $W_2$: وزن نمونه بعد از پخت)

### ۲-۳- رنگ سنجی

پس از کشتار دام ها، به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ گوشت بر اساس شاخص های L* (روشنایی)، a* (قرمزی) و b* (زردی)، ماهیچه راسته (واقع بین دنده‌های ٦ و ۱۰) به دلیل تجمع اسیدهای چرب و کیفیت مطلوب تارهای عضلانی، که آن را به گزینه مناسبی برای رنگ‌سنجی تبدیل می‌کرد، انتخاب و تشریح شد . شاخص روشنایی L* از سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، شاخص قرمزی a* از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت)، و شاخص زردی b* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) متغیر هستند. ارزیابی کیفیت رنگ با استفاده از دستگاه هانترلب و به‌صورت سه‌بار تکرار برای هر نمونه، ۲٤ ساعت پس از کشتار انجام شد. پیش از رنگ‌سنجی، کالیبراسیون دستگاه با استفاده از صفحه سفید استاندارد، که بر اساس دستورالعمل گروه بین‌المللی شاخص‌های شاخص های L*، a* و b* تنظیم شده بود، صورت گرفت [۱۵].

### ۲-٤- تعیین میزان اکسیداسیون لیپید[4] (TBARS)

در زمان‌های تعیین‌شده، چربی نمونه‌های گوشت استخراج شد و مقاومت گوشت به اکسیداسیون با اندازه‌گیری عدد TBARSبر اساس روش نام و آهن (۲۰۰۳) محاسبه گردید. به منظور تعیین تیوباربیتوریک اسید، ۵ گرم از نمونه با ۳۱ میلی‌لیتر محلول استخراج شامل ٤ درصد پرکلریک اسید و ۱ میلی‌لیتر بوتیله هیدروکسی آنیزول (با غلظت ۱ گرم بر لیتر) که در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود، به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه هموژن شد. مخلوط به‌دست‌آمده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و حجم محلول فیلترشده با افزودن اسید پرکلریک ٤ درصد به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از این محلول با ۵ میلی‌لیتر محلول TBA با غلظت ۰/۰۲ مول بر لیتر مخلوط شد، ورتکس گردید و به مدت ٦۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا کمپلکس مالون‌آلدهید تشکیل شود. میزان جذب نوری (As) محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد و بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید. عدد TBARS به‌صورت میلی‌گرم مالون‌آلدهید بر کیلوگرم نمونه گزارش شد [۱٦].

$$TBA=\frac{As-Ab\times 50}{500}$$

### ۲-۵- بررسی پروفایل بافت[5] TPA

به منظور بررسی پروفایل بافتی نمونه های گوشت، ابتدا نمونه های گوشت ماهیچه راسته در ابعاد (۱/۹ × ۱/۸ × ۰/۸سانتی‌متر) برش داده شدند و در مرکز صفحه TPA برای تست فشرده‌سازی دو چرخه قرار گرفتند. آزمون تحلیل پروفایل بافت نمونه گوشت با استفاده از دستگاه بافت سنج با لودسل ۵۰۰ نیوتن در دمای محیط، تحت شرایط دو بار

4 . Thiobarbituric acid reactive substances

5 . Texture Profile Analyzer



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

فشردن با سرعت پیش آزمون و پس آزمون ۵ میلی متر بر ثانیه و سرعت خروج ۱ میلی متر بر ثانیه، درصد تغییرات ۵۰ درصد و نیروی بار گذاری اولیه ۱۰ گرم انجام شد. در این آزمون نمونه تحت تنش محوری ۵۰ درصد قرار گرفته تا از تخریب نمونه های گوشت طی آزمون جلوگیری شود [۱۵].

### ۲-۶- اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب[6] WHC

ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها بر اساس روش هیمونیدس و همکاران (۱۹۹۹) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا ۵ گرم از نمونه با دقت توزین شد. سپس، نمونه داخل دو کاغذ صافی پیچیده و درون فالکون قرار گرفت. فالکون در سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت۳۶۰۰ g و در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از پایان سانتریفیوژ، نمونه از کاغذ صافی خارج و وزن کاغذ و نمونه به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. ظرفیت نگهداری آب نمونه نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۱۷].

$$WHC\ g/kg = [\ (\ 1 - Mw\ /Ms\ )1000\ ]$$

Ms= وزن ابتدایی نمونه به گرم

Mw= وزن آب خارج شده از نمونه به گرم پس از سانتریفیوژ کردن

### ۲-۷- آنالیز آماری

تمامی آزمایش ها حداقل در سه تکرار با استفاده از طرح فاکتوریل کاملا تصادفی انجام شد. داده ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای متغیرهای معنی دار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی داده ها با SPSS نسخه ۲۹ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) تجزیه و تحلیل شدند و نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شد. نمودارها با Excel 2016 ترسیم شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱ - ارزیابی رنگ

ویژگی‌های رنگی نقش مهمی در تعیین ظاهر کلی مواد غذایی و تأثیرگذاری بر پذیرش مصرف‌کننده دارند. با توجه به جدول ۲ مشاهده شد که بیشترین و کمترین میزان شفافیت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P<0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شفافیت در گروه امگا ٦ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری شفافیت بالاتری داشتند ($P<0.05$). همچنین تفاوت معناداری در میزان شفافیت در مدت روزهای نگهداری ۰ و۳ و ۷ مشاهده نگردید ($P<0.05$).

همانطور که در جدول ۲ نمایان است بیشترین و کمترین شاخص a* به ترتیب مربوط به روز هفتم گروه کنترل و روز هفتم امگا ۳ است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P<0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شاخص a* در گروه امگا ٦ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد در روزهای مختلف نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری قرمزی بالاتری داشتند ($P<0.05$).

با توجه به جدول ۲ مشاهده شد که بیشترین و کمترین شاخص b* به ترتیب مربوط به روز هفتم امگا ۳ و روز شروع آزمایش گروه کنترل است که این اختلاف بین این دو گروه معنادار است ($P<0.05$). همچنین لازم به ذکر است که میزان شاخص b* در گروه امگا ٦ و امگا ۹ اختلاف معناداری با گروه شاهد در روزهای مختلف نداشته است اما این دو گروه نسبت به گروه امگا ۳ به شکل معناداری زردی بالاتری داشتند ($P<0.05$). در روز شروع آزمایش میزان زردی گوشت در گروه امگا ۳ به شکل معناداری نسبت به گروه کنترل و دو گروه امگا ٦ و امگا ۹ بیشتر بود ($P<0.05$).

6 . Water holding capacity



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

لازم به ذکر است که با افزایش میزان اسید چرب غیر اشباع میزان زردی گوشت روند کاهشی داشته است.

در مطالعه حاضر مشخص شد که گروه کنترل در تمامی روزها بالاترین میزان شفافیت و رنگ قرمز را داشت، در حالی که گروه امگا ۳ به طور مداوم کمترین شفافیت و بیشترین زردی را نشان داد. همچنین، افزایش تعداد اسیدهای چرب بر شفافیت و رنگ گوشت تأثیر داشت. رنگ خصوصیت بصری از گوشت و لاشه می‌باشد که به عنوان اولین معیار تأثیرگذار در انتخاب و ارزیابی گوشت و لاشه شناخته می‌شود [۱۸]. به طورکلی سه منبع اصلی ایجاد تفاوت رنگ در گوشت وجود دارد که عبارت از مورفولوژی میوگلوبین ماهیچه‌ها، نسبت پیگمانت‌های رنگی در ماهیچه و متابولیسم گلوکز موجود در ماهیچه پس از مرگ می‌باشند. به نظر می‌رسد که این عوامل گرایش به قرمزی و زردی گوشت را تحت تأثیر قرار نداده‌اند. روشنایی شاخصی است که انعکاس نور را مشخص نموده و می‌تواند تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب لاشه نیز قرار گیرد [۱۹]. تفاوت در ترکیب اسیدهای چرب می‌تواند رنگ را به دلیل اینکه اسیدهای چرب غیراشباع در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع کمتر نور را منعکس می کنند تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر اکسیداسیون اسیدهای چرب نیز می‌تواند علاوه بر کاهش پایداری گوشت، موجب تغییر در رنگ شده و با کاهش قرمزی گوشت از کیفیت رنگ آن بکاهد. به نظر می‌رسد درجه روشنی گوشت ($L^*$) به دلیل رسوب بیشتر چربی در بافت ماهیچه تحت تأثیر قرارگرفته باشد [۲۰]. افزایش زردی می‌تواند نتیجه محتوای رنگدانه زرد بالاتر باشد که با محتوای چربی بالاتر تایید شد [۲۱].

**Table 2.** Results of evaluation of optical parameters of meat during the study.

| Day | Indicators | Sample: Control | Omega 3 | Omega 6 | Omega 9 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $b^*$ | 13.96± 0.61$^{d}$ | 15.26± 0.57$^{bcd}$ | 14.26± 0.40$^{d}$ | 14.20± 0.40$^{d}$ |
| | $a^*$ | 13.43± 0.45$^{ab}$ | 13.73± 0.42$^{bcd}$ | 14.46± 0.47$^{bc}$ | 14.62± 0.25$^{ab}$ |
| | $L^*$ | 32.40± 0.47$^{a}$ | 30.26± 0.45$^{bc}$ | 31.61± 0.51$^{ab}$ | 31.64± 0.70$^{ab}$ |
| 3 | $b^*$ | 14.73± 0.40$^{bcd}$ | 16.03± 0.21$^{ab}$ | 15.20± 0.46$^{cd}$ | 14.40± 0.44$^{bcd}$ |
| | $a^*$ | 15.20± 0.36$^{a}$ | 12.56± 0.50$^{cde}$ | 14.23± 0.45$^{ab}$ | 14.33± 0.45$^{ab}$ |
| | $L^*$ | 31.63± 0.50$^{ab}$ | 29.70± 0.56$^{cd}$ | 30.83± 0.50$^{bc}$ | 31.53± 0.31$^{ab}$ |
| 7 | $b^*$ | 15.66± 0.55$^{abc}$ | 16.83± 0.40$^{a}$ | 15.73± 0.57$^{abc}$ | 15.26± 0.50$^{bcd}$ |
| | $a^*$ | 15.43± 0.57$^{a}$ | 11.37± 0.45$^{e}$ | 12.43± 0.26$^{de}$ | 15.43± 0.32$^{e}$ |
| | $L^*$ | 31.40± 0.36$^{ab}$ | 28.66± 0.78$^{d}$ | 30.46± 0.60$^{bc}$ | 30.90± 0.26$^{abc}$ |

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

**۳-۲- مقاومت اکسایشی**

نتایج مطالعه نشان داد که در روز شروع آزمایش، اختلاف معنی‌داری میان گروه‌های تیمار شده و گروه کنترل مشاهده نشد. با این حال، با افزایش زمان نگهداری از روز شروع آزمایش به سه روز، غلظت مالون دی‌آلدهید در گروه‌های تیمار شده به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با گروه کنترل افزایش یافت. در این میان، تنها گروه تیمارشده با امگا ۳ افزایش معنی‌داری از نظر آماری نسبت به گروه کنترل نشان داد، در حالی که تغییرات مشاهده‌شده در گروه‌های تیمارشده با امگا ٦ و امگا ۹ در مقایسه با گروه کنترل از نظر آماری معنی‌دار نبود. بر اساس نظر اوزپینار و همکاران ۲۰۰۳، افزایش غلظت مالون دی آلدهید نشان‌دهنده کاهش پایداری اکسیداتیو گوشت است [۲۲].

مطابق داده‌های ارائه‌شده در جدول ۳، در روز هفتم نگهداری، کمترین و بیشترین غلظت مالون دی‌آلدهید به ترتیب در گروه کنترل و گروه تیمارشده با امگا ۳ مشاهده شد. علاوه بر این، در همین روز، گروه‌های امگا ۳ و امگا ٦ افزایش معنی‌داری را در غلظت مالون دی‌آلدهید نسبت به گروه کنترل نشان دادند، در حالی که گروه امگا ۹ تغییری از نظر آماری در مقایسه با گروه شاهد نداشت. تغییرات معنی



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

دار غلظت مالون دی آلدهید بین گروه های تیمار شده را می توان به تفاوت محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع نسبت داد؛ چراکه اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره[۷] (PUFA)، نسبت به اسیدهای چرب اشباع بیشتر مستعد اکسیداسیون هستند [۲۳].

به طور کلی در تمام گروه‌ها با گذشت زمان غلظت مالون دی آلدئید به شکل معناداری افزایش یافت که افزایش این پارامتر را می توان با افزایش اکسیداسیون لیپیدها مرتبط دانست. در میان تمامی نمونه‌ها، بالاترین غلظت مالون دی‌آلدهید در روز هفتم مربوط به نمونه تیمارشده با امگا ۳ بود. با این حال، این مقدار همچنان پایین‌تر از حد استاندارد تعیین‌شده قرار داشت [۲٤]. به طور مشابه اوزپینار و همکاران ۲۰۰۳، افزایش غلظت مالون دی آلدهید را پس افزودن مکمل روغن ماهی به جیره غذایی جوجه های گوشتی گزارش کردند [۲۲]. در مقابل بیالک و همکاران ۲۰۲۱ گزارش کردند که افزودن مکمل اسیدهای چرب امگا ۳ به جیره بره ها سبب کاهش غلظت مالون دی آلدهید می گردد این محققین دلیل این امر را بهبود نشانگرهای استرس اکسیداتیو بیان کردند [۲۵].

**Table 3.** Results of assessment of malondialdehyde concentration during the study.

| | Day 0 | Day 3 | Day 7 |
|---|---|---|---|
| Control | 0.403± 0.040$^{f}$ | 0.700± 0.015$^{e}$ | 0.890± 0.020$^{c}$ |
| Omega 3 | 0.403± 0.015$^{f}$ | 0.810± 0.026$^{cd}$ | 1.210± 0.030$^{a}$ |
| Omega 6 | 0.406± 0.020$^{f}$ | 0.780± 0.035$^{de}$ | 1.040± 0.031$^{b}$ |
| Omega 9 | 0.380± 0.040$^{f}$ | 0.740± 0.040$^{de}$ | 0.890± 0.046$^{c}$ |

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

**۳-۳- ارزیابی بافت گوشت**

در بین پارامترهای بافتی، سختی به منظور توصیف ویژگی‌های فیزیکی گوشت استفاده می‌شود. بر اساس نمودار ۱ بیشترین سختی گوشت در گروه کنترل در روز شروع آزمایش مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان سختی به گروه حاوی امگا ۳ در روز هفتم اختصاص داشت. این الگو در تمام روزهای اندازه‌گیری (روزهای ۰، ۳ و ۷) ثابت ماند که این امر بیانگر پایداری اثر مکمل‌ها در کاهش سختی گوشت است. نتایج نشان داد که تمامی گروه‌های تیمار، در مقایسه با نمونه کنترل، کاهش معناداری در میزان سختی گوشت را نشان دادند. این کاهش را می‌توان به واکنش ترکیبات ناشی از اکسیداسیون لیپیدها با پروتئین‌ها و تغییرات در پیوندهای عرضی نسبت داد که به دنبال آن عملکرد پروتئین‌ها به دلیل دناتوراسیون کاهش می‌یابد. مطالعات متعددی نیز ارتباط مثبتی میان سختی و ویژگی‌های حسی بافتی گوشت و محصولات گوشتی گزارش کرده‌اند [۲٦-۲۸].

از سوی دیگر، در تمامی گروه‌ها، با افزایش مدت زمان نگهداری، کاهش قابل‌توجهی در سختی گوشت مشاهده شد. این کاهش احتمالاً به افزایش فرایند اکسیداسیون در طول دوره نگهداری مرتبط است، که می‌تواند بر ساختار پروتئین‌ها و ویژگی‌های بافتی گوشت تأثیر بگذارد [۲۰].

از طرف دیگر در بین گروهای تیمار، کمترین میزان سختی مربوط به گروه امگا-۳، و پس از آن به ترتیب گروه‌های امگا ٦ و امگا ۹ بالاترین میزان سختی را دارا بودند. کاهش سختی در گروه امگا ۳ را می‌توان با افزایش سیالیت چربی مرتبط دانست. به گفته انسر و وود (۲۰۱۷)، افزودن اسیدهای چرب امگا ۳، به‌ویژه ALA، EPA و DHA، منجر به افزایش محتوای اسیدهای چرب چند غیراشباع در گوشت می‌شود که این ویژگی می‌تواند با افزایش سیالیت چربی، منجر به کاهش سختی گوشت شود. از سوی دیگر افزودن بیش از

7 . Polyunsaturated fatty acid



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

حد اسیدهای چرب امگا ۳ منجر به اکسیداسیون چربی می شود که بر طعم و رنگ تأثیر منفی می‌گذارد و می‌تواند مزایای بهبود نرمی را خنثی کند [۲۰].

افزایش سختی گروه های تیمار امگا ٦، را می توان به وجود و مصرف سطح بالای امگا ٦ در جیره دام بدون امگا ٦ کافی نسبت داد. بر اساس نظر آلاگاوانی ۲۰۲۱، مصرف متعادل امگا ٦ در کنار امگا ۳ بسیار مهم است [۲۹]. به طور مشابه هردمن و همکاران ۲۰۱۰ گزارش کردند که اسیدهای چرب امگا-٦، اگرچه ضروری هستند، اما در صورت مصرف بیش از حد می‌توانند منجر به افزایش سختی شوند، زیرا ممکن است رسوب چربی اشباع در عضله را تقویت کنند [۳۰].

از سوی دیگر گروه دریافت‌کننده اسید چرب امگا ۹ از سختی بیشتری نسبت به گروه‌های دریافت‌کننده امگا ٦ و امگا ۳ برخوردار است. این تفاوت را می توان با ویژگی‌های ساختاری اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ٦، که غیراشباع و دارای چندین پیوند دوگانه هستند، مرتبط دانست [۳۱]. چرا که وجود این پیوندهای دوگانه موجب ایجاد پیچیدگی در ساختار مولکولی این اسیدها می‌شود و در نتیجه، منجر به تولید چربی‌های مایع‌تری می‌گردد که می‌تواند به افزایش حساسیت بافت عضلانی کمک کند. در مقابل، پیوند دوگانه موجود در امگا ۹ ساختاری پایدارتر ایجاد می‌کند که به استحکام بیشتر بافت‌ها کمک می‌نماید [۳۲].

بر اساس مطالعات صورت گرفته مصرف اسیدهای چرب امگا ۳، امگا ٦ و امگا ۹ در رژیم غذایی تأثیر قابل‌توجهی بر سختی و کیفیت کلی گوشت دارد. تعادل میان این اسیدهای چرب نه تنها بر پروفایل تغذیه‌ای گوشت، بلکه بر ویژگی‌های فیزیکی آن، از جمله نرمی و سفتی بافت نیز اثرگذار است [۳۰, ۳۳].

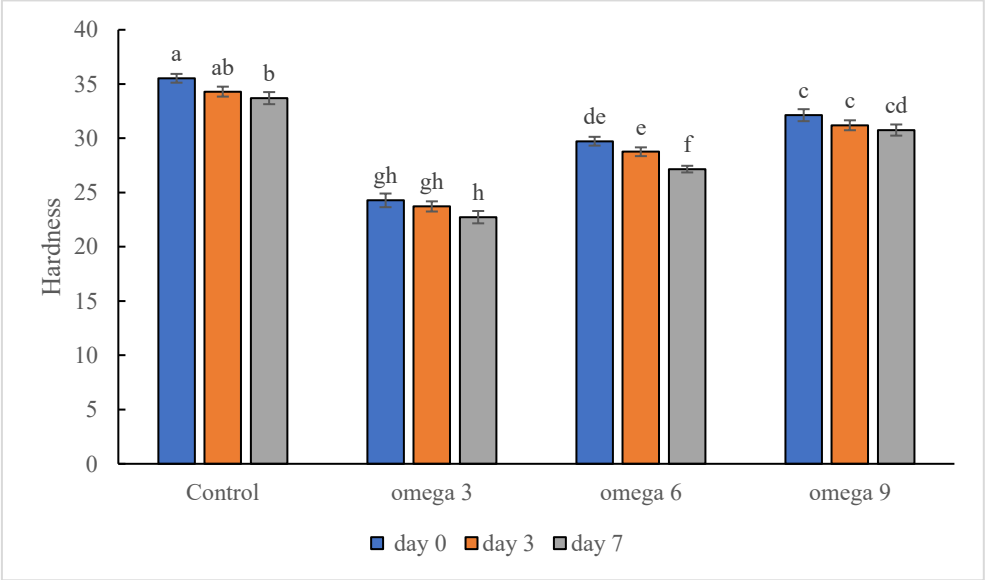


**Fig 1.** Results of meat hardness assessment during the study.

### ۳-٤- ظرفیت نگهداری آب

در روز شروع آزمایش، بیشترین WHC در گروه امگا ٦ مشاهده شد، در حالی که کمترین مقدار به گروه کنترل اختصاص داشت. با این حال، این تفاوت‌ها از نظر آماری معنادار نبودند (جدول ٤). در روزهای سوم و هفتم نگهداری، بیشترین و کمترین میزان WHC به ترتیب در گروه‌های امگا ۳ و امگا ۹ مشاهده شد. در میان تمامی نمونه‌ها، گروه امگا ۳ در روز هفتم بالاترین WHC را نشان داد. افزایش WHC در گروه‌های تیمار ممکن است به اکسیداسیون متوسط میوزین مرتبط باشد، زیرا فرایند اکسیداسیون موجب پلیمریزاسیون می‌شود که این پدیده می‌تواند منجر به بهبود WHC گردد [۳٤]. مکانیسم ظرفیت نگهداری آب عمدتاً به عملکرد پروتئین‌های میوفیبریلار و ساختارهای مرتبط با اتصال و به دام انداختن آب، مانند



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

میوفیبریل‌ها، وابسته است. مطالعات نشان داده‌اند که عواملی همچونpH ، قدرت یونی، و اکسیداسیون تأثیر مستقیمی بر توانایی پروتئین‌های میوفیبریلار و سلول‌های عضلانی در حفظ و به دام انداختن آب دارند [۳۵].

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری در همه گروه‌ها میزان WHC افزایش یافت. افزایش WHC را می توان به افزایش PH، تخریب پروتئین و بازآرایی درون‌مولکولی نسبت داد [۳۶]. به طور مشابه چانگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کرده‌اند که نمونه‌های گوشتی نگهداری‌شده به مدت ۰ و ۱۴ روز، WHC بالاتری نسبت به نمونه‌های ذخیره‌شده برای ۷ روز دارند. این محققین بیان کردند که با افزایش pH طی فرایند بلوغ، تخریب پروتئین‌ها و تغییرات بارهای الکتریکی باعث بازآرایی درون‌مولکولی می شود و در نتیجه WHC افزایش می‌یابد. این نتایج تأکید می‌کنند که تغییرات بیوشیمیایی و چربی های درون سلولی یا بین سلولی که بیشتر غیر اشباع هستند ظرفیت نگهداری رو بالا می برند در طول دوره نگهداری، نقش کلیدی در حفظ کیفیت گوشت ایفا می‌کنند [۳۷, ۳۸].

**Table 4.** Results of water holding capacity assessment during the study.

| | Day 0 | Day 3 | Day 7 |
|---|---|---|---|
| Control | $0.133\pm 0.015^{f}$ | $0.180\pm 0.020^{bcdef}$ | $0.197\pm 0.021^{bcd}$ |
| Omega 3 | $0.143\pm 0.150^{ef}$ | $0.210\pm 0.020^{bc}$ | $0.273\pm 0.021^{a}$ |
| Omega 6 | $0.157\pm 0.012^{def}$ | $0.197\pm 0.021^{bcd}$ | $0.230\pm 0.020^{ab}$ |
| Omega 9 | $0.137\pm 0.012^{f}$ | $0.170\pm 0.010^{cdef}$ | $0.193\pm 0.015^{bcde}$ |

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

**۳-۵- افت ناشی از پخت**

همان طور که در جدول ۵ نمایان است در روز شروع آزمایش بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت گوشت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ٦ است. هیچ یک از گروه‌های تیمار نسبت به یکدیگر و گروه کنترل تفاوت معناداری نداشتند ($P>0.05$). کاهش افت پخت نمونه امگا ٦ در روز شروع آزمایش را می توان به وجود اسیدهای چرب امگا ٦ که می‌تواند از افت ناشی از پخت تا حدودی جلوگیری کند نسبت داد. در روز سوم بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است ($P<0.05$)؛ همچنین لازم به ذکر است که دو گروه امگا ۳ و امگا ٦ تفاوت معناداری در افت ناشی از پخت نسبت به یکدیگر نداشتند. در حالی که در روز هفتم بیشترین و کمترین افت ناشی از پخت به ترتیب مربوط به گروه کنترل و امگا ۳ است که با یکدیگر اختلاف معنادار دارند ($P<0.05$).

نتایج نشان داد که تمام گروه‌های تیمار کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل در افت ناشی از پخت داشتند ($P<0.05$)؛ همچنین در انواع مختلف تیمارهای اسیدهای چرب، افزایش افت ناشی از پخت ایجاد شده است و تمام گروه‌های تیمار نسبت به هم تفاوت معناداری داشتند ($P<0.05$).

در گروه کنترل با گذشت زمان هیچ اختلاف معناداری در روزهای مختلف ۰، ۳ و ۷ مشاهده نشد ($P>0.05$). در گروه امگا ۳ با گذشت زمان کاهش معناداری در افت ناشی از پخت گوشت ایجاد شد به شکلی که بیشترین افت پخت برای روز ۰ و کمترین مربوط به روز ۷ بود ($P<0.05$). در این گروه نیز با افزایش زمان یک روند کاهشی مشاهده شد به شکلی که افت ناشی از پخت در تمام روزها با یکدیگر اختلاف معنادار داشتند ($P<0.05$). در گروه امگا ٦ با گذشت زمان کاهش معناداری در افت ناشی از پخت گوشت ایجاد شد به شکلی که بیشترین افت پخت برای روز ۰ و کمترین مربوط به روز ۷ بود ($P<0.05$). اما در این گروه تنها روزهای ۳ و ۷ با روز ۰ اختلاف معنادار داشتند اما نسبت به یکدیگر اختلاف معناداری نشان ندادند ($P>0.05$). کاهش افت پخت در نمونه‌های تیمار شده با اسیدهای چرب امگا ۳ طی روزهای سوم و هفتم به تولید شیرابه و تغییرات حجم میوفیبریل‌ها مرتبط است. در فرایند پخت، ذوب چربی‌ها



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

بسته به ساختار شیمیایی آن‌ها می‌تواند نقش کلیدی در حفظ یا کاهش رطوبت ایفا کند. اسیدهای چرب امگا ۳، به‌دلیل داشتن نقطه ذوب پایین‌تر نسبت به چربی‌های اشباع‌شده، در دمای پخت مایع باقی می‌مانند. همچنین، ماهیت چند غیراشباع و زنجیره بلند این اسیدها (PUFA) همراه با پیوندهای دوگانه متعدد، سیالیت بیشتری ایجاد کرده و با ادغام در غشای سلولی، یک سد محافظ در اطراف فیبرهای عضلانی تشکیل می‌دهند که از افت پخت جلوگیری می‌کند [۲۰].

در مقابل، تفاوت در افت پخت میان گروه‌های تیمار را می‌توان به نقش اسیدهای چرب امگا ۹، نظیر اسید اولئیک، نسبت داد. این اسیدهای چرب تک غیراشباع با ایجاد بافت چربی سفت‌تر در داخل عضله، منجر به کاهش قابلیت حفظ رطوبت طی فرایند پخت می‌شوند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که حضور اسیدهای چرب امگا ۳ به‌دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خود، تأثیر مثبتی در کاهش افت پخت و حفظ کیفیت گوشت دارد [۳۹].

**Table 5.** Results of the evaluation of cooking loss during the study period.

| | Day 0 | Day 3 | Day 7 |
|---|---|---|---|
| Control | 30.86± 0.68$^{a}$ | 30.86± 0.55$^{a}$ | 30.86± 0.30$^{a}$ |
| Omega 3 | 30.07± 0.75$^{ab}$ | 25.67± 0.40$^{c}$ | 20.83± 0.25$^{d}$ |
| Omega 6 | 29.80± 0.81$^{ab}$ | 26.23± 0.51$^{c}$ | 25.00± 0.62$^{c}$ |
| Omega 9 | 30.67± 0.77$^{ab}$ | 28.73± 0.40$^{b}$ | 28.73± 0.55$^{b}$ |

a-e: Different letters in each column and row indicate statistical differences between doses on different days ($p<0.05$).

## ٤- نتیجه گیری

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که افزودن نمک‌های کلسیمی و اسیدهای چرب غیر اشباع به جیره بره‌های نر سنگسری می‌تواند به بهبود کیفیت گوشت منجر شود. این تأثیرات شامل بهبود شاخص های رنگی گوشت، کاهش سختی و مقاومت برشی گوشت است، که همگی نشان‌دهنده کیفیت بالاتر گوشت هستند. همچنین، افزایش غلظت مالون دی آلدئید در گروه امگا ۳ نیاز به توجه دارد، زیرا ممکن است نشان‌دهنده فرایندهای اکسیداتیو باشد که می‌تواند بر کیفیت نهایی گوشت تأثیر بگذارد. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه اهمیت استفاده از این مکمل‌ها برای ارتقاء کیفیت گوشت را تأیید می‌کند و می‌تواند راهنمایی برای بهبود سیستم‌های تغذیه‌ای در صنعت دامپروری باشد.

## ٥-منابع


[1] Hassani, M. Mortazavi, S.A., Hassani, M., Ahmadi-Kamazani, N., and Ghotbi, M. 2015. Investigation of technological characteristics of lactobacilli isolated from traditional Sangsar sheep and cow cheeses. Food Sciences and Nutrition, 47(12): 99-107. [In Persian].

[2] Heydarian, M.K. Heydarian, A., and Sedaghat, N. 2024. An Overview of the Traditional Dairy Products Produced by Tribe Sangsar and Providing a Solution for Packaging These Products. Packaging Sciences and Technologies, 15(58): 63-74. DOI: 20.1001.1.22286675.1403.15.58.6.7. [In Persian].

[3] Khaldari, Majid. 2008. Principles of Sheep and Goat Breeding. Third edition, Tehran University Jahad Publications [In Persian].

[4] Mohtashami, B. Khalilvandi Behrouzyar, H., Pirmohammadi, R., Dehghan Banadeki, M., Direndeh, E., and Kazemi Bonchenari, M. 2021. The effect of bioactive fatty acids on the growth performance of Holstein suckling calves under cold stress. Animal Production Research, 12(33): 65-73. DOI: 10.52547/rap.12.33.65. [In Persian].

[5] Bilby, T. R. Block, J., Do Amaral, B. C., Sa Filho, O., Silvestre, F. T., Hansen, P. J., Staples, CR., and Thatcher, W. W. 2006. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. Journal of Dairy Science, *89*(10): 3891-3903. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72432-8




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

[6] Palmquist, D. L. and Jenkins, T. C. 1980. Fat in lactation rations. Journal of dairy science, 63(1): 1-14. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5

[7] Savsani, H. Murthy, K. S., Ramesh, J. P., Bhadaiya, A., and Kalaria, V. 2013. Effect of bypass fat supplementation on haematology, growth and reproductive performance in Jaffrabadi buffaloes. Asian Journal of Animal Science, 8(1): 12-15.

[8] Schauff, D. J. Clark, J. H., and Drackley, J. K. 1992. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing extruded soybeans and calcium salts of long-chain fatty acids. Journal of Dairy Science, 75(11): 3003-3019. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78064-3

[9] Alba, H. D. Freitas Júnior, J. E. D., Leite, L. C., Azevedo, J. A., Santos, S. A., Pina, D. S., and Carvalho, G. G. D. 2021. Protected or unprotected fat addition for feedlot lambs: Feeding behavior, carcass traits, and meat quality. Animals, 11(2): 328. DOI: 10.3390/ani11020328

[10] Belal, S. A. Kang, D. R., Choi, S. W., Song, K. D., Oh, J. D., Lee, H. K., and Shim, K. S. 2017. Meat quality, fatty acid composition, blood parameters and nucleotide compounds analysis fed long chain fatty acid calcium salts in Hanwoo steers (Korean native cattle). Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 12: 88-95. DOI: 10.3923/ajava.2017.88.95

[11] He, Y. Niu, W., Qiu, Q., Xia, C., Shao, T., Wang, H., and Cao, B. 2018. Effect of calcium salt of long-chain fatty acids and alfalfa supplementation on performance of Holstein bulls. Oncotarget, 9(3): 3029. DOI: 10.18632/oncotarget.23073

[12] Kia, H. D. and Safdar, A. H. A. 2015. Effects of calcium salts of fatty acids (CSFA) with different profiles (ω3 and ω6) during the flushing period on reproductive performance of 'Afshari'ewes. Small Ruminant Research, 126: 1-8. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2015.02.020

[13] Salem, H. B. and Smith, T. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. Small ruminant research, 77(2-3): 174-194. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2008.03.008

[14] Ganjkhanloo, M. RezaYazdi, K., Ghorbani, G.R., Moroj, H., Dehghan Banadaki, M., and Emami. M.D. 2009. The effect of two types of preserved fat in early lactation on the performance of Holstein dairy cows. Iranian Animal Sciences, 40(1). [In Persian].

[15] Parvar, R. Ghorchi, T., and Shams Shargh. M. 2017. The effect of adding rapeseed, soybean and fish oils to the diet on the fatty acid composition and meat quality of fattening lambs. Animal Science Research (Agricultural Science), 27(2): 43-159. [In Persian].

[16] Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2003. Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. Journal of food science, 68(5): 1686-1690. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x

[17] Himonides, A. T. Taylor, K. D. A., and Knowles, M. J. 1999. The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79(6): 845-850. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(19990501)79:6<845::AID-JSFA297>3.0.CO;2-W

[18] Poveda-Arteaga, A. Krell, J., Gibis, M., Heinz, V., Terjung, N., and Tomasevic, I. 2023. Intrinsic and extrinsic factors affecting the color of fresh beef meat—comprehensive review. Applied Sciences, 13(7): 4382. DOI: 10.3390/app13074382

[19] Raes, K. Haak, L., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D., and De Smet, S. 2004. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscled Belgian Blue young bulls. Meat Science, 66(2): 307-315. DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00105-0

[20] Wood, J. D. and Enser, M. 2017. Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. New aspects of meat quality, 501-535. DOI: 10.1016/B978-0-08-100593-4.00023-0

[21] Mancini, R. A. and Hunt, M. 2005. Current research in meat color. Meat science, 71(1): 100-121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003

[22] Ozpinar, H. Kahraman, R., Abas, I., Kutay, H. C., Eseceli, H., and Grashorn, M. A. 2003. Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. Archiv fur Geflugelkunde, 67(2): 57-64.

[23] Agale, S. Kulkarni, A., Ranjekar, P., and Joshi, S. 2010. Maternal caloric restriction spares fetal brain polyunsaturated fatty acids in Wistar rats. Brain and Development, 32(2): 123-129. DOI: 10.1016/j.braindev.2008.12.001

[24] Siu, G. M. and Draper, H. H. 1978. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. Journal of Food Science, 43(4): 1147-1149. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1978.tb15256.x

[25] Białek, M. Czauderna, M., Zaworski, K., and Krajewska, K. 2021. Dietary carnosic acid and seleno-compounds change concentrations of fatty acids, cholesterol, tocopherols and malondialdehyde in fat and heart of lambs. Animal Nutrition, 7(3): 812-822. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.11.010

[26] Meullenet, J. F. Carpenter, J. A., Lyon, B. G., and Lyon, C. E. 1997. Bi-cyclical instrument for assessing



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. Journal of texture studies, 28(1): 101-118. DOI: 10.1111/j.1745-4603.1997.tb00104.x

[27] Meullenet, J. F. Lyon, B. G., Carpenter, J. A., and Lyon, C. E. 1998. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. Journal of sensory studies, 13(1): 77-93. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1998.tb00076.x

[28] Garcia Loredo, A. B. and Guerrero, S. N. 2011. Correlation between instrumental and sensory ratings by evaluation of some texture reference scales. International journal of food science & technology, 46(9): 1977-1985. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02709.x

[29] Alagawany, M. Elnesr, S. S., Farag, M. R., El-Sabrout, K., Alqaisi, O., Dawood, M. A., and Abdelnour, S. A. 2022. Nutritional significance and health benefits of omega-3,-6 and-9 fatty acids in animals. Animal Biotechnology, 33(7): 1678-1690. DOI: 10.1080/10495398.2020.1869562

[30] Herdmann, A. Martin, J., Nuernberg, G., Dannenberger, D., and Nuernberg, K. 2010. Effect of dietary n-3 and n-6 PUFA on lipid composition of different tissues of German Holstein bulls and the fate of bioactive fatty acids during processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(14): 8314-8321. DOI: 10.1021/jf101145y

[31] Azcona, J. O. Garcia, P. T., Cossu, M. E., Iglesias, B. F., Picallo, A., Perez, C., and Canet, Z. E. 2008. Meat quality of Argentinean "Camperos" chicken enhanced in omega-3 and omega-9 fatty acids. Meat science, 79(3): 437-443. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.12.005

[32] Corino, C. Vizzarri, F., Ratti, S., Pellizzer, M., and Rossi, R. 2022. Long term dietary supplementation with omega-3 fatty acids in Charolais beef cattle reared in Italian intensive systems: nutritional profile and fatty acids composition of Longissimus lumborum muscle. Animals, 12(9): 1123. DOI: 10.3390/ani12091123

[33] Raes, K. De Smet, S., and Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. Animal feed science and technology, 113(1-4): 199-221. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2003.09.001

[34] Li, Y. Li, X., Wang, J. Z., Zhang, C. H., Sun, H. M., Wang, C. Q., and Xie, X. L. 2014. Effects of oxidation on water distribution and physicochemical properties of porcine myofibrillar protein gel. Food Biophysics, 9: 169-178. DOI: 10.1007/s11483-013-9329-9

[35] Priolo, A. Micol, D., and Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Animal research, 50(3): 185-200. DOI: 10.1051/animres:2001125

[36] Farouk, M. M., Mustafa, N. M., Wu, G., and Krsinic, G. 2012. The "sponge effect" hypothesis: An alternative explanation of the improvement in the waterholding capacity of meat with ageing. Meat Science, 90(3): 670-677. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.10.012

[37] Chang, H. J. Wang, Q., Tang, C. H., and Zhou, G. H. 2015. Effects of ultrasound treatment on connective tissue collagen and meat quality of beef semitendinosus muscle. Journal of Food Quality, 38(4): 256-267. DOI: 10.1111/jfq.12141

[38] Petracci, M. and Baéza, E. 2011. Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. World's Poultry Science Journal, 67(1): 137-151. DOI: 10.1017/S0043933911000122

[39] Ribeiro, T. Lordelo, M. M., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Costa, P., Lemos, J. P. C., and Prates, J. A. M. 2013. Direct supplementation of diet is the most efficient way of enriching broiler meat with n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. British Poultry Science, 54(6): 753-765. DOI: 10.1080/00071668.2013.841861



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# The effect of adding calcium salts of unsaturated fatty acids to the diet on the meat quality of Sangsari male lambs

Mohammadtaghi Heydarian[1], Ashkan Jebelli Javan[*2], Ali Mahdavi[3], MohammadKazem Heydarian[4] , Iman Khanbani[5]

1- Postdoctoral Researcher ،Food Hygiene,,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

2- department of food hygiene and quality control faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

3- Associate professor, department of animal sciences,faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan,iran

4- PhD student, Department of food Science and engeering, faculty of agriculture, ferdowsi university, mashhad, Iran

5- Master's degree student in food hygiene, faculty of veterinary medicine, semnan university, semnan, Iran.

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received:2025/1/7

Accepted:2025/3/1

**Keywords:**

unsaturated fatty acids ،

meat quality،

male sangsari lambs

**DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202.**

*Corresponding Author E-

jebellija@semnan.ac.ir

**ABSTRACT**

One of the effective strategies for improving production efficiency in fattening male animals is the use of nutritional additives, since dietary energy is known to be one of the main limiting factors in animal nutrition and plays a fundamental role in the digestion and utilization of other nutrients. This study aimed to investigate the effect of adding calcium salts of unsaturated fatty acids (omega 3, 6, and 9) on the quality characteristics of meat of male Sangsari lambs. In this study, 28 lambs were divided into four nutritional groups with different levels of fatty acids and received the corresponding diets for 75 days. Meat quality was evaluated using indices such as color (L*, a*, b*), lipid oxidation (MDA), hardness, cooking loss, and water-holding capacity. The results showed that the addition of omega 3 led to a decrease in transparency and an increase in the yellowness of the meat, while the hardness of the texture decreased and its tenderness improved ($P<0.05$). Although MDA concentration increased, these values remained within acceptable limits. Also, unsaturated fatty acid supplements reduced cooking loss and improved water retention capacity, indicating higher meat stability during storage. In general, adding these supplements to lamb diets can be used as an effective strategy to improve meat quality and shelf life. However, its effects depend on the type and amount of fatty acid consumed.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-20 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.22.163.202 ]