**Iranian Journal of Animal Science**
Vol 52, No 2, Summer 2021 (79-90)
DOI: 10.22059/ijas.2021.310436.653802

**علوم دامی ایران**
دورۀ ۵۲، شمارۀ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص ۹۰-۷۹)

**مقاله پژوهشی:**

# ترکیب شیمیایی، ویژگی‌های کیفی و پایداری اکسیداتیو گوشت بره‌های تغذیه‌شده با سطوح مختلف گیاه دارویی خرفه

**صادق میاحی[۱]، کمال شجاعیان[۲]، مرتضی چاجی[۳*] و قاسم جلیلوند[۲]**
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳. استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز-ملاثانی، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۷)

## چکیده

هدف این پژوهش مطالعه آثار استفاده از گیاه خرفه به عنوان یک منبع آنتی‌اکسیدان گیاهی بر ویژگی‌های لاشه، کیفیت و پایداری اکسیداتیو گوشت در بره‌های پرواری نژاد عربی بود. تعداد ۲۱ راس بره نر با میانگین وزن ۱/۵±۲٤ کیلوگرم و سن تقریبی ۱۵±۱۵۰ روز با یکی از تیمارهای آزمایشی شامل جیره پایه (شاهد)، جیره حاوی ۷/۵ درصد و جیره حاوی ۱۵ درصد گیاه خرفه، به مدت ۸٤ روز تغذیه شدند. ویژگی‌های کیفی گوشت شامل pH، ترکیبات شیمیایی، کیفیت رنگ و پایداری اکسیداتیو در ماهیچه راسته اندازه‌گیری شد. اکسیداسیون لیپید گوشت، پس از ۱، ۷ و ۳۰ روز ذخیره‌سازی در محیط یخچال، با استفاده از اسید تیوباربیتوریک (TBARS) تعیین شد. زاویه رنگ یا هیو (Hue) و اشباع شدگی آن یا کروما (Chroma) در تیمارهای حاوی خرفه نسبت به تیمار شاهد پایین‌تر بود ($P$<۰/۰۵). شاخص روشنایی (L) در جیره‌های حاوی خرفه بالاترین مقدار بود ($P$<۰/۰۵). بالاترین غلظت خاکستر و کمترین رطوبت گوشت در تیمار ۱۵ درصد خرفه مشاهده شد ($P$ <۰/۰۵). مقدار pH گوشت در تیمار شاهد، یک ساعت پس از کشتار کم‌تر از سایر تیمارها بود ($P$ <۰/۰۵)، اما در ساعت ۲٤ تفاوتی نداشتند. در هر دو گروه تیماری، تغذیه بره‌ها با خرفه نسبت به شاهد باعث کاهش معنی‌دار غلظت مالون دی‌آلدئید گوشت بره‌ها شد ($P$ <۰/۰۵). نتایج نشان داد که تغذیه گیاه خرفه با بهبود ویژگی‌هایی نظیر رنگ و افزایش میزان پایداری اکسیداتیو گوشت، باعث بهبود کیفیت آن شده که شاید بتواند منجر به افزایش ارزش غذایی آن از نظر سلامتی انسان شود.

**واژه‌های کلیدی:** ترکیبات فنلی، خرفه، خواص آنتی‌اکسیدانی، رنگ گوشت، گوسفند.

# Chemical composition, quality characteristics and oxidative stability of lamb meat fed with different levels of *Portulaca oleracea*

**Sadegh Mayahi[1], Kamal Shojaeian[2], Morteza Chaji[3*] and Ghasem Jalilvand[2]**
1, 2. Ph.D. Candidate and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
3. Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Feed Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani-Ahvaz, Iran
(Received: Sep. 24, 2020 - Accepted: Mar. 27, 2021)

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of using *portulaca oleracea* as a source of plant antioxidants for feeding fattening male lambs, on carcass traits, meat quality, and oxidative stability. Twenty-one male lambs with an average weight of 24±1.5 kg and 150±15 days old were fed with one of the experimental rations included a diet without *portulaca oleracea* as control, a diet containing 7.5%, and a diet containing 15% *portulaca oleracea*, for 84 days. The muscle (Longissimus dorsi) samplewas used to determine pH, chemical composition, colorimetric properties, and oxidative stability of meat. Meat lipid oxidation was determined after 1, 7, and 30 days of refrigerated storage using thiobarbituric acid (TBARS). The use of *portulaca oleracea* in diets improved meat color characteristics such as L, chroma, and Hue. The highest ash concentration and the lowest meat moisture were observed in the treatment of 15% portulaca oleracea (P<0.05). Meat pH was the lowest in the first hour after slaughter but did not differ at 24 h. Compared to the control, in both treatment groups feeding the lambs with portulaca significantly reduced the concentration of Malondialdehyde in the meat of the lambs and increased the meat oxidative stability (P<0.05). The results of this experiment showed that feeding *portulaca oleracea* by improving properties such as color and increasing the meat oxidative stability improves meat quality, which may have lead to an increase in its nutritional value in terms of human health.

**Kaywords:** Antioxidant properties, Flavonoids, Meat color, Phenolic compounds, *Portulaca oleracea*.

* Corresponding author E-mail: chaji@asnrukh.ac.ir; kshojaeian@uoz.ac.ir

**مقدمه**

گوشت یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی به‌شمار می‌آید که به دلیل غنی بودن از پروتئین‌ها و مواد معدنی مانند آهن و روی، انواع ویتامین‌ها و نیز انرژی کافی، سبب می‌شود تا در زمره یکی از مواد غذایی کامل طبقه‌بندی شود (Biesalski, 2005). گوشت همچنین حاوی اسیدهای آمینه ضروری، برخی ویتامین‌های ویژه نظیر ویتامین‌های گروه B، هیدرات‌های کربن (گلیکوژن) و اسیدهای چرب ضروری و مفید می‌باشد (Ahmad *et al*., 2018). از اصلی‌ترین معیارهای انتخاب گوشت توسط مصرف‌کنندگان ظاهر و رنگ آن است. اگر رنگ برای مصرف‌کننده نامطلوب باشد، سبب کاهش اهمیت ویژگی‌های حسی دیگر می شود. مصرف‌کنندگان اغلب رنگ را به عنوان شاخصی از طراوت و کیفیت گوشت تلقی می‌کنند و گوشتی را ترجیح می‌دهند که ظاهری قرمز روشن داشته باشد، زیرا این خصوصیت نشان‌دهنده سلامت کامل، کیفیت بالا و تازه بودن گوشت است (Dabbou *et al*., 2018).

تخریب چربی‌ها و پروتئین‌های گوشت در نتیجه اکسیداسیون آن سبب زوال عطر، طعم، بافت و رنگ محصولات گوشتی می‌شود (Ripoll *et al*., 2013). بنابراین، افزایش مقاومت گوشت در برابر اکسیداسیون حائز اهمیت است. آنتی‌اکسیدان‌ها، موادی هستند که با کاهش اکسیداسیون زیست مولکول‌های اکسیدشونده مانند لیپیدها و پروتئین‌ها در محصولات گوشتی، باعث بهبود پایداری و کیفیت آن‌ها می‌شوند (Karre *et al*., 2013). بنابراین، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در تغذیه دام‌ها، اکسیداسیون گوشت را به تأخیر انداخته و ویژگی‌های رنگ‌سنجی و کیفی گوشت و محصولات پروتئینی را بهبود خواهد داد (Bessa *et al*., 2015). آنتی‌اکسیدان‌های رژیم غذایی می‌توانند به ماهیچه‌ها انتقال یافته و همراه با سیستم‌های دفاعی داخلی، عضلات بدن را در برابر فعالیت‌های پراکسیدازی مقاوم سازند (Descalzo & Sancho, 2008).

خرفه (*Portulaca oleracea L*) یک گیاه وحشی است که به دلیل خواص تغذیه‌ای (پروتئین، کربوهیدرات، مواد معدنی، ویتامین‌ها، منبع غنی از اسیدهای چرب امگا ۳، اسیدهای آمینه ضروری) و آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان یک افزودنی یا گیاه دارویی در غذای انسان و خوراک دام شناخته می‌شود (Golshan-Zoroofi *et al*., 2013). ترکیبات فعال زیستی نظیر ترکیبات فنلی موجود در گیاهان (نظیر خرفه)، دارای اثر محافظتی بر پروتئین و چربی گوشت در برابر اکسیداسیون می‌باشند (Gladine *et al*., 2007). وجود متابولیت‌های بیولوژیکی فعال مختلف مانند فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، فنل، تانن، ترپنوئید، اسیدهای چرب امگا۳، گلیکوزیدها، استروئیدها، فلوباتانین، پروتئین و نشاسته در خرفه گزارش شده است (Sicari *et al*., 2018; Xiu *et al*., 2019; Yang *et al*., 2018). جدای از خواص دارویی، این گیاه منبع خوبی از اسیدهای چرب امگا۳، اسید آلفا-لینولنیک و آنتی‌اکسیدان‌ها(α-توکوفرول، β-کاروتن، اسید اسکوربیک و گلوتاتیون) است که مزایای تغذیه‌ای فراوانی دارند. اسیدهای چرب امگا۳، برخی از ترکیبات فنلی و کل فلاونوئیدها به عنوان مواد آنتی‌اکسیدانی موجود در خرفه گزارش شده است (Uddin *et al*., 2014). درباره استفاده از خرفه در جیره بره‌های پرواری به‌عنوان یک منبع خوراکی سرشار از آنتی‌اکسیدان و اثر آن بر ویژگی‌های کیفی گوشت، اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. استفاده از خرفه (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) در جیره بره‌های ترکی قشقایی منجر به کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدهید گوشت در طول ذخیره‌سازی شد (Safari *et al*., 2016). بر این اساس، هدف از این تحقیق بررسی استفاده از سطوح مختلف گیاه خرفه و اثر آن بر ترکیب شیمیایی، کیفیت و پایداری اکسیداتیو گوشت بره‌های نر پرواری بود.

## مواد و روش‌ها

**تهیه خرفه**

خرفه مورد آزمایش، تابستان ۹۶ از مزارع کشاورزی شهرستان باوی واقع در استان خوزستان به صورت تازه جمع‌آوری و در سایه خشک و سپس با خرمنکوب خرد شد. مراحل مختلف آزمایش حاضر در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. جیره بره‌های پرواری (جدول ۱) بر اساس جداول استاندارد نشخوارکنندگان کوچک تهیه شد (NRC, 2007). در جدول ۱ اجزای خوراک و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده ارائه شده است.

جدول ۱. اجزای خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده

Table 1. Ingredients and chemical composition of the test diets

| Diet components (g/kg DM) | The amount of *Portulaca Oleracea* L replaced in the diet (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Control | 7.5 (%) | 15 (%) |
| Alfalfa Fodder | 30 | 22.5 | 15 |
| purslane Plant | 0 | 7.5 | 15 |
| Cane lops | 10 | 10 | 10 |
| Barleycorn | 10.8 | 10.8 | 10.8 |
| Cron | 30 | 30 | 30 |
| Sesame meal | 5 | 5 | 5 |
| Wheat bran | 12.50 | 12.50 | 12.50 |
| Completed[1] | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| Salt | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| Lime | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Chemical Composition of Diet | | | |
| ME(Mcal/Kg) | 2.47 | 2.47 | 2.48 |
| Crude protein(%) | 14.28 | 14.67 | 15.07 |
| Dry Matter(%) | 88.01 | 88.43 | 87.87 |
| Ether Extract(%) | 2.73 | 2.87 | 2.89 |
| Neutral detergent Fiber (%) | 33.43 | 33.47 | 33.66 |
| Asid detergent Fiber (%) | 24.43 | 24.44 | 24.23 |

۱. هر کیلوگرم مکمل (محصول کارخانه داروسازی امینه گستر، نور مازندران) شامل: ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۱۹۶۰۰۰ میلی‌گرم کلسیم، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم سدیم، ۱۸۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۳۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۰۰ میلی‌گرم مس، ۲۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۰/۱ میلی‌گرم سلنیوم، ۴۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، کریر تا ۱ کیلوگرم.

1. Each kg of additive includes: vit A 500000 (IU), vit D3 100000 (IU), vit E 100 (IU), ca 196000 (mg), Na 50000 (mg), Mg 18000 (mg), Fe 3000 (mg), cu 300 (mg), Mn 2000 (mg), Zn 3000 (mg), Co 100 (mg), I 100 (mg), Se 0.1 (mg), Antioxidants 400 (mg).

**دام‌ها و تیمارهای آزمایشی**

در آزمایش حاضر از ۲۱ راس بره نر نژاد عربی با میانگین وزن (میانگین و انحراف معیار) ۱/۵±۲۴ کیلوگرم و سن تقریبی (میانگین و انحراف معیار) ۱۵±۱۵۰ روز استفاده شد. بره‌ها به مدت ۸۴ روز با جیره‌های حاوی خرفه تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل سه جیره‌ی ۱- شاهد (فاقد خرفه)، ۲- جیره حاوی ۷/۵ و ۳- جیره حاوی ۱۵ درصد خرفه بود. در طول آزمایش بره‌ها در دو نوبت صبح و عصر تغذیه شدند و به صورت آزاد به آب و خوراک دسترسی داشتند.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی خرفه و گوشت: به منظور تعیین ترکیب شیمیایی خرفه (جدول ۲) و سایر نمونه‌های آزمایشی حداقل سه تکرار در نظر گرفته شد که پس از خشک (۹۰ درجه سلسیوس، ۲۴ ساعت) و آسیاب کردن با الک ۲ میلی‌متری، عصاره اتری (روش سوکسله)، ماده خشک (۹۰ درجه سلسیوس، ۲۴ ساعت)، خاکستر (کوره الکتریکی، ۶۰۰ درجه سلسیوس، ۴ ساعت) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) توسط روش استاندارد تعیین شدند (AOAC, 2005). پروتئین خام با دستگاه کجلدال (FOSS kjeltec 2300 analyzer, Sweden) تعیین شدند. الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) گیاه خرفه بر اساس روش پیشنهادی (Xiu *et al.*, 2019) در آزمایشگاه‌های گروه علوم دامی و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اندازه‌گیری شد.

محتوای فنل کل (جدول ۲) با استفاده از روش FolinCiocalteu (Makkar, 2003) از عصاره اتانولی گیاه خرفه اندازه‌گیری شد. برای این منظور، از عصاره اتانولی رقیق شده‌ی گیاه خرفه استفاده شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها جذب مخلوط در ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با ترسیم منحنی کالیبراسیون با استاندارد اسید گالیک غلظت محتوای فنلی کل اندازه‌گیری شد.

برای تعیین غلظت کل ترکیبات فلاونوئیدی (جدول ۲) از عصاره اتانولی گیاه خرفه با استفاده از روش پیشنهادی (Makkar, 2003) تعیین شد. محتوای کل فلاونوئید با استفاده از معرف آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری شد. جذب مخلوط آماده شده در طول موج ۴۱۵ نانومتر در مقابل بلانک قرائت شد. از کوئرستین به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد. میزان فلاونوئید بر اساس میزان معادل میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره گزارش شد (Sicari *et al.*, 2018).

حیوانات پس از ۸۴ روز تغذیه با جیره‌های آزمایشی با ۱۶-۱۴ ساعت گرسنگی ذبح شدند. برای بررسی کیفیت و سنجش میزان پایداری اکسیداتیو گوشت، نمونه‌های گوشت از ماهیچه راسته در ناحیه بین دنده‌های ۱۲ و ۱۳ تهیه شد. ترکیبات شیمیایی گوشت بره‌ها شامل رطوبت (آون ۱۰۳ درجه به مدت ۱۶ ساعت) (Corzo *et al.*, 2009)، پروتئین خام (روش کجدال، Foss2033، سوئد)، افت نگهداری (اختلاف وزن نمونه‌های گوشت به قطر تقریبی ۲/۵-۲ سانتی‌متر، نگهداری شده در دمای ۲ درجه سلسیوس در روزهای اول و هفتم پس از ذبح (Hildrum *et al.*, 1999)، چربی (AOAC, 2005) ماده خشک (آون ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت) و خاکستر طبق روش‌های استاندارد (AOAC, 2005) تعیین شدند.

اندازه‌گیری pH، رنگ گوشت و اکسیداسیون لیپیدها: برای اندازه‌گیری این فراسنجه‌ها از ماهیچه راسته (Longissimus dorsi, LD) که از بین دنده‌های ۱۲ و ۱۳ جدا شده بود استفاده شد. pH گوشت در ساعت اول و ۲۴ ساعت بعد از کشتار با استفاده از دستگاه pH متر (WTW مدل 3111، آلمان) اندازه‌گیری شد. برای این منظور بلافاصله پس از کشتار حدود ۱۰ گرم ماهیچه راسته چرخ شده، در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک دقیقه هموژن شد و سپس از کاغذ صافی مخصوص (واتمن شماره ۴) عبور داده شد و pH آن اندازه‌گیری شد (Sallam *et al.*, 2004).

اندازه‌گیری‌های رنگ گوشت: ۲۴ ساعت بعد از کشتار نمونه‌های ماهیچه راسته (LD)، برای مشخص شدن شاخص‌های روشنی ($L^*$)، قرمزی ($a^*$) و زردی ($b^*$) با استفاده از دستگاه هانتر (Konica Minolta، ژاپن) اندازه‌گیری شدند. اشباع‌شدگی رنگ ($C^*$) و زاویه‌ی هیو ($H^*$) به ترتیب از طریق فرمول‌های زیر محاسبه گردید (Chikwanha *et al.*, 2019).

$$\text{Chromaticity } (C^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$
$$\text{Hue } (H^*) = \tan^{-1} (b^*/a^*)\times 57.29$$

**اکسیداسیون لیپید**

در نمونه‌های گوشت ماهیچه راسته، پس از ۱، ۷ و ۳۰ روز ذخیره‌سازی در محیط یخچال، با استفاده از اسید تیوباربیتوریک (TBARS) که نشان‌دهنده تغییرات غلظت مالون دی‌آلدهید می‌باشد، طبق روش پیشنهادی تعیین شد (Dabbou *et al.*, 2014). جذب نمونه‌های آماده‌شده با دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom libra S22, UK) در طول موج ۵۳۲ قرائت شد.

**تجزیه و تحلیل آماری**

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ویرایش ۹/۲) با رویه GLM انجام شد. پاسخ‌ها (خطی یا درجه دوم) به سطوح خرفه با استفاده از مقایسات چند جمله ای متعامد مورد بررسی قرار گرفت. معنی‌داری در P<۰/۰۵ و روند در P<۰/۱ بیان شد. مقایسه میانگین‌ها برای اختلاف معنی‌دار اثر تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

**ترکیب شیمیایی خرفه**

مقدار کل فنل، کل فلاونوئیدها و تانن کل گیاه خرفه‌ی مورد استفاده در آزمایش حاضر به ترتیب ۳۱۳/۸۴، ۳۹/۷۶ و ۰/۸۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود (جدول ۲). مقدار کل فنل در برگ‌های خشک گیاه خرفه ۲۶۰/۱۹ (Dabbou *et al.*, 2014) و ۳۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (Lim & Quah, 2007) گزارش شده است. در تحقیقی مقدار کل فنل و فلاونوئیدهای برگ گیاه خرفه در عصاره اتانولی به ترتیب ۳۴/۷۶±۲۳۹/۳۰ و ۴±۳۴/۶۶ گزارش داده شده است (El Kashef *et al.*, 2018). در سایر تحقیقات، غلظت فنل کل برگ حدود ۶۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ لیتر (Cai *et al.*, 2004) گزارش شده است که نزدیک به داده‌های آزمایش حاضر است. در تحقیقات انجام شده اطلاعاتی در مورد زمان نمونه‌گیری از گیاه و همچنین مقدار ترکیبات فنلی مخلوط (برگ و ساقه) داده نشده است که این امر می‌تواند در مقدار این ترکیبات بسیار تأثیرگذار باشد (Silva & Carvalho, 2014). شاید علت اختلاف نتایج بین مطالعات مختلف به روش استخراج، زمان نمونه‌گیری و مرحله رشد گیاه در هنگام نمونه‌برداری مرتبط باشد.

جدول ۲. ترکیب شیمیایی (میانگین و انحراف معیار) خرفه مورد استفاده در آزمایش [۱] و ترکیبات فنلی [۲]

Table 2. Chemical composition of *Portulaca Oleracea* L fed to Lambs (g/kg DM) and Phenolic compounds

| Item | DM | CP | OM | Ash | ADF | NDF | EE | ME | Tannin | TPC | TFC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7.43±0.45 | 26.22±0.83 | 74.77±0.32 | 25.23±0.91 | 5.43±0.21 | 50.62±1.11 | 7.86±0.11 | 2.52±0.02 | 0.82±0.01 | 313.84±3.12 | 39.76±0.87 |

۱. گرم بر کیلوگرم ماده خشک، ۲. میلی گرم در ۱۰۰ گرم.

DM: ماده خشک، CP: پروتئین خام، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، OM: ماده آلی، EE: عصاره اتری، ME: انرژی متابولیسمی، TPC: محتوای فنل کل، TFC: محتوای فلاونوئید کل

1. g/kg dry matter; 2. mg/100g

DM: dry matter, CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, OM: organic matter, EE: ether extract, ME (MJ/Kg): metabolism energy, TPC: total phenolic content, TFC: total flavonoids content

گیاهان میانسال نسبت به گیاهان نابالغ و بالغ از نظر متابولیکی فعال‌تر بوده و نیاز به غلظت بالاتری از ترکیبات فنلی کل و فلاونوئیدهای کل دارند. در نتیجه، غلظت این ترکیبات در این مرحله از رشد بیشتر می‌باشد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نیز خواهد داشت (Pandjaitan *et al*., 2005). همچنین نشان داده شده است که عصاره برگ‌های خشک شده خرفه حاوی غلظت فنل‌ها و فلاونوئیدهای کل کمتری نسبت به برگ‌های تازه می‌باشد. کاهش فنل‌ها و فلاونوئیدها در اثر زمان خشک کردن ممکن است به علت شرایط فرآیند، به ویژه درجه حرارت و مدت زمان حرارت دادن باشد (Michalczyk *et al*., 2009).

**ویژگی‌های کیفی گوشت**

اثر سطوح مختلف خرفه بر ویژگی‌های کیفی گوشت بره‌های پرواری شامل pH و رنگ در جدول ۳ ارائه شده است. برای pH ساعت اول، اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود ($P$<۰/۰۵) و در ساعت ۲۴ معنی‌دار نبود. شاخص روشنایی (L) در جیره‌های حاوی ۷/۵ و ۱۵ درصد خرفه، بالاترین مقدار بود. تیمارهای شاهد و ۱۵ درصد خرفه بالاترین شاخص قرمزی (a) را داشتند. شاخص زردی (b) با افزودن خرفه به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P$<۰/۰۵). کمترین میزان شاخص زردی (b) در تیمار حاوی ۷/۵ درصد خرفه مشاهده شد. زاویه رنگ (Hue) و اشباع‌شدگی آن یا کروما (Chroma) در تیمارهای حاوی خرفه به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کمتر بود. تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر pH گوشت در ساعت اول داشتند و ساعت ۲۴ تحت تأثیر قرار نگرفت. مقادیر مطلوب و قابل قبول pH در گوشت گوسفند به ترتیب در محدوده ۶/۴۱ تا ۶/۵۵ برای زمان کشتار (Chikwanha *et al*., 2019) و ۵/۵ تا ۵/۸ برای زمان ۲۴ ساعت بعد از کشتار (Jiang *et al*., 2015; Majdoub-Mathlouthi *et al*., 2013) گزارش شده است که در این محدوده از pH احتمال تشکیل گوشت تیره، سفت و خشک یا مشکلات استرس در بین گوسفندان کم می‌باشد. در مطالعه حاضر میانگین pH از ۶/۵ در ساعت اول به ۵/۶۳ در زمان ۲۴ ساعت کاهش یافت. به طور کلی، مقادیر طبیعی کاهش یافته pH در لاشه بعد از ۲۴ ساعت نسبت به زمان کشتار نشان می‌دهد که شاخص‌های کیفی مانند ظرفیت نگهداری آب، طعم، رنگ و بافت گوشت رضایت‌بخش هستند (Bezerra *et al*., 2016). ثابت شده است که تأثیر تغذیه بر مقدار pH گوشت به سطح گلیکوژن عضلانی و مکانیسم تبدیل گلیکوژن به اسید لاکتیک مربوط می‌شود (Immonen *et al*., 2000). افزایش فعالیت متابولیکی موجود در ارگانیسم موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود. رادیکال‌های آزاد باعث افزایش فعالیت آنزیم آدنوزین مونوفسفات پروتئین کیناز (AMPK) در بافت‌ها می‌شود و در نتیجه اثر منفی بر ساخت گلیکوژن و تبدیل آن به اسید لاکتیک در بافت ماهیچه‌ای دارد (Scheffler *et al*., 2011). آنتی‌اکسیدان‌های موجود در جیره‌های خوراکی با حذف رادیکال‌های آزاد و کاهش فعالیت آنزیم AMPK بر مقدار pH گوشت تأثیر می‌گذارند. در واقع آنتی‌اکسیدان‌های خوراک با کاهش فعالیت آنزیم AMPK، از طرفی سبب افزایش ساخت گلیکوژن و از طرف دیگر سبب کاهش تبدیل آن به اسید لاکتیک می‌شوند و از این طریق کاهش pH گوشت را به تأخیر می‌اندازند (Imik *et al*., 2018).

جدول ۳. آثار سطوح مختلف خرفه تغذیه‌شده بر ویژگی‌های کیفی گوشت بره‌های پرواری

Table 3. Effect of supplementation of different level of POL[1] on meat quality characteristics of fattening Lambs

| Item | Treatments | | | SEM[2] | P-VALUE[3] | Effect | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POL 0% | POL 7.5% | POL 15% | | | Linear | Quaderatic |
| pH value | | | | | | | |
| 1hr | 6.4 | 6.57 | 6.53 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.11 |
| 24hr | 5.67 | 5.59 | 5.64 | 0.03 | 0.22 | 0.10 | 0.12 |
| Meat Color | | | | | | | |
| L | 20.49 | 23.00 | 24.16 | 1.51 | 0.025 | 0.026 | 0.721 |
| a | 11.02 | 10.26 | 9.84 | 0.33 | 0.006 | 0.013 | 0.690 |
| b | 6.13 | 4.50 | 4.83 | 0.35 | 0.0009 | 0.006 | 0.340 |
| Chroma | 12.65 | 11.25 | 10.56 | 0.36 | 0.0031 | 0.015 | 0.432 |
| Hue | 29.01 | 23.75 | 21.28 | 1.53 | 0.008 | 0.026 | 0.455 |

1. *Portulaca Oleracea*, 2. Standard error of the mean, 3. P<0.05.

۱. خرفه، ۲. خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳. P<۰/۰۵.

L: lightness, a: redness, b: yellowness

L: روشنایی، a: قرمزی، b: زردی.

بالاتر بودن میزان pH بعد از کشتار در جیره‌های حاوی خرفه در این مطالعه، می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که شاید خرفه با دارا بودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی (جدول ۲) روی pH گوشت در زمان کشتار تأثیرگذار بوده و باعث حفظ pH در سطوح بالا شده است که این امر موجب حفظ ویژگی‌های کیفی گوشت می‌شود. در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف از نظر pH در زمان ۲۴ ساعت مشاهده نشده است. pH زمان ۲۴ به میزان قابل توجهی بر ویژگی‌های ارگانیکی (رنگ، طعم و مزه) و فن‌آوری پردازش (ظرفیت نگهداری آب و عمر مفید) تأثیر می‌گذارد (Yarali *et al*., 2014). نتایج آزمایش حاضر در مقدار pH در زمان ۲۴ ساعت با نتایج تحقیق در خرگوش‌های در حال رشد موافق بود (Dabbou *et al*., 2018). آن‌ها گزارش دادند که جیره‌های غذایی حاوی فلاوونوئیدها (خرفه حاوی فلاونوئید است، جدول ۲) بر مقدار pH گوشت خرگوش‌های در حال رشد تأثیری ندارد. موافق با نتایج آزمایش حاضر، تغییرات معنی‌داری در ویژگی‌های کیفی گوشت مانند pH در زمان ۲۴، هنگام مکمل کردن فلاونوئیدها در جیره گوسفندان، مشاهده نشد (Simitzis *et al*., 2019). مخالف با یافته‌های آزمایش حاضر، در مطالعه Muela *et al*. (2014) افزودن عصاره مرکبات غنی از فلاونوئیدها (عمدتا نارنجین، کورستین و روتین، ۱۵۰ میکروگرم در کیلوگرم) در جیره غذایی بره‌ها هیچ اثری بر pH در زمان صفر نداشت. تفاوت‌های مربوط به فراسنجه‌های کیفی گوشت را می‌توان به نوع و مقدار فلاونوئیدها، دوره‌های مکمل و گونه‌های حیوان نسبت داد (Simitzis *et al*., 2019).

تغذیه خرفه باعث افزایش روشنایی ($L^*$) و کاهش قرمزی ($a^*$) و شاخص زردی ($b^*$) در ماهیچه راسته شد. میوگلوبین، پروتئین ملکول هِم و مسئول رنگ گوشت است. اکسیداسیون اتم مرکزی آهن در گروه هِم مسئول تغییر رنگ گوشت از قرمز روشن به قهوه‌ای تیره است، زیرا با اکسیداسیون اتم آهن، اکسی‌میوگلوبین قرمز به مت‌میوگلوبین قهوه‌ای تبدیل می‌شود، که در نتیجه‌ی آن رنگ گوشت از قرمز روشن به قهوه‌ای تیره تبدیل می‌شود (Faustman *et al*., 2010). دو شاخص روشنایی و قرمزی به عنوان شاخص‌هایی جهت قضاوت بصری در ارتباط با رنگ پریدگی (pale)، نرمی (soft)، تیرگی (darkness)، سفتی (firm) و خشکی (dry) گوشت پیشنهاد شده است (Brewer, 2011). بالاترین ضریب همبستگی بین کیفیت گوشت و رنگ آن به‌طور کلی برای تغییرات در شاخص قرمزی ($a^*$) بیان شده است. در واقع تغییر رنگ گوشت تازه، با از بین رفتن مواد مغذی و سایر خصوصیات حسی مهم همراه است که می‌تواند در هضم و دسترسی به مواد مغذی اثر مخرب زیادی به همراه داشته باشد که امروزه در علم گوشت مورد توجه قرار گرفته است (Bekhit *et al*., 2019).

یکی از دلایل تأثیرگذار بر میزان روشنایی (L) و قرمزی در تحقیق حاضر احتمالا به دلیل وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدی و پلی‌فنلی موجود در خرفه باشد (جدول ۲)؛ به نظر می‌رسد که آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در گیاهانی مانند خرفه با استفاده از سیستم‌های مبتنی بر آنزیم‌های کاهش‌دهنده مت‌میوگلوبین، موجب حفظ رنگ طبیعی گوشت می‌شوند (Liu *et al*., 2015). به نظر

می‌رسد که خرفه با دارا بودن ترکیبات ثانویه پلی‌فنلی نظیر ترکیبات فلاونوئیدی و تانني (جدول ۲)، منجر به حفظ میزان شاخص روشنایی گوشت در مطالعه حاضر شده است. در تحقیقی (Luciano *et al*., 2011) با بررسی اثر جیره‌های حاوی تانن روی رنگ گوشت پیشنهاد شد که سطوح پایین‌تر رنگدانه‌ها (هموگلوبین و میوگلوبین) در گوشت گوسفند تغذیه‌شده با جیره حاوی تانن می‌تواند منجر به بهبود (روشنایی) رنگ شود. کنترل اتوکسیداسیون و در نتیجه‌ی آن کاهش میزان تظاهر رنگ میوگلوبین باعث حفظ روشنی گوشت می‌شود (Nieto *et al*., 2012). پژوهش‌گران بسیاری کاهش اکسیداسیون لیپید و کاهش تغییر رنگ گوشت را به ترکیبات فنلی موجود در محصولات گیاهی نسبت داده‌اند (Emami *et al*., 2015). حتی گزارش دادند که فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها نسبت به ویتامین C محافظت بهتری در برابر گونه‌های اکسیژن فعال برای تغییر رنگ کمتر و حفظ قرمزی گوشت دارند. موافق با نتایج پژوهش حاضر، استفاده از آویشن و رزماری (حاوی آنتی اکسیدان‌های طبیعی مانند گیاه خرفه) به‌ترتیب در جیره میش‌های باردار و بره‌های پرواری سبب کاهش اکسیداسیون لیپید و حفظ رنگ گوشت شد (Nieto *et al*., 2012; Ribeiro *et al*., 2011). همچنین نشان داده شده است که مقدار L (روشنایی) برای دو سطح بالاتر خرفه در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (Fan *et al*., 2019).

مقادیر شاخص روشنایی در گوشت گاوهای تغذیه‌شده با جیره حاوی گیاه رزماری (دارای آنتی‌اکسیدان‌های قوی مشابه با خرفه) به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود (Fruet *et al*., 2019). موافق با نتایج آزمایش حاضر، اضافه کردن عصاره دانه انگور و روزماری به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به گوشت گاو و خوک (Rojas & Brewer, 2008) یا پالپ دانه انار به گوشت بزغاله‌ها (Emami *et al*., 2015) باعث کاهش شاخص زردی (b) در آن‌ها شد. افزودن عصاره خرفه در هنگام انجماد و نگهداری گوشت خوک باعث حفظ شاخص قرمزی (a) گوشت نسبت به گروه فاقد خرفه شد (Fan *et al*., 2019). این امر می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در گیاه خرفه در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدهای گوشت باشد.

پایین‌بودن مقادیر زاویه رنگ (Hue) در گوشت نشان‌دهنده مقاومت ترکیبات گوشت در برابر تشکیل مت‌میوگلوبین و در نتیجه کاهش اکسیداسیون در ماهیچه است (Luciano *et al*., 2011). این عقیده وجود دارد که زاویه رنگ بزرگ‌تر نشان‌دهنده‌ی رنگ قهوه‌ای و نامطلوب گوشت است و مقادیر پایین کروما نیز شدت رنگ کمتر در گوشت را شامل می‌شود (King *et al*., 2012). موافق با یافته‌های تحقیق حاضر نشان داده شده است که مکمل کردن تانن (عطف به وجود تانن در گیاه خرفه) به جیره موجب کاهش شاخص زاویه رنگ گوشت بره‌ها شد (Luciano *et al*., 2009). به نظر می‌رسد کاهش تشکیل مت‌میوگلوبین، همچنین کاهش غلظت هِم در گوشت بره‌های تغذیه‌شده با رژیم‌های غذایی حاوی ترکیبات فنلی (نظیر تانن) می‌تواند دلیل پایین آمدن مقادیر زاویه رنگ (Luciano *et al*., 2009) در بره‌های تغذیه شده با خرفه به عنوان گیاه حاوی مواد فنلی در این مطالعه باشد.

**ترکیب شیمیایی گوشت**

تأثیر سطوح مختلف خرفه بر ترکیب شیمیایی گوشت در جدول ۴ ارائه شده است. درصد ماده خشک، پروتئین و چربی در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. اما، درصد خاکستر گوشت در سطوح مختلف خرفه نسبت به گروه شاهد افزایش یافت ($P$<۰/۰۵). درصد رطوبت در تیمار شاهد و تیمار حاوی ۷/۵ درصد خرفه کمی بالاتر از تیمار ۱۵ درصد بود ($P$<۰/۰۵). پژوهش‌های دیگر تفاوت معنی‌داری در ترکیب شیمیایی گوشت بزها هنگام مکمل کردن ترکیبات فنلی گیاهی به عنوان آنتی اکسیدان‌های طبیعی مشاهده نکردند (Cimmino *et al*., 2018; Yakan *et al*., 2016). گزارش شده است که اضافه کردن خرفه خشک شده به جیره خوک باعث افزایش در محتوی خاکستر ماهیچه نسبت به گروه شاهد شد (Ezekwe *et al*., 2011).

جدول ۴. آثار سطوح مختلف خرفه تغذیه‌شده بر ترکیبات شیمیایی (درصد) گوشت بره‌های پرواری

Table 4. Effect of supplementation of different level of POL[1] on meat chemical composition (%) of fattening Lambs

| Item | Treatments | | | SEM[2] | P-VALUE[3] | Effect | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POL 0% | POL 7.5% | POL 15% | | | Linear | Quaderatic |
| Moisture | 72.47 | 72.92 | 70.82 | 0.55 | 0.01 | 0.59 | 0.11 |
| DM | 28.69 | 28.68 | 29.17 | 1.27 | 0.95 | 0.99 | 0.87 |
| CP | 16.28 | 16.26 | 16.27 | 0.93 | 0.22 | 0.39 | 0.60 |
| Ash | 4.68 | 5.05 | 5.84 | 0.24 | 0.01 | 0.03 | 0.50 |
| EE | 21.92 | 20.73 | 19.46 | 1.47 | 0.51 | 0.58 | 0.98 |

1. *Portulaca Oleracea* 2. Standard error of mean, 3. P<0.05.

۱. خرفه، ۲. خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳. P<۰/۰۵.

DM: dry matter, CP: crude protein, EE: ether extract.

DM: ماده خشک، CP: پروتئین خام، EE: عصاره اتری.

به‌نظر می‌رسد ترکیبات فنلی نظیر تانن و فلاونوئیدها که در خرفه موجود است (جدول ۲) دارای فعالیت استئوژنیکی (استخوان‌سازی) هستند و باعث بهبود جذب و رسوب مواد معدنی (کلسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، آهن و مس) در استخوان می‌شوند (Mirdehghan & Rahemi, 2007) رطوبت گوشت بره‌های عربی در مطالعه حاضر مشابه مقادیر گزارش‌شده توسط پژوهش‌گران دیگر، برای برخی از ماهیچه‌های بره‌ها بود (Liu *et al*., 2018). موافق با یافته‌های این پژوهش گزارش شده است که کاتچین‌های چای باعث کاهش رطوبت ماهیچه راسته در بز می‌شوند (Tan *et al*., 2011). پژوهش‌گران بر این باورند که بهبود دریافت و نگهداری نیتروژن از طریق تغییر تخمیر در شکمبه به وسیله ترکیبات فنلی همانند انواع فلاونوئیدها، می‌تواند یکی از مکانیسم‌های مؤثر در کاهش رطوبت گوشت باشد (Tan *et al*., 2011).

با این‌حال، تأثیر فلاونوئیدها در کاهش رطوبت گوشت برای بزها (Cho *et al*., 2010) و بره‌های (Andrés *et al*., 2014) تغذیه‌شده با مکمل کوئرستین، همچنین مکمل نارنجین در بره‌ها (Simitzis eta l., 2019) مشاهده نشد. بیشتر مطالعات انجام‌شده بر اثر فلاونوئیدهای گیاهی در تغذیه بره‌های پرواری، تأثیری در رطوبت گوشت نشان ندادند (Liu *et al*., 2015). این باور وجود دارد که علت این تفاوت‌ها در نتایج رطوبت گوشت، می‌تواند متفاوت بودن نوع عضلات در اندازه‌گیری رطوبت گوشت باشد (North *et al*., 2019).

**غلظت مالون‌دی‌آلدهید و پایداری اکسیداتیو گوشت**

اثر دوره ذخیره‌سازی بر روی غلظت مالون‌دی‌آلدهید گوشت در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف خرفه در جدول ۵ نشان داده شده است. تغذیه بره‌ها با خرفه باعث کاهش معنی‌داری در غلظت مالون‌دی‌آلدهید گوشت این دام‌ها تا ۳۰ روز پس از ذخیره‌سازی آن شد، به عبارت دیگر با افزودن خرفه به جیره بره‌ها، مهار اکسیداسیون افزایش یافته و به تبع آن غلظت مالون‌دی‌آلدهید کاهش نشان داد (جدول ۵)، که نشان‌دهنده افزایش زمان ماندگاری گوشت است (Cunha *et al*., 2018).

موافق با آزمایش حاضر، کاهش معنی‌دار مقادیر غلظت مالون‌دی‌آلدهید در گوشت خوک در طول ذخیره‌سازی، با افزودن خرفه (Fan *et al*., 2019) یا پودر برگ جینگو بیلوبا (*Ginkgo biloba*) (Zhang *et al*., 2016) که حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر فنل‌ها و فلاوونوئیدها هستند، گزارش شده است. بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی گوشت در بره‌ها پس از تغذیه رژیم غذایی گیاهان غنی از ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی، در مطالعات متعددی گزارش شده است (Hukerdi *et al*., 2019). تحقیقات نشان داده است هنگامی‌که گوسفندان با جیره‌های حاوی ویتامین E و گیاه حاوی مواد دارای ترکیبات فنلی بالا (نظیر خرفه) تغذیه شدند، در همه تیمارها غلظت مالون‌دی‌آلدهید کاهش یافته که این عامل باعث حفاظت گوشت از اکسیداسیون لیپید شد (Karami *et al*., 2010). زمانی‌که بره‌ها از طریق دانه‌های روغنی تغذیه شدند، کورستین (یک نوع فلاونوئید) باعث کاهش پراکسیداسیون لیپید گوشت و در نتیجه طول مدت ماندگاری آن شد (Andrés et al., 2014). مطالعات نشان می‌دهد که ترکیبات فنلی می‌توانند اثری کاهشی بر اکسیداسیون لیپید گوشت داشته باشند (Cimmino *et al*., 2018).

جدول ۵. اثر دوره ذخیره سازی بر روی غلظت مالون‌دی‌آلدهید گوشت در بره‌های تغذیه شده با سطوح مختلف خرفه

Table 5. The effect of storage period on concentration of malondialdehyde in lamb fed with different levels of supplementary POL[1]

| Storage Time (day) | Treatments | | | SEM[2] | P-VALUE[3] | Effect | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | POL 0% | POL 7.5% | POL 15% | | | Linear | Quaderatic |
| 1 | 0.683 | 0.671 | 0.666 | 0.003 | 0.007 | 0.02 | 0.41 |
| 7 | 1.865 | 1.853 | 1.840 | 0.005 | 0.008 | 0.01 | 0.89 |
| 30 | 6.47 | 6.35 | 6.30 | 0.026 | 0.0008 | 0.003 | 0.21 |

1. *Portulaca Oleracea*, 2. Standard error of mean, 3. P<0.05.

۱. خرفه، ۲. خطای استاندارد میانگین‌ها. ۳. P<۰/۰۵.

لذا شاید کاهش اکسیداسیون لیپیدهای گوشت و در ادامه کاهش مالون‌دی‌آلدهید در تحقیق حاضر ناشی از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی موجود در گیاه خرفه باشد (جدول ۲). مشاهده شده است که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بسیاری از فلاونوئیدهای طبیعی حتی قوی‌تر از ویتامین‌های C و E است (Prior & Cao, 2000). همه این موارد می‌تواند از آثار مفید استفاده از گیاه خرفه در جیره بره‌های پرواری برای سلامت تولیدات مصرفی انسان باشد. زیرا پژوهش‌های مختلف نشان دادند که رژیم غذایی عامل اصلی تغییر در ترکیب اسیدهای چرب در گوشت بره است (Ribeiro *et al*., 2011).

**نتیجه‌گیری کلی**

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از خرفه در رژیم‌های غذایی بره‌های پرواری قادر به افزایش کیفیت گوشت، طول مدت ماندگاری و کاهش اکسیداسیون گوشت شد. مکمل خرفه باعث ثبات رنگ گوشت در طول مدت ذخیره‌سازی شد. استفاده از این گیاه که غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر فلاونوئیدها است برای حفظ سلامتی بره‌ها و بهبود وضعیت پایداری اکسیداتیو گوشتی که به مصرف انسان می‌رسد، مثبت ارزیابی می‌شود. در کل، با توجه به غنی بودن گیاه خرفه از اسیدهای چرب نظیر امگا ۳ امگا ۶ و اسید لینولئیک، باعث شد که تغذیه این گیاه به بره‌های پرواری کیفیت گوشت از نظر رنگ و سایر ویژگی‌ها را افزایش دهد.

## سپاسگزاری

از مسئولین محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و دانشگاه زابل برای فراهم آوردن زمینه انجام این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## REFERENCES

1. Ahmad, R. S., Imran, A. & Hussain, M. B. (2018). Nutritional composition of meat. *Meat Science and Nutrition*, 61.77.
2. Andrés, S., Morán, L., Aldai, N., Tejido, M. L., Prieto, N., Bodas, R. & Giráldez, F. J. (2014). Effects of linseed and quercetin added to the diet of fattening lambs on the fatty acid profile and lipid antioxidant status of meat samples. *Meat Science*, 97(2), 156-163.
3. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. 15th ed. *Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, U.S.A. P: 1094.
4. Bekhit, L. E. A. J., Morton, D., Bhat, Z. F. & Zequan, X. (2019). Meat colour: Chemistry and measurement systems. In L. Melton, F. Shahidi, P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry*. pp. 211-217.
5. Bessa, R.J., Alves, & S.P. Santos-Silva, J. (2015). Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(9), 1325-1344.
6. Bezerra, L.S., Barbosa, A.M., Carvalho, G.G.P., Simionato, J.I., Freitas Jr, J.E., Araújo, M.L.G.M.L., Pereira, L., Silva, R.R., Lacerda, E.C.Q. & Carvalho, B.M.A. (2016). Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Science*, 121, 88-95.
7. Biesalski, H.K. (2005). Meat as a component of a healthy diet–are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. *Meat Science*, 70(3), 509-524.
8. Brewer, M.S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive reviews in *Food Science and Food Safety*, 10(4), 221-247.

9. Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74(17), 2157-2184.
10. Chikwanha, O.C., Muchenje, V., Nolte, J.E., Dugan, M.E. & Mapiye, C. (2019). Grape pomace (*Vitis vinifera* L. cv. Pinotage) supplementation in lamb diets: Effects on growth performance, carcass and meat quality. *Meat Sciences*, 147, 6-12.
11. Cho, S., Jo, C., Jung, S., Kim, M., Oh, H., Lee, B. & Lee, S. (2010). Effects of dietary quercetin on the feed utilization, blood parameters, and meat quality in Korean native goats. *Journal of Animal Science and Technology*, 52(4), 297-304.
12. Cimmino, R., Barone, C.M., Claps, S., Varricchio, E., Rufrano, D., Caroprese, M., Albenzio, M., De Palo, P., Campanile, G. & Neglia, G. (2018). Effects of dietary supplementation with polyphenols on meat quality in Saanen goat kids. *BMC Veterinary Research*, 14(1), 181.
13. Corzo, A., Schilling, M.W., Loar, R.E., Jackson, V., Kin, S. & Radhakrishnan, V. (2009). The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science*, 88(2), 432-439.
14. Cunha, L.C., Monteiro, M.L.G., Lorenzo, J.M., Munekata, P.E., Muchenje, V., de Carvalho, F.A.L. & Conte-Junior, C.A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379-390.
15. Dabbou, S., Gasco, L., Gai, F., Zoccarato, I., Rotolo, L., Fekih, S.D., Brugiapaglia, A., Helal, A.N. & Peiretti, P.G. (2014). Dried artichoke bracts in rabbits nutrition: effects on the carcass characteristics, meat quality and fatty-acid composition. *Animal*, 8(9), 1547.
16. Dabbou, S., Gasco, L., Rotolo, L., Pozzo, L., Tong, J.M., Dong, X.F., Rubiolo, P., Schiavone, A. & Gai, F. (2018). Effects of dietary alfalfa flavonoids on the performance, meat quality and lipid oxidation of growing rabbits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(2), 270.
17. Descalzo, A.M. & Sancho, A.M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 423-436.
18. El Kashef, R. K., Soliman, A. S., Hassan, H. M. & Abd-Elhak, N. A. (2018). Evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of different solvent extract of Egyptian purslane leaves. *Current Science Journal*, 7(4), 616-623.
19. Emami, A., Nasri, M.F., Ganjkhanlou, M., Zali, A. & Rashidi, L. (2015). Effects of dietary pomegranate seed pulp on oxidative stability of kid meat. *Meat science*, 104, 14-19.
20. Ezekwe, M.O., Nyoka, Q.E., Besong, S.A. & Igbokwe, P.E. (2011). Dietary supplements of freeze-dried purslane leaves lower serum cholesterol in growing pigs. *Research Journal of Animal Sciences*, 5(3), 27-33.
21. Fan, X. J., Liu, S. Z., Li, H. H., He, J., Feng, J. T., Zhang, X. & Yan, H. (2019). Effects of *Portulaca oleracea* L. extract on lipid oxidation and color of pork meat during refrigerated storage. *Meat Sciences*, 147, 82-90.
22. Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R. & Suman, S.P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Sciences*, 86(1), 86-94.
23. Fruet, A.P.B., Nörnberg, J.L., Calkins, C.R. & De Mello, A. (2019). Effects of different antioxidants on quality of beef patties from steers fed low-moisture distillers grains. *Meat Sciences*, 154, 119-125.
24. Gladine, C., Rock, E., Morand, C., Bauchart, D. & Durand, D. (2007). Bioavailability and antioxidant capacity of plant extracts rich in polyphenols, given as a single acute dose, in sheep made highly susceptible to lipoperoxidation. *British Journal of Nutrition*, 98(4), 691-701.
25. Golshan-Zoroofi, M., Shahryar, H. A., Chekani-Azar, S. & Ahadi, F. (2013). Effects of diet supplementation with Purslane (*Portulaca Oleracea* L.) on Growth Performance of Moghani Lamb. J. Appl. Environ. *Journal of Biological Sciences*, 3(9), 115-118.
26. Hildrum, K.I., Solvang, M., Nilsen, B.N., Frøystein, T. & Berg, J. (1999). Combined effects of chilling rate, low voltage electrical stimulation and freezing on sensory properties of bovine M. longissimus dorsi. *Meat Sciences*, 52(1), 1-7.
27. Hukerdi, Y.J., Nasri, M.F., Rashidi, L., Ganjkhanlou, M. & Emami, A. (2019). Effects of dietary olive leaves on performance, carcass traits, meat stability and antioxidant status of fattening Mahabadi male kids. *Meat Sciences*, 153, 2-8.
28. Imik, H., Urcar, S., Atasever, M.A., Gümüş, R. & Özlü, H. (2018). Effects of the supplementation of lamb rations with oregano essential oil on the antimicrobial and antioxidant metabolism in meat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42(6), 581-589.
29. Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K. & Puolanne, E. (2000). Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sciences*, 55(1), 25-31.
30. Jiang, H., Wang, Z., Ma, Y., Qu, Y., Lu, X., Guo, H. & Luo, H. (2015). Effect of dietary lycopene supplementation on growth performance, meat quality, fatty acid profile and meat lipid oxidation in lambs in summer conditions. *Small Ruminant Research*, 131, 99-106.

31. Karami, M., Alimon, A.R., Sazili, A.Q. & Goh, Y.M. (2010). Meat quality and lipid oxidation of infraspinatus muscle and blood plasma of goats under dietary supplementation of herbal antioxidants. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(22), 2839-2847.
32. Karre, L., Lopez, K. & Getty, K.J. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Sciences*, 94(2), 220-227.
33. King, D.A., Shackelford, S.D., Kalchayanand, N. & Wheeler, T.L. (2012). Sampling and aging effects on beef longissimus color stability measurements. *Journal of Animal Science*, 90(10), 3596-3605.
34. Lim, Y. Y. & Quah, E. P. (2007). Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food chemistry*, 103(3), 734-740.
35. Liu, F., Xu, Q., Dai, R. & Ni, Y. (2015). Effects of natural antioxidants on colour stability, lipid oxidation and metmyoglobin reducing activity in raw beef patties. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(1), 37-44.
36. Liu, W., Ding, H., Erdene, K., Chen, R., Mu, Q. & Ao, C. (2018). Effects of flavonoids from Allium mongolicum regel as a dietary additive on meat quality and composition of fatty acids related to flavor in lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(1), 15-23..
37. Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Biondi, L., Lanza, M. & Priolo, A. (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sciences*, 81(1), 120-125.
38. Luciano, G., Vasta, V., Monahan, F.J., López-Andrés, P., Biondi, L., Lanza, M. & Priolo, A. (2011). Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chemistry*, 124(3), 1036-1042.
39. Majdoub-Mathlouthi, L., Saïd, B., Say, A. & Kraiem, K. (2013). Effect of concentrate level and slaughter body weight on growth performances, carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay based diet. *Meat Sciences*, 93(3), 557-563.
40. Makkar, H. P. (2003). *Measurement of total phenolics and tannins using Folin-Ciocalteu method. In Quantification of tannins in tree and shrub foliage*. Springer Science. 49-51.
41. Michalczyk, M., Macura, R. & Matuszak, I. (2009). The effect of air-drying, freeze-drying and storage on the quality and antioxidant activity of some selected berries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(1), 11-21.
42. Mirdehghan, S.H. & Rahemi, M. (2007). Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (Punica granatum L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 120-127.
43. Muela, E., Alonso, V., Campo, M.M., Sañudo, C. & Beltrán, J.A. (2014). Antioxidant diet supplementation and lamb quality throughout preservation time. *Meat Sciences*, 98(2), 289-295.
44. NRC. (2007). National Research Council: *Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids and New York camelids*. National Academy of Science, Washington, DC. P: 384.
45. Nieto, G., Bañón, S. & Garrido, M.D. (2012). Incorporation of thyme leaves in the diet of pregnant and lactating ewes: Effect on the fatty acid profile of lamb. *Small Ruminant Research*, 105(1-3), 140-147.
46. North, M.K., Dalle Zotte, A. & Hoffman, L.C. (2019). The use of dietary flavonoids in meat production. A review. *Animal Feed Science and Technology*, 257, 114291.
47. Pandjaitan, N., Howard, L.R., Morelock, T. & Gil, M.I. (2005). Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8618-8623.
48. Prior, R. L. & Cao, G. (2000). Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *HortScience*. 35(4), 588-592.
49. Ribeiro, C.V.D.M., Oliveira, D.E., Juchem, S.O., Silva, T.M. & Nalério, E.S. (2011). Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(1), S121-S137.
50. Ripoll, G., González-Calvo, L., Molino, F., Calvo, J.H. & Joy, M. (2013). Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. *Meat Science*, 93(4), 906-913.
51. Rojas, M. C. & Brewer, M. S. (2008). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. *Journal of Food quality*. 31(2), 173-188.
52. Safari, H., Mohiti Asli, M. & Mohammadpour, F. (2016). Effect of purslane powder on performance, quality and oxidative stability of meat and some blood metabolites in fattening lambs. *Animal Production Research*, 5(1), 15-26.
53. Sallam, K.I., Ishioroshi, M. & Samejima, K. (2004). Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 37(8), 849-855.
54. Scheffler, T.L., Park, S. & Gerrard, D.E. (2011). Lessons to learn about postmortem metabolism using the AMPKγ3R200Q mutation in the pig. *Meat Science*, 89(3), 244-250.
55. Serrano, R., Jordán, M.J. & Bañón, S. (2014). Use of dietary rosemary extract in ewe and lamb to extend the shelf life of raw and cooked meat. *Small Ruminant Research*, 116(2-3), 144-152.

56. Sicari, V., Loizzo, M. R., Tundis, R., Mincione, A. & Pellicano, T. M. (2018). *Portulaca oleracea* L. (Purslane) extracts display antioxidant and hypoglycaemic effects. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 91, 39-46.
57. Silva, R. & Carvalho, I.S. (2014). In vitro antioxidant activity, phenolic compounds and protective effect against DNA damage provided by leaves, stems and flowers of *Portulaca oleracea* (Purslane). *Natural product communications*. 9(1), 45-50.
58. Simitzis, P.E., Charismiadou, M.A., Goliomytis, M., Charalambous, A., Ntetska, I., Giamouri, E.& Deligeorgis, S.G. (2019). Antioxidant status, meat oxidative stability and quality characteristics of lambs fed with hesperidin, naringin or α-tocopheryl acetate supplemented diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 343-349.
59. Tan, C.Y., Zhong, R.Z., Tan, Z.L., Han, X.F., Tang, S.X., Xiao, W.J., Sun, Z.H. & Wang, M. (2011). Dietary inclusion of tea catechins changes fatty acid composition of muscle in goats. *Lipids*, 46(3), 239-247.
60. Uddin, M., Juraimi, A. S., Hossain, M. S., Un, A., Ali, M. & Rahman, M. M. (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *Scientific World Journal*. 2014: 1-6.
61. Van Soest, P.V., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
62. Xiu, F., Li, X., Zhang, W., He, F., Ying, X. & Stien, D. (2019). A new alkaloid from *Portulaca oleracea* L. and its antiacetylcholinesterase activity. *Natural Product Research*, 33(18), 2583-2590.
63. Yakan, A., Ates, C.T., Alasahan, S., Odabasioglu, F., Unal, N., Ozturk, O.H., Gungor, O.F. & Ozbeyaz, C. (2016). Damascus kids' slaughter, carcass and meat quality traits in different production systems using antioxidant supplementation. *Small Ruminant Research*, 136, 43-53.
64. Yang, X., Zhang, W., Ying, X. & Stien, D. (2018). New flavonoids from *Portulaca oleracea* L. and their activities. *Fitoterapia*, 127, 257-262.
65. Yarali, E., Yilmaz, O., Cemal, I., Karaca, O. & Taskin, T. (2014). Meat quality characteristics in Kıvırcık lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38(4), 452-458.
66. Zhang, X., Lu, P., Xue, W., Wu, D., Wen, C., Ding, L. & Zhou, Y. (2016). Effect of Ginkgo biloba Leaf Powder on Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Activity of Muscle in Growing-Finishing Pigs. *Pakistan Journal of Zoology*, 48(5), 1555-1561.