

Effects of different levels of biuret instead of urea on the chemical composition, amino acid profile and meat quality characteristics of Afshari male lambs

Samira Nazari¹, Ayoub Azizi^{1*}, Ali Kiani¹, Maryam Asnaashari²

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

² Department of Animal Processing, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj

*Corresponding author: azizi.ay@lu.ac.ir; azizi.msc.modares@gmail.com

<https://doi.org/10.22067/ijasr.2025.92313.1240>

Introduction: In ruminants, protein sources that provide amino acids and nitrogen requirements of ruminants, are among the most expensive parts of the diet (Hashem and Tayeb, 2023). Plant protein sources (such as soybean meal, rapeseed meal, etc.), animal protein sources (such as meat meal and seafood), and non-protein nitrogen are used to provide the protein requirements of ruminants. However, the shortage of protein sources has become a global problem and the global price of soybean meal, as an important standard protein source, remains high, which has led to increase in production costs. Therefore, finding alternative sources of soybean meal to provide crude protein in diets seems to be essential. NPN sources are a group of compounds that are not proteins but contain nitrogen in their structure and include urea, ammonium salts, nitrates, alkaloids, asparagine, purine, choline, uric acid, amines, amides, amino acids and nucleic acids. Urea is considered a practical NPN source due to its lower cost and contains 46% nitrogen, which is equivalent to 287.5% crude protein. However, rapid breakdown of urea in the rumen and high release of ammonia will increase the amount of nitrogen excreted in the urine and reduce livestock performance. One of the less studied sources of slow-release urea is biuret. Biuret (carbamyl urea or alphanamides) with the chemical formula $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$ is produced by the condensation of two urea molecules at high temperatures in the Bosh-Meiser process, and can be used as a slow-release NPN source in ruminant nutrition. Biuret contains about 41% nitrogen (256% crude protein) and is degraded by ruminal microorganisms at a slower rate than urea. Most studies conducted on the use of NPN sources in ruminant nutrition has focused on animal health and performance, and very few studies have been conducted on the effects of these sources on the carcass quality of fattening lambs. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effects of replacing different levels of biuret at the expense of urea on growth performance, rumen microbial protein synthesis and meat quality characteristics in Afshari fattening male lambs.

Material and Methods: The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 experimental treatments and 7 lambs in each experimental group (total 28 Afshari male lambs). The average age of the animals was 135 ± 15 days and their average live weight was 34 ± 1.13 kg. The lambs were kept and raised in individual pens from the first day of experiment. The animals were fed with experimental diets for 84 days, the first 14 days considered as adaptation period to the experimental diets and individual pens, and the remaining 70 days as the main period of the experiment. The experimental diets contained biuret at levels 0 (control treatment), 0.54, 1.08 and 1.61% on dry matter (DM) basis. Biuret production from urea was carried out by converting one urea molecule into equimolar amounts of ammonia and cyanic acid at a temperature above the melting point of urea

(145°C). The cyanic acid produced from urea then reacts with other urea to form biuret. In general, two urea molecules are converted into one biuret molecule and one ammonia molecule. In this study, the process of producing biuret from urea was carried out at a temperature of 145°C for 3 hours without using catalyst.

Results and Discussion: The results showed that with increasing biuret level in the diet total weight gain, average daily weight gain and micro protein production increased linearly ($P<0.05$), although the average final weight and DM intake were not affected by the experimental diets ($P>0.05$). Blood urea nitrogen (BUN) increased linearly as the level of biuret elevated in the diet ($P<0.05$). With increasing biuret level in the diet, meat crude protein percentage tended to increase linearly ($P=0.07$), although the moisture, crude fat, and crude ash contents of meat were not affected ($P>0.05$). With increasing dietary biuret level, meat pH tended to increase ($P=0.08$). Water holding capacity, tendency to redness (a^*) and brightness (L^*) of meat increased linearly with increasing dietary biuret levels ($P<0.05$), but meat shear force decreased linearly ($P<0.05$). Cooking weight loss was not affected by the experimental diets ($P>0.05$). With increasing level of biuret color score and overall acceptance of raw and cooked meat increased linearly ($P<0.05$). Concentrations of major essential amino acids in meat increased linearly with increasing the level of biuret in the diet ($P<0.05$), while glutamine concentration decreased linearly ($P<0.05$).

Conclusion: The current study indicated that using biuret instead of urea up to 1.61% of the dietary DM improved growth performance, microbial protein production and meat quality and sensory properties in fattening lambs.

Keywords: Fattening lamb, Biuret, Meat amino acid profile, Organoleptic properties, Meat quality

اثرات سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی، پروفیل اسیدهای آمینه و خصوصیات کیفی گوشت بره‌های نر افشاری

سمیرا نظری^۱، ایوب عزیزی^{۱*}، علی کیانی^۱، مریم اثنی‌عشری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴

^۱ گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

^۲ گروه فرآوری تولیدات دامی، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

*مسئول مکاتبات:

تلفن: ۰۹۱۰۶۳۵۸۵۰۴؛ آدرس ایمیل: azizi.msc.modares@gmail.com; azizi.ay@lu.ac.ir ;

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثرات جایگزینی سطوح بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، ترکیب شیمیایی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت عضله راسته بره‌های پرواری انجام شد. تعداد ۲۸ رأس بره نر نژاد افشاری (سن 15 ± 13 روز و وزن زنده $34 \pm 1/13$ کیلوگرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و هفت تکرار استفاده شد. جیره‌های آزمایشی شامل صفر (شاهد)، $0/54$ ، $1/08$ و $1/61$ درصد ماده خشک جایگزینی بیورت به جای اوره در یک دوره پروار ۷۰ روزه تغذیه شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سطح بیورت در جیره افزایش وزن کل دوره، میانگین افزایش وزن روزانه و تولید پروتئین میکروبی به طور خطی افزایش یافت ($P < 0/05$)، هرچند میانگین وزن نهایی و مصرف ماده خشک تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$). غلظت نیتروژن اوره‌ای خون با افزایش میزان بیورت در جیره به طور خطی در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت ($P < 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره درصد پروتئین خام گوشت به طور خطی تمایل به افزایش نشان داد ($P = 0/07$)، هرچند محتوای رطوبت، چربی خام و خاکستر خام گوشت تحت تأثیر قرار نگرفت ($P > 0/05$). با افزایش سطح بیورت جیره pH گوشت تمایل به افزایش نشان داد ($P = 0/08$). ظرفیت نگهداری آب، گرایش به قرمزی (a^*) و روشنایی (L^*) در گوشت بره‌ها با افزایش سطح بیورت در جیره افزایش یافت ($P < 0/05$)، اما نیروی برشی گوشت به طور خطی کاهش نشان داد ($P < 0/05$). کاهش وزن در اثر پخت و ضایعات شیرابه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره امتیاز رنگ و پذیرش کلی در گوشت خام و پخته به طور خطی افزایش یافت ($P < 0/05$). با افزایش سطح بیورت در جیره غلظت اسیدهای آمینه‌های سرین، گلوتامیک و آلانین در گوشت افزایش یافت ($P < 0/05$)، در مقابل غلظت گلوتامین گوشت کاهش یافت ($P < 0/05$). در کل، جایگزینی بیورت به جای اوره تا سطح $1/61$ درصد ماده خشک جیره بره‌های پرواری سبب بهبود عملکرد رشد و تولید پروتئین میکروبی و خواص کیفی و حسی گوشت شد.

واژه‌های کلیدی: بره پرواری، بیورت، پروفیل اسید آمینه گوشت، خواص حسی گوشت، کیفیت گوشت

مقدمه

در نشخوارکنندگان، منابع پروتئینی که تأمین کننده اسیدهای آمینه و نیتروژن برای نشخوارکنندگان هستند، جزء گرانترین بخش جیره غذایی می باشند (Hashem and Tayeb, 2023). امروزه منابع پروتئینی گیاهی (مانند کنجاله سویا، کنجاله کلزا و غیره)، حیوانی (مانند پودر گوشت و فرآورده‌های دریایی) و مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی برای تأمین پروتئین مورد نیاز نشخوارکنندگان مورد استفاده قرار می گیرد (NRC, 2001). با این حال، کمبود منابع پروتئینی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است و قیمت جهانی کنجاله سویا به عنوان یک منبع مهم پروتئینی استاندارد همچنان زیاد است، که افزایش هزینه‌های تولید را به دنبال داشته است (Poscic, 2017; Jiang et al., 2023). بنابراین، یافتن منابع جایگزین کنجاله سویا جهت تأمین پروتئین خام جیره‌های غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد. منابع نیتروژن دار غیر پروتئینی می‌توانند یکی از ترکیبات جایگزین مذکور باشند که در مطالعاتی جایگزینی بخشی از کنجاله سویای جیره با منابع نیتروژن دار غیر پروتئینی به سبب کاهش هزینه‌های خوراک، بهبود بهره‌وری تولید در نشخوارکنندگان را به دنبال داشته است (Zahmatkesh and Jahani-Moghadam, 2018; Jiang et al., 2023). مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی گروهی از ترکیباتی هستند که در ساختمان خود حاوی نیتروژن هستند و شامل اوره، نمک‌های آمونیوم،

نیترات‌ها، آلکالوئیدها، آسپاراژین، پورین، کولین، اسید اوریک، آمین‌ها، آمیدها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک هستند (Zurak et al., 2023). در ایران ظرفیت نسبتاً زیادی جهت تولید اوره و امکان ساخت ترکیبات نیتروژن‌دار آهسته‌رهش از آن وجود دارد، این در حالی است که متأسفانه استفاده از منابع مذکور در تغذیه دام به شایستگی مورد توجه قرار نگرفته است، و واردات انواع منابع اوره آهسته‌رهش عمدتاً از خارج از کشور انجام می‌شود (Varezardi et al., 2023). اوره به دلیل هزینه کمتر به عنوان یک منبع نیتروژن‌دار غیر پروتئینی کاربردی در نظر گرفته می‌شود (Broderick and Colmenero, 2006) و دارای ۴۶ درصد نیتروژن است که معادل ۲۸۷/۵ درصد پروتئین خام می‌باشد. با این وجود، تجزیه سریع اوره در شکمبه و آزادسازی زیاد آمونیاک، باعث افزایش مقدار نیتروژن دفع شده در ادرار و کاهش عملکرد دام خواهد شد. از طرفی، انرژی صرف شده توسط بدن دام برای دفع سمیت آمونیاک مازاد بیش از نیاز میکروارگانیسم‌هاست، که در نهایت باعث مسمومیت آمونیاکی و مرگ دام خواهد شد. این امر منجر به استفاده از ترکیبات اوره آهسته‌رهش مانند بیورت، فسفات اوره، اوره باند شده با سوبستراهایی مانند کلراید کلسیم شده است (Huntington et al., 2006). یکی از منابع اوره آهسته‌رهش که کمتر مورد توجه قرار گرفته است بیورت (کاربامیل اوره یا آلفانامیدها) با فرمول شیمیایی $(\text{NH}_2\text{CONHCONH})_2$ از چگالش دو مولکول اوره در دمای زیاد طی فرآیند Bosh-Meiser تولید می‌شود (Robinson et al., 2018) و به عنوان یک منبع NPN آهسته‌رهش در تغذیه نشخوارکنندگان قابل استفاده است (Varezardi et al., 2023). بیورت حاوی حدود ۴۱ درصد نیتروژن (معادل ۲۵۶ درصد پروتئین خام) است و در مقایسه با اوره با سرعت کندتری توسط میکروارگانیسم‌های شکمبه تجزیه می‌شود (Robinson et al., 2018). نشان داده شده است که برای تغذیه بیورت به نشخوارکنندگان به یک دوره سازگاری دو هفته تا دو ماه نیاز است، زیرا اگر میکروب‌های شکمبه به بیورت سازگار نشوند، آنزیم‌های بیورتاز به سرعت از بین می‌روند (Negassie and Yilkal, 2015). آنزیم‌های بیورتاز همزمان در سیستم‌های حیوانی ساخته نمی‌شوند و گاهی در نشخوارکنندگان جوان، برای سنتز تا ۶ ماه نیاز به دوره سازگاری دارند (Negassie and Yilkal, 2015). از آنجائی که بیورت به آرامی در شکمبه تجزیه می‌شود، می‌تواند منبعی آهسته اما پیوسته از آمونیاک را در شکمبه بسته به سرعت تجزیه میکروبی فراهم کند. خوشخوراکی و پذیرش بهتر توسط دام‌ها از دیگر مزایای تغذیه بیورت نسبت به اوره است (Varezardi et al., 2023). مصرف بیش از حد مواد نیتروژن‌دار غیر پروتئینی یا عدم وجود کربوهیدرات سهل‌الهضم به میزان کافی در جیره ممکن است سبب تولید آمونیاک مازاد در محیط شکمبه گردد. این امر سبب افزایش سطح نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) شده که در سطوح بسیار بالا ممکن است نیتروژن مازاد فراتر از دفع آن از طریق سیکل اوره در کلیه شده و وارد بافت‌های بدن گردد. مسمومیت آمونیاکی با علائم کلینیکی شامل ترشح بیش از حد بزاق، آتاکسی، دندان قروچه، لرزش ماهیچه‌ای، اتونی شکمبه‌ای، نفخ، تنفس سخت، دهیدراته شدن، تتانی، خمیدگی جناغ، تشنج و آیتمی قلبی اتفاق می‌افتد (Patra, 2015) و به دلیل کمبود اکسیژن‌رسانی به بافت‌های بدن (هیپوکسی)، رنگ گوشت تیره شده و بازارپسندی آن به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت. در دام‌های مسموم چنانچه غلظت آمونیاک خون از ۴ میلی‌گرم در دسی لیتر فراتر رود، پس از ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه مرگ حیوان را به دنبال خواهد داشت (Patra, 2015). عمده مطالعات صورت گرفته در ایران و جهان درباره کاربرد مواد نیتروژن‌دار غیر پروتئینی در تغذیه نشخوارکنندگان بیشتر روی سلامت و عملکرد دام تمرکز نموده است و راجع به اثرات منابع مذکور روی

کیفیت گوشت لاشه بره‌های پرواری مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است. اخیراً مشخص شده است که مکمل کردن جیره غذایی نشخوارکنندگان با اوره اثرات قابل توجهی روی شاخص‌های کیفی گوشت شامل تردی، رنگ و قرمزی آن دارد و درجه تأثیرپذیری فاکتورهای مذکور بسته به میزان اوره استفاده شده، محتوای پروتئین خام جیره‌ای و مرحله رشد دام دارد (Wang et al., 2016; Rozanski et al., 2017). بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثرات جایگزینی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، سنتز پروتئین میکروبی شکمبه، پروفیل اسید آمینه و خصوصیات کیفی گوشت (شامل pH، ترکیب شیمیایی، ظرفیت نگهداری آب، کاهش وزن در اثر طبخ، ضایعات شیرابه‌ای، نیروی برشی و خواص حسی گوشت) در بره‌های پرواری نژاد افشاری بود.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، تیمارهای آزمایشی و مدیریت پرورش

تعداد ۲۸ رأس بره نر نژاد افشاری با میانگین سنی 15 ± 135 روز و میانگین وزن زنده 13 ± 34 کیلوگرم در یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار آزمایشی و ۷ بره (تکرار) در هر گروه آزمایشی استفاده شد. بره‌ها از روز اول در جایگاه انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به ترتیب $150 \times 100 \times 100$ سانتی‌متر نگهداری و پرورش داده شدند. دو هفته قبل از شروع آزمایش بره‌ها علیه بیماری آنروتوکسمی واکسینه شدند و یک میلی‌لیتر شربت ضد انگل کلوزانتل ۵ درصد (شرکت داروسازی رویان دارو، تهران، ایران) به ازای هر کیلوگرم وزن زنده و مقدار یک میلی‌لیتر شربت ضد انگل نیکلوزوماید ۲۰ درصد (شرکت داروسازی رویان دارو، تهران، ایران) به ازای هر ۴ کیلوگرم وزن بدن به بره‌ها خورانده شد. دام‌ها به مدت ۸۴ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۴ روز اول به عنوان دوره عادت‌پذیری دام‌ها به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۷۰ روز باقیمانده به عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی که از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند، برای $2/67$ مگا کالری انرژی قابل متابولیسم در کیلوگرم ماده خشک و ۱۴ درصد پروتئین خام جیره متعادل شدند. نسبت علوفه به کنسانتره جیره‌ها ۱۵ به ۸۵ در نظر گرفته شد. جیره‌ها به صورت کاملاً مخلوط (TMR) و در دو نوبت ساعت $08:00$ و $16:00$ در اختیار بره‌ها قرار گرفت. هر روز قبل از خوراکدهی وعده صبح، پسماند خوراک هر بره از آخور جمع‌آوری شد و سپس خوراک تازه در آخور قرار می‌گرفت. همه حیوانات همواره به آب تمیز دسترسی داشتند. جیره‌های آزمایشی که بر اساس جداول احتیاجات غذایی نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تنظیم شده بودند، به ترتیب شامل سطوح صفر (تیمار شاهد، $1/20$ درصد اوره)، $0/54$ ، $1/08$ و $1/61$ درصد بیورت بر اساس ماده خشک بودند. معادل‌سازی سطوح مختلف جایگزینی بیورت به جای اوره بر اساس محتوای نیتروژن آن‌ها صورت گرفت. تولید بیورت از اوره در دمای بیش از نقطه ذوب اوره (145 درجه سانتی‌گراد) انجام می‌شود. بیورت مورد استفاده در این آزمایش با حرارت دادن اوره در دمای 145 درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت و بدون استفاده از کاتالیزور در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان تولید شد (Ryul Park et al., 2009). اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی (بر حسب درصد ماده خشک یا واحد بیان شده) جیره‌های آزمایشی

Table 1- Ingredients and chemical composition (% DM or as stated) of experimental diets

اقلام خوراکی	سطح بیورت در جیره (درصد ماده خشک)
--------------	-----------------------------------

Feed Ingredients	Level of biuret in the diet (% DM)			
	0	0.54	1.08	1.61
کاه گندم Wheat straw	15.0	15.0	15.0	15.0
جو بلغور شده Barley grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
ذرت آسیاب شده Corn grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
کنجاله سویا Soybean meal	8.0	8.00	8.00	8.00
سبوس گندم Wheat bran	7.55	7.50	7.45	7.39
پیش مخلوط Premix	4.25	4.25	4.25	4.25
اوره Urea	1.20	0.80	0.40	-
بیورت Biuret	-	0.54	1.08	1.61
ترکیب شیمیایی Chemical composition				
ماده خشک Dry matter	90.0	90.0	90.0	90.0
ماده آلی Organic matter	93.3	93.31	93.3	93.3
پروتئین خام Crude protein	14.4	14.4	14.4	14.4
پروتئین غیر قابل تجزیه در شکمبه Rumen undegradable protein (%CP)	37.5	37.4	37.4	37.4
فیبر نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (NDF)	28.9	28.8	28.8	28.7
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (ADF)	19.2	19.1	19.1	19.0
عصاره اتری Ether extract	2.61	2.60	2.60	2.29
کلسیم Ca	0.74	0.73	0.73	0.73
فسفر P	0.38	0.38	0.38	0.37
نیتروژن N	2.30	2.30	2.30	2.30
گوگرد S	0.23	0.23	0.23	0.23
نیتروژن به گوگرد N/S	10	10	10	10
انرژی قابل متابولیسم (Mcal/kg DM) Metabolisable energy	2.67	2.66	2.66	2.66

^۱هر کیلوگرم پیش مخلوط حاوی: ۲۵۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۵۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D₃، ۱۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین E، ۱۲۵۰ میلی گرم منگنز، ۲۵۰۰ میلی گرم روی، ۳۷۵ میلی گرم مس، ۲۵ میلی گرم سلنیوم، ۱۴۰۰۰۰ میلی گرم کلسیم، ۲۵۰۰ میلی گرم فسفر، ۲۰ میلی گرم کبالت، ۲۵ میلی گرم ید، ۲۵۰۰۰ میلی گرم منیزیم، ۲۵۰۰۰ میلی گرم سدیم به صورت نمک، ۲۵۰۰۰ میلی گرم سدیم به صورت بیکربنات سدیم و ۱۰۰۰ میلی گرم آنتی اکسیدان می باشد.

¹ The mineral and vitamin premix contained (1 kg premix): 25000 IU vitamin A, 5000 IU vitamin D₃, 1000 IU vitamin E, 1250 mg Mn, 375 mg Cu, 25 mg Se, 140000 mg Ca, 2500 mg P, 20 mg Co, 25mg Iodine, 25000 mg Mg, 25000 mg Na

عملکرد رشد و غلظت نیتروژن اوره‌ای خون

طی دوره اصلی آزمایش، خوراک مصرفی روزانه بره‌ها کنترل شد و به نحوی تغذیه شدند که قبل از توزیع خوراک در وعده صبح، حداقل ۵ درصد پسماند در آخور آن‌ها باقی بماند. خوراک روزانه در دو وعده خوراکی یکسان در اختیار دام‌ها قرار گرفت. در پایان دوره آزمایش، قبل از خوراکدهی وعده صبح و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی، دام‌ها توزین شدند و وزن نهایی هر دام ثبت گردید. از اختلاف وزن نهایی و وزن شروع پروار، کل افزایش وزن هر بره طی دوره پروار تعیین شد. میانگین افزایش وزن روزانه هر دام با تقسیم کردن کل افزایش وزن (بر اساس کیلوگرم) به تعداد روز آزمایش (۷۰ روز) تعیین شد. ضریب تبدیل غذایی هر دام از تقسیم کردن کل خوراک مصرفی (کیلوگرم) به کل افزایش وزن (کیلوگرم) طی دوره پرورشی به دست آمد. جهت تعیین غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (BUN)، در روز ۵۲ آزمایش و در زمان صفر (قبل از خوراکدهی)، ۳ و ۶ ساعت پس از خوراکدهی وعده صبح نمونه خون از همه دام‌ها گرفته شد. نمونه‌های خون در لوله‌های هپارینه قرار داده شد و تا رسیدن به آزمایشگاه در داخل یخ نگهداری شدند. جهت جداسازی پلاسما، نمونه‌ها در آزمایشگاه به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. پلاسما جدا شده تا آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شد. تعیین غلظت BUN بر اساس دستورالعمل کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون انجام گرفت.

تولید پروتئین میکروبی

به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر تولید پروتئین میکروبی شکمبه، در روز ۴۸ آزمایش از هر تیمار ۴ بره وارد قفس‌های متابولیکی شد و کل ادرار روزانه آن‌ها به مدت ۵ روز جمع‌آوری و توزین شد. سپس یک نمونه ۵۰ میلی‌لیتری از هر دام به فریزر منتقل شد. در پایان نمونه‌گیری، با مخلوط کردن نمونه‌های جمع‌آوری شده هر دام، یک نمونه نهایی تهیه شد و به فریزر با دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد برای آنالیز منتقل شد. تخمین سنتز پروتئین میکروبی شکمبه بر اساس تعیین کل مشتقات پورینی دفع شده در ادرار شامل مجموع آلانتوئین، اسید اوریک و گزانتین+هیپوگزانتین صورت گرفت (Chen and Gomez, 1995). سپس بر اساس معادلات مربوطه، کل مشتقات پورینی جذب شده تعیین شد و در نهایت پروتئین میکروبی سنتز شده تخمین زده شد.

خصوصیات کمی و کیفی گوشت

ترکیب شیمیایی

در پایان دوره آزمایش، تعداد ۵ رأس بره از هر تیمار آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب شد و بعد از ۱۶ ساعت گرسنگی، توزین شدند. پس از کشتار، نمونه عضله راسته بین دنده ۱۲ و ۱۳ به اندازه نیاز به منظور بررسی ترکیبات شیمیایی انجام شد. برای تعیین میزان رطوبت گوشت از روش خشک کردن بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۵ در دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن استفاده شد (AOAC, 2005). برای اندازه‌گیری میزان پروتئین خام

گوشت از روش استاندارد ملی ایران شماره ۹۲۴ و با استفاده از روش ماکروکلدال استفاده شد (AOAC, 2005). میزان پروتئین خام بر اساس هضم، تقطیر و تیتراسیون کلدال اندازه‌گیری شد و به صورت درصد محاسبه گردید. محتوای چربی خام نمونه‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۲ از روش سوکسله به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و از خلال دی‌اتیل اتر استفاده شد (AOAC, 2005). عمل تقطیر تا استخراج کامل چربی ادامه پیدا کرد، سپس خلال موجود در بالن توسط دستگاه روتاری اواپراتور تبخیر گردید و میزان چربی خام تعیین شد (AOAC, 2005). جهت تعیین میزان خاکستر خام مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۴ از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۱-۵۵۱ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (AOAC, 2005).

تعیین پروفیل اسیدهای آمینه

این آزمون جهت تعیین پروفیل اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری گوشت انجام شد. نمونه‌های گوشت به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با ۶ مول اسید هیدروکلریک هضم شد. سپس مقدار کمی با ۰/۵ میلی لیتر آلفا آمینو بوتیریک اسید مخلوط شد و بعد از آن ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مخلوط اضافه شد. محلول حاصل از طریق فیلتر عبور داده شد. نمونه‌ها مجدداً به صورت یخ خشک شده و پس از آن در بافر حل شدند و در نهایت توسط دستگاه تجزیه اسید آمینه (Hewlett-Packard ساخت آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Pérez-Palacios et al., 2015).

تعیین خواص فیزیکوشیمیایی گوشت

میزان pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (Testo 230، آلمان) مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲۸ انجام گرفت. به‌طوری‌که پنج گرم نمونه گوشت چرخ شده در ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک دقیقه هموژن شد و سپس، از کاغذ واتمن عبور داده شد. میزان pH هر نمونه در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Kim et al., 2013). جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب در نمونه عضلات تازه، مقدار تقریبی ۵ گرم به قطعات کوچکی با اشکال نامنظم برش داده شد. این قطعات بین دو لایه کاغذ صافی با ابعاد یکسان و در ادامه کاغذها در بین دو قطعه شیشه‌ای تخت با ابعاد یکسان قرار داده شدند. سپس، وزنه‌ای ۲۲۵۰ گرمی به مدت پنج دقیقه روی نمونه‌ها قرار داده شد و ظرفیت نگهداری آب تعیین شد (Sabzi et al., 2024). به منظور اندازه‌گیری میزان ضایعات شیرابه‌ای، مقدار مشخصی از گوشت به مدت ۴۸ ساعت در دمای یخچال نگهداری شد و ضایعات شیرابه‌ای مطابق روش مربوطه تعیین گردید (Lanza et al., 2003). نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد طبخ شدند و پس از خنک شدن توزین گردیدند. میزان کاهش وزن در اثر طبخ به عنوان درصدی از وزن اولیه نمونه تعیین شد (Hayes et al., 2011).

اندازه‌گیری رنگ گوشت

شاخص‌های مربوط به رنگ گوشت شامل L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) با دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta مدل CR 400 ساخت ژاپن) با سه بار اندازه‌گیری برای هر نمونه انجام شد. لازم به ذکر است که سطح نمونه‌های مورد استفاده برای این آزمایش می‌بایست حداقل دارای قطری در حدود دو سانتیمتر باشند (Holman et al., 2015).

تعیین نیروی برشی وارنر-براتزلر^۱

با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable Micro Systems ساخت انگلستان)، آزمون‌های مکانیکی شامل بیشترین نیروی برش انجام شد (Sabzi et al., 2024). حداکثر نیروی لازم برای برش دادن نمونه‌ها در جهت عمود بر محور طولی فیبرهای عضلانی از طریق سنجش نیروی برشی وارنر-براتزلر با فشار ۵۰ کیلوگرم، سرعت ۱۰ سانتی‌متر در دقیقه در زاویه ۶۰ درجه اندازه‌گیری شد.

ارزیابی خواص حسی گوشت خام و پخته

برای ارزیابی حسی گوشت خام از نظر رنگ، بو، بافت توسط پنلیست‌های آموزش دیده (۱۵ نفر) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس قطعات گوشت به ابعاد ۱۰×۱۰×۲/۵ سانتی‌متر در فویل آلومینیومی در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در آن پخته شد و ارزیابی حسی با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای از نظر طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی به صورت (۵: عالی، ۴: بسیار خوب، ۳: خوب، ۲: قابل قبول، ۱: ضعیف) آنالیز شد. بطری آب برای تمیز کردن دهان، بین آنالیز نمونه‌ها در اختیار پنلیست‌ها قرار گرفت و به منظور حذف اثر زمان، ارزیابی حسی در یک زمان انجام شد (Solgi et al., 2024).

تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

میزان ماده خشک نمونه‌های جیره و پسماند خوراک در آن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (AOAC, 2005). میزان خاکستر خام در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۱-۵۱۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ ساعت تعیین شد و میزان ماده آلی از اختلاف بین وزن ماده خشک نمونه اولیه با وزن خاکستر خام محاسبه شد (AOAC, 2005). میزان پروتئین خام نمونه‌ها با تعیین میزان نیتروژن توسط دستگاه کلدال صورت گرفت (AOAC, 2005). میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) نمونه‌های خوراک و مدفوع و پسماند خوراک به ترتیب بر اساس روش‌های (AOAC, 2005) و (Van Soest et al., 1991) محاسبه شد.

تجزیه آماری

داده‌های مصرف خوراک، BUN، سنتز پروتئین میکروبی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با رویه MIXED نرم‌افزار SAS (۲۰۰۵) تجزیه آماری شدند. میانگین صفات در تیمارهای مختلف توسط آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی اثرات خطی و غیر خطی بیورت در جیره بر صفات مختلف از مقایسات ارتوگونال (متعامد) استفاده شد. مدل آماری طرح مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + e_{ijk}$$

^۱ Warner-Bratzler shear force

که در آن Y_{ijk} : صفت مورد نظر، μ میانگین کل، T_i اثر ثابت تیمار آزمایشی، A_j اثر تصادفی حیوان و e_{ijk} اثر باقی مانده می باشد.

برای آنالیز داده های مربوط به عملکرد رشد شامل وزن نهایی، افزایش وزن کل دوره و میانگین افزایش وزن روزانه، وزن اولیه دام ها به عنوان کوواریت در نظر گرفته شده و از مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ij} = T_i + b_1 (X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

که در آن Y_{ij} صفت مورد نظر، μ میانگین کل، T_i اثر تیمار آزمایشی، b ضریب رگرسیون، X_{ij} وزن اولیه با میانگین $\bar{X}$ و e_{ik} خطای آزمایش می باشد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد، BUN و تولید پروتئین میکروبی

اثر جیره های آزمایشی حاوی منابع مختلف NPN بر عملکرد رشد، BUN و سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص های عملکردی بره ها شامل کل افزایش وزن در دوره و میانگین افزایش وزن روزانه در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت ($P < 0.05$)، هرچند ضریب تبدیل غذایی به طور خطی کاهش نشان داد ($P < 0.05$). میانگین وزن نهایی و مصرف ماده خشک تحت تأثیر جیره های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). با افزایش سطح بیورت در جیره غلظت BUN در مقایسه با تیمار حاوی اوره به طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$). میزان گرم نیتروژن میکروبی و پروتئین میکروبی تولید شده روزانه با افزایش سطح بیورت در جیره در مقایسه با تیمار اوره افزایش یافت ($P < 0.05$). عملکرد رشد و مصرف خوراک در نشخوارکنندگان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله خوشخوراکی جیره، محتوای مواد ضد تغذیه ای خوراک ها، سن، وضعیت توسعه شکمبه ای، کیفیت جیره، نسبت علوفه به کنسانتره، اتساع شکمبه، دوره سازگاری حیوان به جیره، دفعات تغذیه ای روزانه، محتوای پروتئین خام جیره و سلامت دام قرار می گیرد. در مطالعه حاضر با این که مصرف خوراک در جیره های آزمایشی مشابه بود، اما با افزایش سطح بیورت در جیره عملکرد رشد دام بهبود پیدا کرد که دلیل آن احتمالاً بازدهی و ابقاء بهتر نیتروژن بیورت به خاطر نرخ تجزیه پذیری شکمبه ای کمتر در مقایسه با اوره بوده است. آزاد شدن آهسته تر آمونیاک از بیورت به عنوان یک منبع مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی در مقایسه با اوره احتمالاً سبب شده است که بیورت به طور کارآمدتری توسط میکروارگانیسم شکمبه مورد استفاده قرار گیرد (Varezardi et al., 2023). با اینکه بیورت خوشخوراکی مطلوبتری نسبت به اوره دارد، اما این امر نتوانست اثر قابل توجهی روی مصرف ماده خشک بگذارد. درباره اثر مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی مختلف روی عملکرد نشخوارکنندگان مطالعات زیادی صورت گرفته است، اما تحقیقات راجع به اثرات بیورت به عنوان یک منبع نیتروژن دار غیر پروتئینی اندک می باشد. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، اخیراً در پژوهشی اثر اوره (یک درصد ماده خشک جیره) و بیورت (۱/۱۵ درصد ماده خشک جیره) بر عملکرد رشد بره های پرواری بررسی شد و نتایج آن نشان داد که مکمل کردن جیره بره ها با بیورت سبب بهبود میانگین افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک شد هرچند که مصرف خوراک بین هر دو گروه آزمایشی یکسان بود (Varezardi et al., 2023). کاهش غلظت BUN با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به دلیل نرخ تجزیه پذیری شکمبه ای کمتر آن بوده است. مطابق با این نتایج، در مطالعه ای که جیره بره های

پروراری با منابع مختلف نیتروژن غیر پروتئینی مکمل شده بود، غلظت BUN با بیورت در مقایسه با گروه تغذیه شده با اوره کاهش قابل توجهی نشان داد (Varezardi *et al.*, 2023). این در حالی است که در مطالعاتی با افزایش سطح اوره آهسته‌رهش در جیره میش‌های آواسی (شامل سطوح ۰، ۰/۶، ۱/۲ و ۱/۸ درصد ماده خشک)، غلظت BUN افزایش یافت (Hashem and Tayeb, 2023).

جدول ۲- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر عملکرد رشد، BUN و سنتز پروتئین میکروبی شکمبه در بره‌های پروراری
Table 2- The effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on growth performance, BUN and rumen microbial protein synthesis in fattening lambs

	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیر خطی Quadratic
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial body weight (kg)	34.5	34.5	34.5	34.5	1.07	0.79	0.89
وزن نهایی (کیلوگرم) Final body weight (kg)	49.01	49.5	50.5	51.8	1.15	0.12	0.78
کل افزایش وزن (کیلوگرم) Total weight gain (kg)	14.5 ^b	15 ^{ab}	16.2 ^{ab}	17.8 ^a	0.955	0.02	0.58
افزایش وزن روزانه (گرم) Average daily gain (g)	207 ^b	214 ^b	231 ^{ab}	254 ^a	11.7	0.01	0.6
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	7.80 ^a	7.62 ^{ab}	7.20 ^{ab}	6.64 ^b	0.433	0.02	0.52
ماده خشک مصرفی (گرم در روز) Dry matter intake (g/d)	1614	1630	1663	1686	30.5	0.12	0.91
نیتروژن اوره‌ای خون Blood Urea Nitrogen (mg/dl)	8.81 ^a	8.65 ^{ab}	8.47 ^{bc}	8.37 ^c	0.080	0.01	0.69
نیتروژن میکروبی (گرم در روز) Microbial nitrogen (g/d)	9.40 ^c	9.67 ^{bc}	9.92 ^{ab}	10.2 ^a	0.111	0.01	0.92
پروتئین میکروبی (گرم در روز) Microbial protein (g/d)	58.6 ^c	60.4 ^{bc}	62.1 ^{ab}	63.8 ^a	0.691	0.01	0.91

- میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

گزارش شده است که میزان تولید روزانه پروتئین میکروبی در شکمبه نشخوارکنندگان در دامنه ۱۸-۴۷ گرم (میانگین ۳۲ گرم) به ازای کیلوگرم ماده آلی هضم شده در شکمبه یا ۹-۱۱ گرم به ازای هر مگاژول انرژی قابل تخمیر است (Rashmi *et al.*, 2024)، که این مطابق با نتایج حاصل شده در پژوهش حاضر است. مهمترین عامل مؤثر بر سنتز پروتئین میکروبی میزان ماده خشک مصرفی است که در پژوهش حاضر تفاوت در سنتز پروتئین میکروبی توسط جیره‌ها را نمی‌توان با مصرف خوراک توجیه کرد، زیرا همه گروه‌های آزمایشی مصرف خوراک یکسانی داشتند. افزایش تولید پروتئین میکروبی با افزایش سطح بیورت در مقایسه با تیمار حاوی اوره احتمالاً به دلیل همزمانی مطلوب بین آزادسازی آمونیاک از بیورت و کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم بوده است که میکروارگانیسم‌های شکمبه فرصت کافی

برای استفاده بهینه از آمونیاک و رشد و توسعه مناسب را داشته‌اند. مطابق با این نتایج، در پژوهشی با جایگزینی سطوح مختلف اوره آهسته‌رهش نیتروژن با اوره معمولی افزایش تولید نیتروژن میکروبی و سنتز پروتئین میکروبی شکمبه در گوسفند گزارش شده است (Ghanbari et al., 2021). در آزمایش دیگری (Guo et al., 2022)، بهره‌وری نیتروژن میکروبی در جیره مکمل شده با اوره آهسته‌رهش در مقایسه با تیمار حاوی اوره افزایش یافت (۱۱/۷ در مقابل ۹/۵). همچنین، در یک آزمایشی برون‌تنی، انکوباسیون جیره‌های حاوی منابع مختلف اوره آهسته‌رهش سبب تولید پروتئین میکروبی بیشتری در مقایسه با تیمار حاوی اوره شد (Azizi et al., 2018). در مطالعات دیگری نیز تفاوت قابل توجهی در سنتز پروتئین میکروبی با مکمل کردن جیره با اوره آهسته‌رهش در مقایسه با اوره در شرایط برون‌تنی (Guo et al., 2022) و درون‌تنی (Alipour et al., 2020) گزارش نشده است. وجود اختلافات در سنتز پروتئین میکروبی در مطالعه حاضر و سایر مطالعاتی که از اوره یا انواعی از اوره آهسته‌رهش در جیره استفاده کرده‌اند احتمالاً به دلیل تفاوت در مصرف ماده خشک، سرعت عبور خوراک، شرایط محیط شکمبه، نوع جیره غذایی، سطح تغذیه، ترکیب شیمیایی جیره، نسبت نیتروژن به کربن جیره، ویتامین‌ها، مواد معدنی، دفعات تغذیه‌ای و میزان گوگرد جیره‌ای بوده است (Wei et al., 2012; Lima et al., 2023; Fan et al., 2024) که اثرات قابل توجهی بر سنتز پروتئین میکروبی می‌گذارد.

ترکیب شیمیایی و پروفیل اسیدهای آمینه گوشت

اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی و پروفیل اسیدهای آمینه گوشت عضله راسته بره‌ها در جدول ۳ آمده است. با افزایش سطح بیورت جیره محتوای رطوبت، چربی خام و خاکستر خام گوشت در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت قابل توجهی نشان نداد ($P>0.05$)، هرچند میزان پروتئین خام با افزایش سطح بیورت در جیره تمایل به افزایش نشان داد ($P=0.07$). محتوای اسیدهای آمینه ضروری گوشت شامل لوسین، ایزولوسین، لایزین، والین، متیونین، هیستیدین، مجموع اسیدهای آمینه شاخه‌دار ضروری، کل اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای آمینه غیر ضروری شامل سرین، گلوتامیک و آلانین با افزایش سطح بیورت جیره افزایش یافت ($P<0.05$). در مقابل، غلظت اسید آمینه غیر ضروری گلوتامین با افزایش سطح بیورت جیره کاهش یافت ($P<0.05$). غلظت سایر اسیدهای آمینه غیر ضروری شامل ترئونین، فنیل آلانین، اسید آسپارتیک، پرولین، گلايسین، تیروزین، آرژنین و سیستئین و مجموع کل اسیدهای آمینه غیر ضروری تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>0.05$). محتوای پروتئین و چربی گوشت اهمیت زیادی بر ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی آن دارد (Ding et al., 2024). تمایل به افزایش درصد پروتئین خام گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به خاطر افزایش سنتز پروتئین میکروبی در شکمبه بوده است، زیرا پروتئین میکروبی تولید شده در شکمبه مهمترین منبع اسیدهای آمینه برای جذب در روده باریک است که حدود ۷۰ تا ۱۰۰ درصد احتیاجات اسید آمینه‌ای نشخوارکنندگان را فراهم می‌کند (Rashmi et al., 2024)، زیرا ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین میکروبی شباهت زیادی به اسیدهای آمینه مورد نیاز برای تولید شیر و گوشت دارد.

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر ترکیب شیمیایی و پروفیل اسید آمینه‌ای عضله راسته بره‌های پرواری

Table 3- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on chemical composition and amino acid profile of the Longissimus muscle of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM		نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61			خطی	غیر خطی

						Linear	Quadratic
ترکیب شیمیایی (درصد ماده تر)							
Chemical composition							
رطوبت	74.6	74.7	74.3	74.7	0.278	0.82	0.56
Moisture							
پروتئین خام	19.5	20.03	19.98	20.3	0.221	0.07	0.62
Crude protein							
چربی خام	3.47	3.04	3.31	3.07	0.229	0.39	0.69
Ether extract							
خاکستر خام	0.776	0.837	0.877	0.857	0.052	0.26	0.46
Crude ash							
اسیدهای آمینه ضروری (درصد ماده خشک)							
Essential amino acids (%DM)							
ایزولوسین	2.47 ^b	2.57 ^a	2.59 ^a	2.60 ^a	0.031	0.01	0.66
Isoleucine							
لوسین	3.84 ^b	3.81 ^b	4.01 ^a	4.02 ^a	0.032	0.01	0.39
Leucine							
لازین	3.47 ^b	3.45 ^b	3.47 ^b	3.65 ^a	0.023	0.01	0.56
Lysine							
ترئونین	2.61	2.66	2.67	2.70	0.032	0.12	0.65
Threonine							
والین	1.83 ^b	1.78 ^c	1.83 ^b	2.01 ^a	0.035	0.01	0.45
Valine							
متیونین	1.65 ^c	1.81 ^b	1.84 ^b	1.90 ^a	0.029	0.01	0.45
Methionine							
فنیل آلانین	2.42	2.39	2.42	2.51	0.043	0.13	0.56
Phenylalanine							
هیستیدین	1.87 ^b	2.05 ^a	2.10 ^a	2.07 ^a	0.035	0.01	0.54
Histidine							
کل اسیدهای آمینه شاخه دار	8.14 ^b	8.16 ^b	8.43 ^{ab}	8.64 ^a	0.152	0.02	0.43
Total branch chain amino acids							
کل اسیدهای آمینه ضروری	22.2 ^c	22.5 ^{bc}	22.9 ^{ab}	23.3 ^a	0.21	0.01	0.64
Total essential amino acid							
اسیدهای آمینه غیر ضروری							
Non essential amino acids (%DM)							
اسید آسپارتیک	6.50	6.62	6.55	6.30	0.123	0.19	0.56
Aspartic acid							
سیرین	3.18 ^c	3.45 ^b	3.34 ^{bc}	3.77 ^a	0.053	0.01	0.34
Serine							
اسید گلوتامیک	8.36 ^c	8.70 ^{bc}	9.76 ^a	9.76 ^a	0.255	0.01	0.25
Glutamic acid							
گلوتامین	5.77 ^a	5.56 ^{ab}	5.34 ^{bc}	5.21 ^c	0.112	0.01	0.45
Glutamine							
پرولین	2.44	2.55	2.35	2.58	0.082	0.19	0.34
Proline							
گالاسین	3.50	3.46	3.51	3.63	0.068	0.13	0.18
Glycine							
آلانین	3.10 ^a	2.83 ^b	2.43 ^c	2.16 ^d	0.057	0.01	0.34
Alanine							
تیروزین	2.41	2.34	2.37	2.38	0.056	0.26	0.67
Tyrosine							

آرژنین Arginine	3.63	3.59	3.69	3.65	0.062	0.19	0.40
سیستئین Cysteine	0.83	0.77	0.76	0.82	0.026	0.21	0.18
کل اسیدهای آمینه غیر ضروری Total non essential amino acids	39.8	39.9	40.1	40.3	0.361	0.25	0.73

- میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

موافق با نتایج تحقیق حاضر، در مطالعه‌ای جایگزینی اوره با اوره آهسته‌رهش در جیره بره‌های پرواری تأثیری بر ترکیب شیمیایی گوشت شامل میزان رطوبت، پروتئین خام، خاکستر خام و چربی خام نداشت (Saro et al., 2023). همچنین، در پژوهش دیگری استفاده از اوره آهسته‌رهش در جیره گوساله‌های پرواری تأثیری بر ترکیب شیمیایی گوشت نداشته است (Bourg et al., 2012). مطالعات صورت گرفته درباره اثر منابع اوره آهسته‌رهش روی پروفیل اسیدهای آمینه گوشت نشخوارکنندگان بسیار اندک است. در مطالعه حاضر افزایش غلظت عمده اسیدهای آمینه ضروری با افزایش سطح بیورت تا ۱/۶۱ درصد ماده خشک جیره احتمالاً به خاطر جریان پروتئین میکروبی بیشتر به روده باریک بوده است که دسترسی به اسیدهای آمینه میکروبی برای جذب و ورود به بافت‌های بدن را افزایش داده است. نتایج مربوط به سنتز پروتئین میکروبی (جدول ۲) می‌تواند تأیید کننده این موضع باشد. افزایش غلظت اسیدهای آمینه شاخه دار با افزایش سطح بیورت در جیره احتمالاً به خاطر تولید بیشتر گلوتامات بوده است، زیرا مشخص شده است که در مخاط روده‌ای، گلوتامات به اسیدهای آمینه شاخه‌دار تبدیل می‌شود (Wu et al., 1998) که احتمالاً با جذب روده‌ای بیشتر و ورود به بافت‌های هدف، سبب افزایش غلظت آن‌ها در ماهیچه‌های اسکلتی شده است. اسیدهای آمینه شاخه‌دار شامل ایزولوسین، لوسین و والین هستند که به عنوان سوسترای سنتز پروتئین عمل می‌کنند و در بین آن‌ها لوسین به عنوان یک مولکول سیگنال دهنده مهم برای سنتز پروتئین در ماهیچه اسکلتی عمل می‌کند (Kahraman et al., 2022). غلظت لوسین در سلول‌های عضلانی ممکن است یک اثر کلیدی در حفظ پروتئین در عضلات اسکلتی داشته باشد (Buse and Reid, 1975). همچنین، مشخص شده است که در بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار، لوسین قوی‌ترین تنظیم کننده شروع ترجمه mRNA است (Anthony et al., 2000). گلوتامین حدود ۶۰ درصد از اسیدهای آمینه آزاد در ماهیچه‌ها را تشکیل می‌دهد و فراوان‌ترین اسید آمینه در بدن است (Bergstrom et al., 1974). گلوتامین یک اسید آمینه غیر ضروری است، زیرا به طور دونوو از گلوتامات و آمونیاک توسط آنزیم سیتوپلاسمی گلوتامین سنتاز سنتز می‌شود (Lacey et al., 1990). کاهش غلظت گلوتامین در عضله رسته با افزایش سطح بیورت در جیره نشان دهنده اثرات مثبت بیورت بر متابولیسم نیتروژن در بدن است، زیرا سنتز گلوتامین نقش مهمی در حذف یون آمونیوم تشکیل شده در بافت‌های محیطی داشته و به کبد منتقل شده و برای سنتز اوره استفاده می‌شود (Wu et al., 2024). به عبارت دیگر، افزایش غلظت گلوتامین بافتی با تغذیه جیره حاوی اوره، نشان دهنده تولید زیاد آمونیوم در بدن بوده است که برای دفع باید تبدیل به گلوتامین جهت ورود به سیکل اوره گردد. در مطالعه حاضر، افزایش غلظت بافتی آلانین با تغذیه جیره حاوی اوره احتمالاً جهت سم‌زدایی نیتروژن آمونیاکی مازاد در بدن بوده است، زیرا مطالعات نشان داده است که با افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، سنتز آلانین ممکن است یک مسیر متابولیکی مهم در بافت‌های روده نشخوارکنندگان جهت سم‌زدایی نیتروژن آمونیاکی در مقایسه با چرخه اورنیتین-اوره باشد (Oba et al., 2005). در پروتئین‌های با کیفیت مطلوب (ایده‌ال) بایستی نسبت اسیدهای آمینه ضروری و غیر

ضروری به کل اسیدهای آمینه به ترتیب ۴۰ و ۶۰ درصد باشد (Zhang et al., 2024). در مطالعه حاضر، با افزایش سطح بیورت در جیره نسبت اسیدهای آمینه ضروری به کل اسید آمینه‌های گوشت بره‌ها از ۳۵/۸ به ۳۶/۸ درصد افزایش یافت و نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیر ضروری از ۵۵/۸ به ۵۷/۸ افزایش یافت که می‌توان چنین استنباط کرد که تغذیه بیورت در جیره در مقایسه با اوره سبب افزایش کیفیت گوشت تولیدی شده است.

خواص فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت

نتایج مربوط به اثر جیره‌های آزمایشی pH، درصد کاهش وزن در اثر پخت، ضایعات شیرابه‌ای، ظرفیت نگهداری آب و نیروی برشی گوشت در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش سطح بیورت جیره‌ای pH گوشت تمایل به افزایش نشان داد ($P=0/08$)، هرچند کاهش وزن در اثر پخت و ضایعات شیرابه‌ای تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P>0/05$). ظرفیت نگهداری آب در گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره افزایش یافت ($P<0/05$)، اما نیروی برشی گوشت به طور خطی کاهش نشان داد ($P<0/05$).

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر pH، کاهش وزن پس از پختن، ظرفیت نگهداری آب و ضایعات شیرابه‌ای گوشت عضله راسته بره‌های پرواری

Table 4- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on Ph, cooking loss, Water holding capacity and chilling loss of the Longissimus muscle of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیر خطی Quadratic
pH	6.10	6.20	6.30	6.38	0.101	0.08	0.67
کاهش وزن پس از پختن (درصد) Cooking loss	21.2	22.5	21.9	22.3	0.68	0.57	0.52
ضایعات شیرابه‌ای (درصد) Drip loss	1.55	1.62	1.61	1.53	0.039	0.25	0.48
ظرفیت نگهداری آب (درصد) Water holding capacity	62.2 ^b	64.5 ^{ab}	66.5 ^{ab}	69.7 ^a	2.22	0.03	0.34
نیروی برشی گوشت (نیوتن) Shear force (N)	79.4 ^a	71.9 ^{ab}	65.2 ^{bc}	56.8 ^c	2.65	0.02	0.85

- میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P<0/05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P<0.05$).

میزان pH گوشت یکی از شاخص‌های مهم کیفی گوشت است. استرس‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی حیوانات قبل از کشتار روی pH گوشت تأثیرگذار است. در مطالعات صورت گرفته، pH گوشت اکثر حیوانات اهلی بعد از کشتار حدود ۶/۲ گزارش شده است (Wood et al., 2008) که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. تمایل به افزایش pH گوشت در بره‌های تغذیه شده با بیورت در مقایسه با اوره در مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل کاهش اسیدیته بافت گوشت در اثر حضور بیشتر یون آمونیوم در آن باشد. افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره در آزمایش حاضر احتمالاً به دلیل افزایش غلظت اسید آمینه‌ها به خصوص لیزین گوشت باشد (جدول ۳). مشخص شده است که

لیزین منجر به افزایش میزان هیدروکسی‌لیزین و تشکیل بافت همبند بیشتر شده، و به تبع سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. هیدروکسی‌لیزین یک هیدرکسیل مشتق شده از اسید آمینه لیزین و جزیی از کلاژن است که به اتصالات عرضی در فیبرهای عضلانی کمک می‌کند (Kahraman et al., 2022). افزایش غلظت اسیدهای آمینه شاخه‌دار گوشت مانند والین، لوسین و ایزولوسین با افزایش سطح بیورت در جیره ممکن است یکی دیگر از دلایل افزایش ظرفیت نگهداری آب باشد (Ponnampalam et al., 2024). ظرفیت نگهداری آب تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند pH، املاح، میزان آنزیم‌های پروتئولیتیک گوشت، نوع دام، موقعیت تشریحی عضله، سن، جنس، وضعیت دام قبل از کشتار، مدیریت تغذیه، ژنتیک، روش تغذیه (مراعات، کنسانتره آزاد) و استرس پیش از کشتار قرار می‌گیرد (Cheng and Sun, 2008). نرمی گوشت یک شاخص محوری برای ارزیابی بافت گوشت است که به وسیله نیروی‌های برشی اندازه‌گیری می‌شود (Zhang et al., 2024). نیروی برشی کمتر بیانگر فیبرهای عضلانی ظریف‌تر، نرمی بیشتر و بافت بهتر گوشت است (Zhang et al., 2024). در گوشت نرم‌تر، جویدن راحت‌تر و مطابق سلیقه مردم است. کاهش نیروی برشی گوشت با افزایش سطح بیورت در جیره نشان دهنده نرمی بیشتر گوشت است که احتمالاً مرتبط با افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش فیبرهای عضلانی و افزایش کلاژن محلول باشد. در آزمایش حاضر تفاوت قابل توجهی بین ضایعات شیرابه‌ای و کاهش وزن در اثر پخت گوشت در تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد که نشان دهنده عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی روی کیفیت طبخ گوشت است. در پژوهشی تغذیه منابع مختلف اوره آهسته‌رهش به بره‌های پرواری تأثیری بر کاهش وزن گوشت در اثر پخت نداشته است (Saro et al., 2023) که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. کاهش وزن در اثر پخت رابطه معکوسی با محتوای چربی دارد که در مطالعه حاضر ترکیب شیمیایی گوشت به ویژه محتوای چربی خام بین تیمارهای آزمایشی مشابه بود (جدول ۳). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر در مطالعاتی با تغذیه جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف نیتروژن غیر پروتئینی (Einkamerer et al., 2024)، یا مقایسه اوره با اوره آهسته‌رهش در جیره بره‌های پرواری (Saro et al., 2023)، تفاوت قابل توجهی در نیروی برشی گوشت بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد.

نتایج مربوط به اثر جایگزینی سطوح مختلف بیورت به جای اوره در جیره روی شاخص‌های رنگ گوشت در جدول ۵ نشان داده شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره میزان گرایش به قرمزی (a^*) و روشنایی (L^*) رنگ گوشت افزایش یافت ($P < 0.05$). هرچند، گرایش به زردی (b^*) گوشت تحت تأثیر نوع منبع نیتروژن غیر پروتئینی جیره قرار نگرفت ($P > 0.05$). رنگ گوشت وابسته به غلظت میوگلوبین، کارتنوئیدها و محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع آن می‌باشد (Battacone et al., 2024). عواملی مانند گونه، نژاد، جنس، استرس، فعالیت فیزیکی، ترکیب شیمیایی جیره، چربی درون ماهیچه‌ای، pH، سیستم تغذیه‌ای (علوفه یا کنسانتره)، رقابت آنزیم‌های تنفسی و میتوکندری با میوگلوبین در مصرف اکسیژن، دمای لاشه، نوع ماهیچه، اکسیداسیون لیپیدی و نوع فیبر ماهیچه‌ای (فیبرهای اکسیداتیو تیره‌تر در مقابل فیبرهای گلیکولیتیک روشن‌تر) بر رنگ گوشت تأثیرگذار هستند (Neethling et al., 2017). در مطالعه حاضر افزایش گرایش به قرمزی (a^*) گوشت با مکمل کردن جیره با بیورت احتمالاً به دلیل وزن پایان دوره بیشتر در آن‌ها بوده است (جدول ۲)، زیرا وزن زمان کشتار سنگین‌تر سبب افزایش غلظت میوگلوبین در گوشت می‌شود (Saro et al., 2020). میزان روشنایی (L^*) گوشت شاخصی از انعکاس نور است که تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب لاشه قرار دارد (Asadollahi et al., 2019).

Table 5- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on the Longissimus muscle color of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها SEM	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی Linear	غیر خطی Quadratic
گرایش به قرمزی a*	15.4 ^c	16.4 ^{bc}	16.9 ^{ab}	18.3 ^a	0.527	0.01	0.48
گرایش به زردی b*	8.31	8.53	8.87	9.05	0.307	0.17	0.52
گرایش به روشنایی L*	36.9 ^b	38.1 ^{ab}	38.5 ^{ab}	40.1 ^a	0.715	0.01	0.80

- میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

افزایش گرایش به روشنایی (L^*) گوشت بره‌ها با افزایش سطح بیورت جیره‌ای احتمالاً به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب بوده است که باعث بازتابش کمتر و عبور بیشتر نور و در نتیجه افزایش روشنایی (L^*) گوشت شده است. نشان داده شده است که در گوشتی که ظرفیت نگهداری آب بیشتر دارد با کاهش جابجایی آب داخل عضلانی ساختار بافت فشرده بیشتری ایجاد می‌شود، که نتیجه آن انعکاس نور کمتر است (Lawrie and Ledward, 2006; Neethling *et al.*, 2017). بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، در مطالعاتی با مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با منابع مختلف نیتروژن غیر پروتئینی تفاوتی در رنگ نمونه‌های گوشت مشاهده نشد، که دلیل آن عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی بر pH و ترکیب شیمیایی گوشت عنوان شده است (Saro *et al.*, 2023; Einkamerer *et al.*, 2024).

در جدول ۶ داده‌های مربوط به خواص حسی در گوشت خام و پخته بره‌های پرواری نشان داده شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره صفات رنگ و پذیرش کلی گوشت خام توسط پنلیست‌ها افزایش یافت ($P < 0.05$). هرچند، سایر صفات شامل بافت و بو در گوشت خام تحت تأثیر نوع جیره غذایی قرار نگرفت ($P > 0.05$). در گوشت پخته همه صفات مورد بررسی شامل بافت، بو، رنگ، طعم و پذیرش کلی با افزایش سطح بیورت در جیره به صورت خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). خصوصیات حسی گوشت تحت تأثیر عواملی مانند ژنتیک حیوان، جنس حیوان، سطح و نوع پروتئین خوراک، ماهیت فیبر جیره (حجم)، رفتار تغذیه‌ای حیوان برای انتخاب خوراک، شیوه‌های مدیریتی، طول دوره تغذیه و روش پختن قرار می‌گیرد (Ponnampalam *et al.*, 2024). خصوصیات حسی گوشت عمدتاً مرتبط با محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب آن است (Ponnampalam *et al.*, 2024). سفتی و بافت گوشت به وسیله مصرف‌کنندگان با استفاده از حواس بینایی، لامسه و چشایی بررسی می‌شود. فاکتورهایی مانند جمود نعشی، خاصیت نگهداری آب، چربی داخل عضله‌ای و بافت پیوندی در این خصوصیت تأثیر دارند (Yarmand, 2005). طعم گوشت نتیجه واکنش و ترکیب مزه و بو می‌باشد (Yarmand, 2005).

جدول ۶- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر خواص حسی گوشت عضله راسته بره‌های پرواری

Table 6- Effect of experimental diets containing different levels of biuret instead of urea on sensory properties of the Longissimus muscle of fattening lambs

صفت Parameter	سطح بیورت به جای اوره در جیره (درصد ماده خشک) Level of dietary biuret instead of urea (%DM)				خطای استاندارد میانگین‌ها	نوع رابطه Contrast	
	0	0.54	1.08	1.61		خطی	غیر خطی

	SEM	Linear	Quadratic				
گوشت خام							
Raw meat							
بافت Texture	4.23	4.52	4.60	4.67	0.163	0.32	0.29
بو Smell	4.73	4.37	4.67	4.46	0.220	0.62	0.71
رنگ Color	3.90 ^c	4.07 ^{bc}	4.50 ^{ab}	4.90 ^a	0.159	0.01	0.48
پذیرش کلی General acceptance	4.01 ^c	4.17 ^{bc}	4.47 ^b	4.93 ^a	0.119	0.01	0.24
گوشت پخته							
Cooked meat							
بافت Texture	3.41 ^b	3.70 ^b	3.50 ^a	4.77 ^a	0.192	0.01	0.93
بو smell	4.07 ^b	4.37 ^{ab}	4.67 ^a	4.70 ^a	0.141	0.01	0.54
رنگ Color	3.03 ^c	3.73 ^b	4.30 ^a	4.47 ^a	0.161	0.01	0.17
طعم Taste	3.97 ^b	3.87 ^b	4.33 ^a	4.57 ^a	0.105	0.01	0.16
پذیرش کلی General acceptance	3.87 ^b	4.03 ^{ab}	4.07 ^{ab}	4.37 ^a	0.101	0.01	0.52

- میانگین‌های دارای حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P < 0.05$).

- Different letters in each row indicate significant difference between groups ($P < 0.05$).

در آزمایش حاضر تخصیص بیشترین امتیاز پذیرش کلی در گوشت خام و پخته مربوط به بره‌های تغذیه شده با بیورت بیشتر ممکن است به دلیل افزایش غلظت اسید گلوتامیک در گوشت باشد، زیرا اسید گلوتامیک و پرولین به طور قابل توجهی مرتبط با ویژگی‌های حسی از جمله نرمی، آبدار بودن و پذیرش کلی گوشت هستند (Piao et al., 2015). همچنین، گزارش شده است که اسید گلوتامیک ممکن است به عنوان یک افزایش دهنده طعم گوشت عمل نماید (Piao et al., 2015). اسیدهای آمینه و برخی اسیدهای چرب آروماتیک حاصل از تجزیه پروتئین و چربی گوشت نیز در ایجاد طعم و بوی مناسب گوشت موثر هستند (رکنی، ۱۳۷۷). اسیدهای آمینه بر تشکیل طعم، بو و مزه گوشت در ذخیره سازی تاثیر دارند (Piao et al., 2015). گزارش شده است که اسیدهای آمینه ایزولوسین، لوسین، لیزین، متیونین، والین و تیروزین مرتبط با طعم هستند (Piao et al., 2015) که افزایش غلظت عمده آنها با افزایش بیورت در جیره (جدول ۳) ممکن است دیگر دلیل بهبود خصوصیات حسی گوشت باشد.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جایگزینی سطوح مختلف بیورت به عنوان یک منبع نیتروژن غیر پروتئینی به جای اوره در جیره بره‌های پرواری، سبب افزایش عملکرد رشد، تولید پروتئین میکروبی در شکمبه و افزایش عمده اسیدهای آمینه ضروری و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت شد. در کل، استفاده از بیورت در جیره بره‌های پرواری تا سطح ۱/۶۱ درصد ماده خشک قابل توصیه است.

از معاونت پژوهشی دانشگاه لرستان، به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام پژوهش حاضر تشکر و قدردانی به عمل آید.

منابع

1. Alipour, D., Saleem, A. M., Sanderson, H., Brand, T., Santos, L. V., Mahmoudi-Abyane, M., & McAllister, T. A. (2020). Effect of combinations of feed-grade urea and slow-release urea in a finishing beef diet on fermentation in an artificial rumen system. *Translational Animal Science*, 4(2), 839-847. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa013>
2. Anthony, J. C., Anthony, T. G., Kimball, S. R., Vary, T. C., & Jefferson, L. S. (2000). Orally administered leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of postabsorptive rats in association with increased eIF4F formation. *The Journal of nutrition*, 130(2), 139-145. <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.139>
3. AOAC. (2005). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
4. Asadollahi, S., Sari, M., Erfanimajed, N., Chaji., M., Mamouei, M. (2019). Effect of carbohydrate source and roasted of canola seed rich of oleic acid on performance, meat fatty acid profile and quality characteristics in fattening lambs. *Journal of Animal Science Researches*, 28(4), 1-19. (In Persian).
5. Azizi, A., Sharifi, A., & Fazaeli, H. (2019). Effect of one produced slow-release urea component on gas production, fermentation, nutrient disappearance and activity of microbial enzymes using rumen liquor of sheep. *Research Journal of Livestock Science*, 32(122), 279-290. (In Persian).
6. Battacone, G., Lunesu, M. F., Manso, T., Vieira, C., Pulina, G., & Nudda, A. (2024). The quality of meat in milk fed lambs is affected by the ewe diet: a review. *Meat Science*, 207, 109374. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109374>
7. Bergstrom, J., Furst, P., Noree, L. O., Vinnars, E. (1974). Intracellular free amino acid concentration in human muscle tissue. *Journal Applied Physiology*, 36(6), 693-697. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.36.6.693>
8. Bourg, B. M., Tedeschi, L. O., Wickersham, T. A., & Tricarico, J. M. (2012). Effects of a slow-release urea product on performance, carcass characteristics, and nitrogen balance of steers fed steam-flaked corn. *Journal of Animal Science*, 90(11), 3914-3923. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4832>
9. Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *Journal of Dairy Science*, 63(1), 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)

10. Buse, M. G., & Reid, S. S. (1975). Leucine. A possible regulator of protein turnover in muscle. *The Journal of clinical investigation*, 56(5), 1250-1261. <https://doi.org/10.1172/JCI108201>
11. Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1995). Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives—An Overview of Technical Details. Available online.
12. Cheng, Q., & Sun, D. W. (2008). Factors affecting the water holding capacity of red meat products: A review of recent research advances. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(2), 137-159. <http://dx.doi.org/10.1080/10408390601177647>
13. Ding, H., Gesangjiacuo, D., Zhang, J., & Zhang, X. (2024). Effects of different rearing systems on carcass traits, physicochemical properties, basic chemical composition, fatty acid profiles and amino acid profiles of Gangba lamb. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 362-372. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2314156>
14. Einkamerer, O. B., Ferreira, A. V., Fair, M. D., & Hugo, A. (2024). The effect of dietary non-protein nitrogen content on the meat quality of finishing lambs. *South African Journal of Animal Science*, 54(3), 340-357. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v54i3.05>
15. Fan, C., Li, H., Li, S., Zhong, G., Jia, W., Zhuo, Z., & Cheng, J. (2024). Effect of different slow-release urea on the production performance, rumen fermentation, and blood parameters of Angus Heifer. *Animals*, 14(16), 2296. <https://doi.org/10.3390/ani14162296>
16. Fonnesbeck, P.V., Kear, L.C., & Harris, L.E. (1975). Feed grade biuret as a protein replacement for ruminants: A Review. *Journal of Animal Science*, 40(6), 1150–1184. <https://doi.org/10.2527/jas1975.4061150x>
17. Ghanbari, E., Seifdavati, J., Yalchi, T., Abdi Benemar, H., & Seyed Sharifi, R. (2021). The effect of replacement of slow releasing non protein nitrogen source by urea in diets containing almond hulls on microbial protein production and nitrogen balance in sheep. *Research on Animal Production*, 12(34), 89-99. (In Persian).
18. Guo, Y., Xiao, L., Jin, L., Yan, S., Niu, D., & Yang, W. (2022). Effect of commercial slow-release urea product on *in vitro* rumen fermentation and ruminal microbial community using RUSITEC technique. *Journal Animal Science Biotechnology*, 13(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00700-8>
19. Hashem, W. A., & Tayeb, M. A. M. (2023). Effect of using slow-release urea on food compound digestion coefficient and some rumen and blood fluid traits in Awassi lambs. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 1213(1), 012086. DOI: 10.1088/1755-1315/1213/1/012086
20. Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O'grady, M. N., & Kerry, J. P. (2011). Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and

- shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.020>
21. Holman, B. W., Ponnampalam, E. N., Van de Ven, R. J., Kerr, M. G., & Hopkins, D. L. (2015). Lamb meat colour values (HunterLab CIE and reflectance) are influenced by aperture size (5 mm v. 25 mm). *Meat science*, 100, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.006>
 22. Huntington, G. B., Harmon, D. L., Kristensen, N. B., Hanson, K. C., & Spears, J. W. (2006). Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 130(3-4), 225–241. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.012>
 23. Jiang, M., Zhang, X., Wang, K., Datsomor, O., Li, X., Lin, M., Feng, C., Zhao, G., & Zhan, K. (2023). Effect of slow-release urea partial replacement of soybean meal on lactation performance, heat shock signal molecules, and rumen fermentation in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *Animal*, 13(17), 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
 24. Kahraman, M., Daş, A., Güngören, G., Daş, B. D., Yalçın, H., Koyuncu, I., & Akmeşe, Ş. (2022). The use of metabolomics tools in the evaluation of the fattening performance of lambs. *Medycyna Weterynaryjna*, 78, 1-4. <https://doi.org/10.21521/mw.6697>
 25. Kim, H. W., Choi, Y. S., Choi, J. H., Kim, H. Y., Lee, M. A., Hwang, K. E., & Kim, C. J. (2013). Tenderization effect of soy sauce on beef M. biceps femoris. *Food chemistry*, 139(1-4), 597-603. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.050>
 26. Lacey, J. M., & Wilmore, D.W. (1990). Is glutamine a conditionally essential amino acid? *Nutrition Review*, 48(8), 297–309. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1990.tb02967.x>
 27. Lanza, M., Bella, M., Barbagallo, D., Fasone, V., Finocchiaro, L., & Priolo, A. (2003). Effect of partially or totally replacing soybean meal and maize by chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in lamb diets: growth performances, carcass and meat quality. *Animal Research*, 52(3), 263-270. <https://doi.org/10.1051/animres:2003019>
 28. Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). Lawrie's meat science. 7th ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. doi:10.1533/9781845691615
 29. Lima, J., Ingabire, W., Roehe, R., & Dewhurst, R. J. (2023). Estimating microbial protein synthesis in the rumen—can ‘Omics’ methods provide new insights into a long-standing question? *Veterinary Sciences*, 10(12), 679. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120679>
 30. Mapato, C., Wanapat, M., & Cherdthong, A. (2010). Effects of urea treatment of straw and dietary level of vegetable oil on lactating dairy cows. *Tropical animal health and production*, 42, 1635-1642. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9613-3>
 31. Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and endogenous factors influencing color of fresh meat from ungulates. *Meat and Muscle Biology*, 1(1). doi: <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>

32. NRC. (2001). Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th revised edn. National Research Council National Academy Press, Washington, DC.
33. NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. Washington, DC, USA: National Research Council, National Academic Press.
34. Oba, M., VI, R. B., Owens, S. L., & Bequette, B. J. (2005). Metabolic fates of ammonia-N in ruminal epithelial and duodenal mucosal cells isolated from growing sheep. *Journal of dairy science*, 88(11), 3963-3970. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73082-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73082-4)
35. Patra, A. K. (2015). Rumen Microbiology: from evolution to revolution (Ed.), Urea/ammonia metabolism in the rumen and toxicity in ruminants. *Springer*, pp. 329-341. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3_22
36. Pérez-Palacios, T., Barroso, M. A., Ruiz, J., & Antequera, T. (2015). A Rapid and Accurate Extraction Procedure for Analysing Free Amino Acids in Meat Samples by GC-MS. *International journal of analytical chemistry*, 2015(1), 209214. <https://doi.org/10.1155/2015/209214>
37. Piao, M. Y., Jo, C., Kim, H. J., Lee, H. J., Kim, H. J., Ko, J. Y., & Baik, M. (2015). Comparison of carcass and sensory traits and free amino acid contents among quality grades in loin and rump of Korean cattle steer. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1629. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0128>.
38. Ponnampalam, E. N., Priyashantha, H., Vidanarachchi, J. K., Kiani, A., & Holman, B. W. (2024). Effects of nutritional factors on fat content, fatty acid composition, and sensorial properties of meat and milk from domesticated ruminants: an overview. *Animals*, 14(6), 840. <https://doi.org/10.3390/ani14060840>.
39. Poscic, N., Montanari, T., D'Andrea, M., Licastro, D., Pilla, F., Ajmone-Marsan, P., Minuti, A., & Sgorlon, S. (2017). Breed and adaptive response modulate bovine peripheral blood cells' transcriptome. *Journal Animal Science Biotechnol*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0143-y>
40. Rashmi, K. M., Prabhu, T. M., & Mahesh, M. S. (2024). Potential of Slow-Release Nitrogen in Ruminant Feeding. In *Feed Additives and Supplements for Ruminants*, pp. 281-300. <https://doi.org/10.1007/9>.
41. Robinson, S. L., Badalamenti, J. P., Dodge, A. G., Tassoulas, L. J., & Wackett, L. P. (2018). Microbial biodegradation of biuret: defining biuret hydrolases within the isochorismatase superfamily. *Environmental Microbiology*, 20(6), 2099-2111. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14094>.
42. Rokni, N. (1998). Meat Science and Technology. Tehran, Institute of Publication and Printing, University of Tehran. (In Persian).
43. Rozanski, S., Vivian, D. R., Kowalski, L. H., Prado, O. R., Fernandes, S. R., de Souza, J. C., & de Freitas, J. A. (2017). Carcass and meat traits, and non-carcass components

- of lambs fed ration containing increasing levels of urea. *Ciências Agrárias*, 38(3), 1577-1593. DOI: [10.5433/1679-0359.2017v38n3p1577](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1577)
44. Sabzi, F., Varidi, M. J., Varidi, M., & Asnaashari, M. (2024). Effect of verjuice (*Vitis vinifera* L.) on physicochemical and textural properties of beef *M. biceps femoris*. *Food Science & Nutrition*. 12(8), 5498- 5517. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4192>
 45. Saro, C., Degeneffe, M. A., Andrés, S., Mateo, J., Caro, I., López-Ferreras, L., & Giráldez, F. J. (2023). Conventional feed-grade or slow-release coated urea as sources of dietary nitrogen for fattening lambs. *Animals*, 13(22), 3465. <https://doi.org/10.3390/ani13223465>
 46. Saro, C., Mateo, J., Caro, I., Carballo, D. E., Fernández, M., Valdés, C., & Giráldez, F. J. (2020). Effect of dietary crude protein on animal performance, blood biochemistry profile, ruminal fermentation parameters and carcass and meat quality of heavy fattening Assaf lambs. *Animals*, 10(11), 2177. <https://doi.org/10.3390/ani10112177>
 47. SAS Institute Inc. (2005). User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
 48. Solgi, M., Asnaashari, M., & Farahmandfara, R. (2024). Application of microliposome of ferula leaves extract on shelf life of beef burger during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 21(146), 195-210. [https://doi: 10.22034/FSCT.21.146.195](https://doi.org/10.22034/FSCT.21.146.195)
 49. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. doi.org/10.3168/jds. S0022-0302(91)78551
 50. Varezardi, S., Aizi, A., Kiani, A., Fadayifar, A., & Sharifi, A. (2023). Effect of non-protein nitrogen source in high-protein diet and feeding frequency on growth performance, rumen fermentation parameters, and the activity of microbial enzymes in fattening lambs. *Animal Production Research*, 12(4), 63-78. (In Persian).
 51. Wang, B., Ma, T., Deng, K.D., Jiang, C.G., & Diao, Q.Y. (2016). Effect of urea supplementation on performance and safety in diets of Dorper crossbred sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(5), 902–910. <https://doi.org/10.1111/jpn.12417>
 52. Wei, H.Z., & Mo, Y. (2012). Advances in the mechanism and influencing factors of rumen microbial protein synthesis in ruminants. Beijing. *Agri*, 518, 122.
 53. Wu, G. (1998). Intestinal mucosal amino acid catabolism. *The Journal of Nutrition*, 128(8), 1249-1252. <https://doi.org/10.1093/jn/128.8.1249>
 54. Wu, G., Bazer, F. W., Johnson, G. A., Satterfield, M. C., & Washburn, S. E. (2024). Metabolism and nutrition of L-glutamate and L-glutamine in ruminants. *Animals*, 14(12), 1788. <https://doi.org/10.3390/ani14121788>

55. Yarmand, M.N. (2005). Science and technology of meat and meat products. Tehran, Scientific-Applied Education Institute Publications. (In Persian).
56. Yilkal, T., & Negassie, A. (2015). Use of different non protein nitrogen sources in ruminant nutrition: a review. *Scholarly Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 84-89. <https://doi/full/10.5555/20153288699>
57. Zahmatkesh, D., & Jahani-Moghadam, M. (2018). Partial replacement of soybean meal with slow releasing non protein nitrogen source in dairy cow: performance and economic implication. *Research Journal of Livestock Science*, 30(117), 203-214. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/asj.2017.109965.1426>
58. Zhang, Y., Ma, R., Chen, B., Zhou, W., Zhang, N., Tu, Y., & Bi, Y. (2024). Effects of protein grass hay as alternative feed resource on lamb's fattening performance and meat quality. *Meat Science*, 218, 109644. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1366314>
59. Zurak, D., Kljak, K., & Aladrovic, J. (2023). Metabolism and utilisation of non-protein nitrogen compounds in ruminants: a review. *Journal of Central European Agriculture*, 24(1), 1-14. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/24.1.3645>