



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of substituting different levels of biuret instead of urea on nutrient intake, growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites, and feeding behavior of Afshari fattening lambs

S. Nazari¹, A. Azizi^{1*}, A. Kiani¹, M. 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, Iran

(Received: 02-02-2025 – Revised: 17-05-2025 – Accepted: 17-05-2025 – Available online: 19-05-2025)

Abstract

Introduction: Protein is one of the most expensive nutrients used in ruminant diets and is considered one of the limiting factors in feed intake in ruminants. The various protein sources used in ruminant nutrition include plant protein sources (oilseed meal, including soybean meal, rapeseed meal, etc.), animal protein (including meat meal), marine products (fish meal), and non-protein nitrogen (NPN). However, the apparent shortage of protein sources required by ruminants has become a global problem and has significantly increased production costs. Therefore, finding alternative sources to soybean meal as a standard protein source seems essential. NPN sources are nitrogen-rich compounds that can partially replace real protein in the diet of ruminants and include urea, biuret, thiourea, dicyandiamide, thiourea, hydrazine, and several ammonium salts such as ammonium acetate, ammonium succinate, ammonium carbonate, ammonium bicarbonate, ammonium phosphate, and ammonium lactate. Low supply cost, high nitrogen content, and easy availability are some of the advantages of using NPN sources in ruminant nutrition. Urea is the most widespread source of NPN, which is an organic compound soluble in water and alcohol with the chemical formula $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ and contains 46% nitrogen, which is equivalent to 287.5% crude protein (CP). In Iran, there is a relatively large capacity for urea production and the possibility of making slow-release nitrogenous compounds from it, while, unfortunately, the use of NPN in livestock nutrition has not been given due attention, and these compounds are also imported from abroad in slow-release form. Excessive use of urea in ruminant diets, due to its extremely high solubility in rumen fluid, increases the concentration of blood urea nitrogen (BUN) and causes ammonia poisoning. Slow-release urea production technology with controlled release of nitrogen in the rumen ensures that rumen bacteria have continuous and gradual access to the nitrogen source. To overcome this problem, several slow-release urea products have been developed and evaluated in the past. Another source of slow-release urea is biuret (carbaryl urea, alphanamides) with the chemical formula $2(\text{NH}_2\text{CONHCONH})$, which is produced by combining two urea molecules at high temperatures, and as a source of NPN, it has good potential in feeding ruminants. The cost of producing biuret is lower than other slow-release urea sources. Biuret is less soluble in water and is converted to ammonia in the rumen at a much slower rate than urea. Also, biuret is relatively non-toxic compared to urea and does not negatively affect the palatability of the diet. Biuret can be used in ruminant nutrition at much higher levels than urea. Biuret is very safe compared to urea and can be used in beef cattle diets at a dose 20 times higher than the toxic dose of urea. So far, few studies have been conducted on the effects of biuret feeding in ruminants, especially determining the optimal level of biuret in the diet. Therefore, the present study aimed to investigate the effects of replacing different levels of biuret in the

* Corresponding author: azizi.ay@lu.ac.ir



diet with urea on nutrient intake, growth performance, nutrient digestibility, and feeding behavior of Afshari fattening lambs.

Materials and methods: In this study, 28 Afshari fattening male lambs with an average age of 135 ± 15 days and average live weight of 34 ± 3.49 kg were used in a completely randomized design with four experimental treatments and seven replications. The experimental diets included a control treatment (100% urea on a dry matter (DM) basis) and the inclusion of levels of 34, 67, and 100% biuret based on dietary DM instead of urea. First, the experimental diets were incubated in an *in vitro* test to determine the concentration of ammonia-N, and then the diets were fed to the experimental animals for 70 days.

Results and discussion: Using biuret in the diet did not affect nutrient intake, including DM, organic matter (OM), CP, and neutral detergent fiber (NDF), and feeding behavior traits compared to the control treatment. With increasing the level of biuret in the diet, daily weight gain, total weight gain, and feed conversion ratio improved linearly compared to the control treatment ($P < 0.05$). The improvement in growth performance traits in biuret-fed lambs can be explained by higher feed intake compared to the control (urea only) treatment. One possible reason may be the better efficiency and retention of nitrogen in biuret due to the lower rumen degradation rate compared to urea. The slower release of ammonia from biuret as a source of NPN compared to urea probably makes biuret more efficiently utilized by rumen microorganisms. As the level of biuret increased in the diet, the digestibility of NDF increased linearly compared to the urea-containing treatment ($P < 0.05$), although OM digestibility was not affected by the experimental diets. In the present study, it was expected that the improvement in NDF digestibility with increasing biuret levels in the diet would be accompanied by an increase in nutrient intake, which was not the case. The reason for the increase in fiber digestion with biuret supplementation compared to urea may be due to the greater availability of ammonia to rumen microbes, especially cellulolytic bacteria, as ammonia is known to be the most important source of nitrogen for the growth and proliferation of fiber-digesting bacteria in the rumen. With increasing the amount of dietary biuret, the concentration of blood total protein increased linearly, but the concentration of blood urea nitrogen decreased linearly compared to the treatment containing urea ($P < 0.05$).

Conclusions: The results of the present study showed that the use of biuret compared to urea in the diet caused a decrease in ammonia-N content in the rumen and improved growth performance and feed conversion ratio. Therefore, it is recommended to use biuret instead of urea up to the full replacement level in the diet of fattening lambs.

Keywords: Urea, Fattening lamb, Biuret, Growth performance, Digestibility

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of Lorestan University.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors thank Lorestan University for the financial support of this project.

Acknowledgment: The authors would like to thank Lorestan University for providing the necessary equipment for this experiment.

How to cite this article:

Nazari, S., Azizi, A., Kiani, A., & Asnaashari, M. (2025). Effect of substituting different levels of biuret instead of urea on nutrient intake, growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites, and feeding behavior of Afshari fattening lambs. *Animal Production Research*, 14(3), 93-107. doi: 10.22124/ar.2025.29746.1881



مقاله پژوهشی

اثر جایگزینی اوره با سطوح مختلف بیورت بر مصرف مواد مغذی، عملکرد رشد، گوارش پذیری مواد مغذی، متابولیت‌های خونی و رفتار تغذیه‌ای بره‌های افشاری

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

۱- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

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

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹)

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر جایگزینی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر مصرف مواد مغذی، عملکرد رشد، گوارش پذیری مواد مغذی، متابولیت‌های خونی و رفتار تغذیه‌ای بره‌های پرواری بود. از ۲۸ رأس بره نر پرواری افشاری با میانگین سنی 15 ± 13.5 روزه و میانگین وزن زنده $34 \pm 3/49$ کیلوگرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و هفت تکرار استفاده شد. از چهار جیره آزمایشی شامل جایگزینی سطوح صفر (شاهد)، ۳۴، ۶۷ و ۱۰۰ درصد ماده خشک بیورت به جای اوره استفاده شد. ابتدا، جیره‌های آزمایشی در یک آزمون برون‌تنی جهت تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی انکوبه شدند و سپس، جیره‌ها به مدت ۷۰ روز به دام‌های آزمایشی تغذیه شدند. نتایج آزمایش برون‌تنی نشان داد که با افزایش سطح بیورت در جیره، غلظت نیتروژن آمونیاکی محیط کشت تا زمان ۱۰ ساعت پس از انکوباسیون در مقایسه با تیمار حاوی اوره کاهش نشان داد. استفاده از بیورت در جیره در مقایسه با تیمار شاهد تأثیری بر مصرف مواد مغذی شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، NDF و صفات رفتار تغذیه‌ای نداشت ($P > 0.05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، افزایش وزن روزانه، کل افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با تیمار شاهد به طور خطی بهبود یافت ($P < 0.05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، گوارش پذیری NDF در مقایسه با تیمار حاوی اوره به طور خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). هرچند گوارش پذیری ماده آلی تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). با افزایش سطح بیورت در جیره، غلظت پروتئین تام خون به طور خطی افزایش یافت، اما غلظت نیتروژن اوره‌ای خون در مقایسه با تیمار حاوی اوره به طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$). در کل، نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاربرد بیورت در مقایسه با اوره در جیره سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی شد. بنابراین، کاربرد بیورت به جای اوره تا سطح کامل جایگزینی در جیره بره‌های پرواری قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: اوره، بره پرواری، بیورت، عملکرد رشد، گوارش پذیری

* نویسنده مسئول: azizi.ay@lu.ac.ir

مقدمه

پروتئین یکی از گران‌ترین مواد مغذی مورد استفاده در جیره نشخوارکنندگان است و به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده مصرف خوراک در نشخوارکنندگان در نظر گرفته می‌شود (Mapato et al., 2010). منابع مختلف پروتئینی مورد استفاده در تغذیه نشخوارکنندگان شامل منابع پروتئین گیاهی (کنجاله دانه‌های روغنی شامل کنجاله سویا، کنجاله کلزا و غیره)، پروتئین حیوانی (شامل پودر گوشت)، فرآورده‌های دریایی (پودر ماهی) و نیتروژن غیر پروتئینی (NPN) هستند (NRC, 2001). با این حال، کمبود مشهود منابع پروتئینی مورد نیاز برای نشخوارکنندگان به یک مشکل جهانی تبدیل شده است و هزینه‌های تولید را به‌طور قابل توجهی افزایش داده است (Chalupa, 2007). بنابراین، یافتن منابع جایگزین کنجاله سویا به‌عنوان یک منبع پروتئینی استاندارد، ضروری به‌نظر می‌رسد. منابع NPN ترکیباتی غنی از نیتروژن هستند که تا حدی قابلیت جایگزینی به‌جای پروتئین حقیقی در جیره نشخوارکنندگان را دارند و شامل اوره، بیورت، تریورت، دی‌سیانودامید، تیوره، هیدرازین و تعدادی از نمک‌های آمونیوم (مانند استات آمونیوم، سوکسینات آمونیوم، کربنات آمونیوم، بیکربنات آمونیوم، فسفات آمونیوم و لاکتات آمونیوم) هستند (Wanapat, 2009; Xin et al., 2010). ترکیبات مذکور، پروتئین یا پلی‌پپتید نیستند، بلکه به‌وسیله میکروب‌های شکمبه به پروتئین میکروبی تبدیل می‌شوند (Rashmi et al., 2024). هزینه تأمین پایین، محتوای نیتروژن زیاد و قابلیت دسترسی آسان، از مزایای استفاده از منابع NPN در تغذیه نشخوارکنندگان است. اوره، گسترده‌ترین منبع NPN است که یک ترکیب آلی و محلول در آب و الکل و با فرمول شیمیایی $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ است (Patra, 2015) و حاوی ۴۶ درصد نیتروژن است که معادل ۲۸۷/۵ درصد پروتئین خام است. در کشور ایران، ظرفیت نسبتاً زیادی جهت تولید اوره و امکان ساخت ترکیبات نیتروژن‌دار آهسته‌رهش از آن وجود دارد، در حالی که متأسفانه استفاده از NPN در تغذیه دام به شایستگی مورد توجه قرار نگرفته است و واردات این ترکیبات به‌شکل آهسته‌رهش از خارج کشور نیز انجام می‌پذیرد (Talebian, 2016). استفاده بیش از حد از اوره در جیره نشخوارکنندگان، به‌دلیل حلالیت به‌شدت زیاد آن در

مایع شکمبه باعث افزایش غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) شده و 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 آریتمی قلبی اتفاق می‌افتد (Patra, 2015). چنان‌چه غلظت آمونیاک خون در دام‌های مسموم از ۴ میلی‌گرم در دسی لیتر فراتر رود، بعد از ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه، مرگ حیوان را به‌دنبال خواهد داشت (Patra, 2015). دفع نیتروژن مازاد شکمبه‌ای از راه ادرار نیز منجر به کاهش راندمان نیتروژن، افزایش ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی و تولید و انتشار نیتریک اکساید که یک گاز گلخانه‌ای آلاینده محیط زیست است، می‌شود (Lima et al., 2023). فناوری تولید اوره آهسته‌رهش با آزادسازی کنترل شده نیتروژن در شکمبه اطمینان می‌دهد که باکتری‌های شکمبه به‌صورت مداوم و تدریجی به منبع نیتروژن دسترسی خواهند داشت (Zahmatkesh & Jahani-Moghadam, 2018; Jinjia et al., 2022). برای غلبه بر این مشکل، در گذشته چندین محصول اوره آهسته‌رهش شامل کمپلکس اوره-کربوهیدرات، فرمالدئید اوره، اوره پوشش داده شده با روغن بذر کتان و تالک، لاکتوزیل اوره، پلی وینیل الکل اوره، کمپلکس اوره لیگنوسولزی، اورومالت، ایزوبوتیرآلدئیدمونواوره، اپتیژن، میکروکپسولهای اوره، اوره باند شده با کلرید کلسیم و اوره-ذرت-کربوکسی-رزین تولید و ارزیابی شده است (Niazifar et al., 2024). یکی دیگر از منابع اوره آهسته‌رهش، بیورت (کاربامیل اوره، آلفانامیدها) با فرمول شیمیایی $(\text{NH}_2\text{CONHCONH})_2$ است که از ترکیب دو مولکول اوره در دمای زیاد تولید می‌شود و به‌عنوان یک منبع NPN، قابلیت خوبی در تغذیه نشخوارکنندگان دارد. هزینه تولید بیورت نسبت به سایر منابع اوره آهسته‌رهش، کمتر است. بیورت قابلیت حل شدن کمتری در آب دارد و در مقایسه با اوره با سرعت بسیار کمتری در شکمبه تبدیل به آمونیاک می‌شود. همچنین، بیورت نسبت به اوره نسبتاً غیر سمی است و تأثیر منفی بر خوش‌خوراکی جیره ندارد. بیورت را می‌توان به‌میزان بسیار بیشتری در مقایسه با اوره در تغذیه نشخوارکنندگان استفاده کرد (Currier et al., 2004). بیورت در مقایسه با اوره بسیار بی‌خطر است و به‌میزان ۲۰ برابر بیشتر از دوز سمی اوره می‌توان از آن در جیره دام‌های گوشتی استفاده نمود (Currier et al., 2004). بیورت

معمولاً حاوی ۲۵۶ درصد پروتئین خام (با محتوای نیتروژن برابر با ۴۱ درصد) است که مقداری از اوره کمتر است و الگوی آزادسازی آمونیاک در آن، مشابه پروتئین‌های گیاهی است (Currier et al., 2004). مطالعات اندکی درباره تغذیه بیورت در نشخوارکنندگان صورت گرفته است. اخیراً در مطالعاتی، مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با بیورت سبب بهبود میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با گروه تغذیه شده با اوره شد (Varezardi et al., 2023). همچنین، تغذیه با بیورت سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی و فعالیت آنزیم‌های پروتئازی شکمبه و افزایش غلظت استات، کل اسیدهای چرب فرار و فعالیت کربوکسی متیل سلولاز شکمبه در مقایسه با مکمل کردن جیره با اوره شد (Varezardi et al., 2023). این در حالی است که در پژوهش دیگری، استفاده از بیورت به نشخوارکنندگان تغذیه شده با جیره‌های بر پایه علوفه کم‌کیفیت، تأثیر قابل توجهی روی مصرف علوفه، گوارش‌پذیری مواد مغذی و رشد میکروبی نداشت (Currier et al., 2004). در آزمایش دیگری، تعادل نیتروژن در بره‌هایی که با مایع شکمبه گوسفندان تغذیه شده با جیره‌های حاوی بیورت تلقیح شده بودند، نسبت به بره‌های فاقد بیورت، به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Ewan et al., 1958). تاکنون مطالعات اندکی درباره آثار تغذیه بیورت در نشخوارکنندگان، به‌خصوص تعیین بهترین سطح بیورت در جیره، صورت گرفته است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار جایگزینی سطوح مختلف بیورت به‌جای اوره در جیره بر مصرف مواد مغذی، عملکرد رشد، گوارش‌پذیری مواد مغذی و رفتار تغذیه‌ای بره‌های پرواری نژاد افشاری بود.

مواد و روش‌ها

دام‌ها، تیمارهای آزمایشی و مدیریت پرورش: آزمایش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آزمایشی و هفت بره (تکرار) در هر تیمار (جمعاً ۲۸ بره نژاد افشاری) در ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. میانگین سنی بره‌ها برابر با 15 ± 135 روزه و میانگین وزن زنده نیز $34 \pm 2/49$ کیلوگرم بود. بره‌ها از روز اول در جایگاه انفرادی با ابعاد طول، عرض و ارتفاع به‌ترتیب $150 \times 100 \times 100$ سانتی‌متر نگهداری و پرورش داده شدند. دو هفته قبل از شروع آزمایش، بره‌ها علیه بیماری

آنروتوکسمی واکسینه شدند و میزان ۲۰ میلی‌لیتر شربت ضد انگل کلوزانتل ۵ درصد به‌ازای هر ۱۰ کیلوگرم وزن بدن و شربت ضد انگل دامی‌اکاونیل (نیکلوزوماید) به‌ازای هر ۱۵ کیلوگرم وزن بدن (۷ تا ۱۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر بره) به بره‌ها خورانده شد. دام‌ها به‌مدت ۸۴ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند که ۱۴ روز اول به‌عنوان دوره عادت‌پذیری به جیره‌های آزمایشی و جایگاه انفرادی و ۷۰ روز باقیمانده به‌عنوان دوره اصلی آزمایش در نظر گرفته شد. جیره‌های آزمایشی که از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند و حاوی ۲/۶۷ مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک انرژی قابل سوخت و ساز و ۱۴ درصد پروتئین خام بودند. نسبت علوفه به کنسانتره جیره‌ها به‌ترتیب ۱۵ به ۸۵ در نظر گرفته شد. جیره‌ها به‌صورت کاملاً مخلوط (TMR) و در دو نوبت و در ساعت‌های ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ 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، به‌ترتیب شامل سطوح صفر (۱۰۰ درصد اوره)، ۳۴، ۶۷ و ۱۰۰ درصد جایگزینی بیورت به‌جای اوره بر اساس ماده خشک بودند. تولید بیورت از اوره به این صورت بود که در دمای بیشتر از نقطه ذوب اوره، یک مولکول اوره به مقدار مشابهی آمونیاک و اسید سیانیک تجزیه می‌شود. اسید سیانیک که از تجزیه اوره تولید می‌شود با اوره دیگر واکنش داده و بیورت تشکیل می‌دهد. به‌طور کلی، دو مولکول اوره به یک مولکول بیورت و یک مولکول آمونیاک تبدیل می‌شود. در این مطالعه، فرآیند تولید بیورت از اوره در دمای ۱۴۵ درجه سلسیوس و به‌مدت ۳ ساعت و بدون استفاده از کاتالیزور انجام شد (Ryul Park et al., 2009). اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. تعیین غلظت آمونیاک جیره‌های آزمایشی در شرایط برون‌تنی: به‌منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر غلظت آمونیاک شکمبه در شرایط برون‌تنی، شیرابه شکمبه از دو رأس گوسفند که به‌مدت دو هفته با جیره آزمایشی حاوی ۸۵ درصد کنسانتره و ۱۵ درصد علوفه عادت‌دهی شده بودند، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح به‌وسیله لوله مری جمع‌آوری شد. جیره‌ها شامل ۱۵ درصد کاه گندم، ۳۲

گاز دی اکسید کربن جهت بی هوازی کردن محیط کشت استفاده شد. سپس، درب ویال ها بسته شد و در بن ماری با دمای ۳۹ درجه سلسیوس انکوبه شدند. نمونه گیری از محیط کشت در فواصل زمانی یک ساعته و تا ۱۰ ساعت پس از انکوباسیون انجام شد. برای تعیین غلظت نیتروژن آمونیاکی نمونه ها، میزان یک میلی لیتر محیط کشت با یک میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال کاملاً مخلوط شد و سریعاً به فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شد. غلظت نیتروژن آمونیاکی نمونه ها بر اساس روش فنل-هیپوکلیت تعیین شد (Broderick and Kang, 1980).

مصرف خوراک، عملکرد رشد و رفتار تغذیه ای بره ها: طی دوره اصلی آزمایش، خوراک مصرفی روزانه دام ها کنترل شد و به نحوی تغذیه شدند که حداقل پنج درصد پسماند در آخور آن ها باقی بماند. خوراک روزانه در دو وعده خوراکی یکسان در اختیار دام ها قرار گرفت.

درصد ذرت آسیاب شده، ۳۲ درصد جو بلغور شده، ۸ درصد کنجاله سویا، ۷/۵ درصد سبوس گندم و ۴/۲۵ درصد پیش مخلوط بر حسب ماده خشک بود که بر اساس جدول احتیاجات تغذیه ای نشخوارکنندگان کوچک (NRC, 2007) تنظیم شد. شیرابه بلافاصله به وسیله چهار لایه پارچه متقال صاف شد و در دمای ۳۹ درجه سلسیوس سریعاً به آزمایشگاه انتقال داده شد. ابتدا، میزان ۲۵۰ میلی گرم از جیره های آزمایشی (جدول ۱) آسیاب شده با اندازه ذرات ۱ میلی متر (Wiley mill, Swedesboro, NJ, USA) در داخل هر ویال آزمایشی قرار داده شد (هفت تکرار به ازای هر تیمار، ۲۸ ویال آزمایشی، به علاوه سه ویال بلانک، جمعاً ۳۱ ویال آزمایشی). سپس، هر ویال که از قبل دمای آن با قرار دادن در بن ماری به ۳۹ درجه سلسیوس رسیده بود، با ۵ میلی لیتر مایع شکمه و ۲۰ میلی لیتر بزاق مصنوعی تلقیح شد (Marten & Barnes, 1980). در تمام مراحل، از

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب شیمیایی (بر حسب درصد ماده خشک یا واحد بیان شده) جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت

Table 1. Ingredients and chemical composition (% DM or as stated) of experimental diets containing different levels of biuret

	Level of biuret in the diet (% DM)			
	0	34	67	100
Ingredients				
Wheat straw	15.0	15.0	15.0	15.0
Barley grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
Corn grain, ground	32.0	32.0	32.0	32.0
Soybean meal	8.0	8.0	8.0	8.0
Wheat bran	7.55	7.41	7.27	7.14
Premix ¹	4.25	4.25	4.25	4.25
Urea	1.20	0.80	0.40	-
Biuret	-	0.54	1.08	1.61
Chemical composition				
Dry matter	90.0	90.0	90.0	90.0
Organic matter	93.3	93.31	93.3	93.3
Crude protein	14.38	14.39	14.38	14.38
RUP	37.5	37.4	37.4	37.4
Neutral detergent fiber (NDF)	28.9	28.8	28.8	28.7
Acid detergent fiber (ADF)	19.2	19.1	19.1	19
Ether extract	2.61	2.60	2.60	2.29
Ca	0.74	0.73	0.73	0.73
P	0.38	0.38	0.38	0.37
N	2.30	2.30	2.30	2.30
S	0.23	0.23	0.23	0.23
N/S	10	10	10	10
ME (Mcal/kg DM)	2.67	2.66	2.66	2.66

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, 25 mg Iodine, 25000 mg Mg, 25000 mg Na (NaCl), 25000 mg Na (NaHCO₃), and 1000 mg Antioxidant.

سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد (AOAC, 2005). میزان خاکستر خام در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس 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 آن‌ها با استفاده از دستگاه کلدال صورت گرفت (AOAC, 2005). میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به ترتیب بر اساس روش‌های (AOAC (2005 و Van Soest et al. (1991 محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه شدند. برای صفات مربوطه از رویه GLM نرم‌افزار آماری (SAS (2005 استفاده شد. تجزیه آماری داده‌های مربوط به مصرف خوراک به صورت تکرار شده در زمان انجام شد. میانگین صفات نیز با آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفت. برای تجزیه داده‌های مربوط به عملکرد رشد، وزن اولیه دام‌ها به عنوان متغیر همبسته یا کوواریت در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

غلظت نیتروژن آمونیاکی در شرایط برون‌تنی: اثر انکوباسیون جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه (میلی گرم در دسی‌لیتر) در ۱۰ ساعت اول انکوباسیون برون‌تنی در شکل ۱ ارائه شده است. دو ساعت پس از انکوباسیون، بیشترین میزان غلظت نیتروژن آمونیاکی مشاهده شده مربوط به جیره شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد اوره) و کمترین مقدار مربوط به تیمار حاوی بیشترین میزان بیورت بود ($P < 0/05$). از ساعت ۴ انکوباسیون به بعد، میزان نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار حاوی اوره کمتر از جیره‌های حاوی بیورت بود ($P < 0/05$). این نتایج نشان می‌دهد که بیورت در مقایسه با اوره به صورت تدریجی تجزیه شده است. مطابق با این نتایج، در پژوهشی گزارش شده است که اوره آهسته‌رزش سرعت آزادسازی آمونیاک در شکمبه را کاهش می‌دهد و یک رهاسازی تدریجی را در مقایسه با اوره معمولی فراهم می‌نماید (Salami et al., 2020).

هر ۱۴ روز یک بار، قبل از خوراک‌دهی وعده صبح و پس از ۱۶ ساعت گرسنگی، دام‌ها توزین شدند و در هر دوره، کل افزایش وزن هر رأس دام از تفریق وزن نهایی از وزن شروع پرورار تعیین شد. میانگین افزایش وزن روزانه هر دام با تقسیم کردن کل افزایش وزن (بر اساس کیلوگرم) بر تعداد روز پرورار به دست آمد. ضریب تبدیل غذایی از تقسیم نمودن کل خوراک مصرفی (کیلوگرم) به کل افزایش وزن (کیلوگرم) به دست آمد. به منظور بررسی اثر جیره‌های آزمایشی روی رفتار مصرف خوراک دام‌ها، در روز ۴۷ آزمایش و به مدت ۲۴ ساعت، فراسنجه‌های رفتاری دام‌ها شامل مصرف خوراک، رفتار جویدن و رفتار نشخوار کردن به صورت چشمی تعیین شد (Kononoff et al., 2002). بررسی وضعیت رفتار دام‌ها هر پنج دقیقه یکبار به مدت ۲۴ ساعت و به صورت پیوسته ثبت شد.

گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی جیره‌ها: در روز ۴۳ آزمایش برای تعیین گوارش‌پذیری ظاهری مواد مغذی در جیره‌های آزمایشی، از روش تعیین غلظت نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (AIA) استفاده شد (Van-Keulen & Young, 1977). برای این منظور، به مدت یک هفته و هر روز قبل از خوراک‌دهی وعده صبح، نمونه‌های مدفوع (حدود ۵۰ گرم) از همه دام‌ها تهیه شد و به همراه نمونه جیره بلافاصله به فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس انتقال داده شد. پس از پایان نمونه‌گیری، نمونه‌های هر دام پس از یخ‌گشایی با هم کاملاً مخلوط شد و یک نمونه نهایی حاصل شد.

خون‌گیری و تعیین فراسنجه‌های خونی: نمونه‌گیری از خون جهت تعیین فراسنجه‌های خونی شامل گلوکز، آلومین، پروتئین تام و BUN در روز ۵۲ آزمایش و در زمان صفر (قبل از خوراک‌دهی)، ۳ و ۶ ساعت پس از خوراک‌دهی وعده صبح انجام شد. نمونه‌های خون در لوله‌های حاوی هپارین ریخته شد و تا رسیدن به آزمایشگاه در یخ نگهداری شدند. نمونه‌ها به منظور جداسازی پلاسما در آزمایشگاه به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰ در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شدند. پلاسمای جدا شده تا تجزیه فراسنجه‌های لازم در دمای ۲۰- درجه سلسیوس منجمد شد. تعیین فراسنجه‌های خون بر اساس دستورالعمل کیت‌های شیمیایی شرکت پارس آزمون انجام گرفت.

تجزیه شیمیایی نمونه‌ها: میزان ماده خشک نمونه‌های جیره، پسماند خوراک و مدفوع در آون با دمای ۶۰ درجه

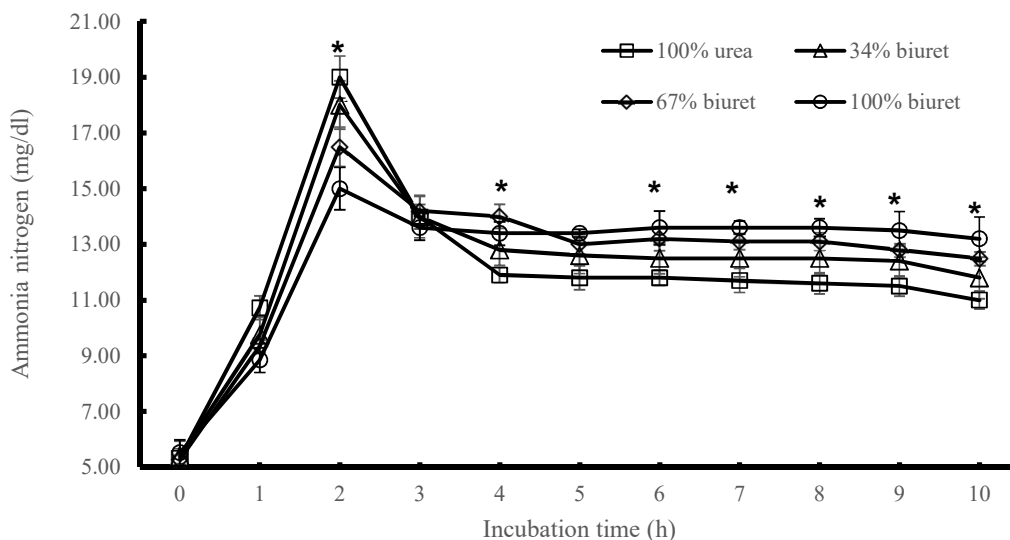


Fig. 1. Effect of experimental diets containing different levels of biuret on rumen ammonia nitrogen concentration (mg/dL) at different incubation times *in vitro*

شکل ۱- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه (میلی گرم در دسی لیتر) در زمان‌های مختلف انکوباسیون در شرایط برون تنی

مصرف خوراک و به تبع آن، عملکرد رشد دام تحت تأثیر خوش‌خوراکی خوراک، نوع اوره آهسته‌رهش، جیره پایه، کیفیت جیره و سلامت دام قرار می‌گیرد. مصرف خوراک در نشخوارکنندگان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله خوش-خوراکی جیره، محتوای مواد ضد تغذیه‌ای خوراک‌ها، سن، وضعیت توسعه شکمبه‌ای، کیفیت جیره، نسبت علوفه به کنسانتره، اتساع شکمبه، دوره سازگاری حیوان به جیره، دفعات تغذیه‌ای روزانه، محتوای پروتئین خام جیره و سلامت دام قرار می‌گیرد. با اینکه در مطالعاتی، خوش-خوراکی مطلوب‌تر بیورت در مقایسه با اوره در تغذیه نشخوارکنندگان گزارش شده است (Kondos & Mutch, 1975)، اما در مطالعه حاضر، به‌استثنای دو هفته آخر پرورش (روزهای ۷۰-۵۷)، که مصرف خوراک در تیمارهای حاوی بیورت بیشتر از گروه دریافت‌کننده اوره بود، در کل دوره پرورش و سایر زمان‌های مورد بررسی، آثار مثبتی از مکمل کردن جیره با بیورت روی مصرف مواد مغذی در مقایسه با اوره مشاهده نشد. مشابه بودن مصرف مواد مغذی در جیره‌های آزمایشی مختلف در آزمایش حاضر احتمالاً به دلیل ترکیب شیمیایی، به‌خصوص میزان پروتئین خام و انرژی قابل سوخت و ساز، تقریباً مشابه آن‌ها بوده است (جدول ۱). دلیل افزایش مصرف مواد مغذی در دو هفته انتهایی دوره پرورش با تغذیه بیورت احتمالاً به دلیل سازگاری مطلوب‌تر میکروارگانیسم‌های شکمبه با بیورت

در یک تحقیق برون تنی دیگر، غلظت آمونیاک محیط کشت با انکوباسیون پلیمر اوره آهسته‌رهش و گروه کنجاله سویا پس از هشت ساعت در مقایسه با تیمار حاوی اوره، کاهش یافت (Xin et al., 2010)، که نشان می‌دهد جیره‌های حاوی اوره آهسته‌رهش برای مدت طولانی‌تری دسترسی نیتروژن را برای استفاده میکروارگانیسم‌های شکمبه طی فرآیند تخمیر فراهم کرده‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از بیورت به‌خوبی سبب آزاد شدن تدریجی نیتروژن غیرپروتئینی در شکمبه می‌شود که احتمالاً شرایط مطلوب‌تری برای میکروارگانیسم‌های شکمبه جهت بهبود عملکرد دام فراهم می‌کند.

مصرف مواد مغذی: اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر مصرف مواد مغذی در کل دوره ۷۰ روزه آزمایش و دوره‌های زمانی مجزای ۱۴ روزه در جدول ۲ ارائه شده است. استفاده از بیورت در جیره، تأثیر معنی‌داری بر مصرف مواد مغذی شامل ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و NDF در کل دوره آزمایش و همچنین، در دوره‌های زمانی ۱-۱۴، ۱۵-۲۸، ۲۹-۴۲ و ۴۳-۵۶ روزگی نداشت ($P > 0.05$)، اما در دوره زمانی ۵۷-۷۰ روزگی، میزان مصرف همه مواد مغذی مورد بررسی با افزایش سطح بیورت در جیره تا سطح کامل جایگزینی با اوره به‌صورت خطی افزایش یافت ($P < 0.05$).

البته به جز دو هفته آخر دوره پرورش (روزهای ۷۰-۵۷)، که می‌توان بهبود صفات عملکرد رشد در بره‌های تغذیه شده با بیورت را به دلیل مصرف خوراک بیشتر (جدول ۱) در مقایسه با تیمار شاهد (فقط اوره) توجیه کرد. یکی از دلایل احتمالی ممکن است بازدهی و ابقاء بهتر نیتروژن در بیورت به‌خاطر نرخ تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای کمتر در مقایسه با اوره باشد. رهاسازی کندتر آمونیاک از بیورت به‌عنوان یک منبع NPN در مقایسه با اوره احتمالاً سبب می‌شود که بیورت به‌طور کارآمدتری به‌وسیله میکروارگانیسم شکمبه مورد استفاده قرار گیرد (Currier et al., 2004). مطابق با نتایج مطالعه حاضر، در پژوهشی، بره‌های دریافت‌کننده جیره‌های حاوی بیورت، میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک مطلوب‌تری نسبت به گروه دریافت‌کننده اوره داشتند (Varezardi et al., 2023). در آزمایشی، با ارزیابی اثر منابع مختلف NPN شامل اوره، پلیمر اوره آهسته‌رهش و اوره ژلاتینه بر عملکرد گاوهای گوشتی (Fan et al., 2024)، وزن نهایی و ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت که مخالف نتایج تحقیق حاضر است، اما میانگین افزایش وزن روزانه در گروه تغذیه شده با پلیمر اوره آهسته‌رهش نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بود که مطابق با نتایج تحقیق حاضر است.

نتایج یک فراتحلیل نیز نشان داده است که جایگزین کردن جزئی منابع پروتئین‌های گیاهی با منابع اوره آهسته‌رهش جیره (۸۸/۰ درصد ماده خشک) در گاوهای در حال رشد، بهبود افزایش وزن و بازدهی خوراک را در پی داشته است (Salami et al., 2020). بر خلاف این نتایج، در پژوهشی با بررسی جیره‌های آزمایشی حاوی یک درصد اوره یا اپتیژن (نوعی اوره آهسته‌رهش وارداتی)، بیشترین میزان میانگین افزایش وزن در تیمار حاوی اوره در مقایسه با اوره آهسته‌رهش مشاهده شد (Khan et al., 2015). در آزمایش دیگری در بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی اوره آهسته‌رهش، تغییری در وزن نهایی، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی نسبت به جیره حاوی اوره مشاهده نشد (Saro et al., 2023). دلیل وجود نتایج متناقض در تحقیق حاضر با سایر مطالعات می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع منبع نیتروژن آهسته‌رهش و میزان آزادسازی نیتروژن، ترکیب شیمیایی جیره، نوع منبع علوفه‌ای جیره، نسبت علوفه به کنسانتره، میزان پروتئین خام جیره و خصوصیات

بوده باشد، زیرا نشان داده شده است که برای تغذیه بیورت در نشخوارکنندگان به یک دوره سازگاری دو هفته تا دو ماهه نیاز است، زیرا اگر میکروب‌های شکمبه به بیورت سازگار نشوند، آنزیم‌های بیورتاز به سرعت از بین می‌روند (Tadele & Ahma, 2015). مشخص شده است که آنزیم‌های بیورتاز همزمان در سیستم‌های حیوانی ساخته نمی‌شوند و گاهی در نشخوارکنندگان جوان برای ساخت، تا شش ماه نیاز به دوره سازگاری دارند (Tadele & Ahma, 2015). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، با مکمل کردن جیره بره‌های پروری با اوره یا بیورت، مصرف ماده خشک تحت تأثیر قرار نگرفت (Varezardi et al., 2023). در پژوهشی، جایگزینی جزئی کنجاله بادام زمینی با اوره پوشش داده شده با هیدروکسی پروپیل متیل سلولاز، تأثیری روی مصرف ماده خشک نداشت (Manju et al., 2022). همچنین در پژوهشی، جایگزینی نیتروژن آهسته‌رهش با کنجاله پنبه دانه در تغذیه گاو میش، تأثیری بر مصرف ماده خشک نداشت (Reddy et al., 2019). در مطالعات دیگر، جایگزینی جزئی پروتئین‌های گیاهی با اوره آهسته‌رهش هیچ تأثیری بر مصرف ماده خشک در نشخوارکنندگان نداشت (Yogi et al., 2020; Hallajian et al., 2021). بر خلاف این نتایج، در آزمایشی، جیره‌های مکمل شده با اوره آهسته‌رهش و قندهای محلول زیاد سبب کاهش مصرف خوراک در گاوهای شیری شد (Golombeski et al., 2010). وجود تناقض در نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر با سایر تحقیقات احتمالاً به‌خاطر تفاوت در نوع اوره آهسته‌رهش یا نوع منبع NPN مورد استفاده، نژاد دام، فرمولاسیون متفاوت جیره‌ای، نوع منبع علوفه‌ای جیره، سطح کنسانتره جیره و یا وضعیت فیزیولوژیکی دام باشد. عملکرد رشد: داده‌های مربوط به عملکرد رشد بره‌های پروری در کل دوره آزمایش و دوره‌های زمانی ۱۴ روزه در جدول ۳ ارائه شده است. در کل دوره پرورش (۷۰ روزه) و دوره‌های زمانی ۵۶-۴۳ و ۷۰-۵۷ روزگی، با افزایش سطح بیورت در جیره، میانگین افزایش وزن روزانه، کل افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی به‌صورت خطی بهبود یافت ($P < 0.05$). در دوره زمانی ۲۸-۱۵ روزگی، میانگین افزایش وزن روزانه دام‌ها با افزایش سطح بیورت در جیره به‌صورت خطی افزایش یافت ($P < 0.05$). هرچند، در دوره‌های زمانی ۱-۱۴ و ۴۲-۲۹ روزگی، صفات مربوط به عملکرد رشد تحت تأثیر نوع منبع NPN جیره قرار نگرفت ($P > 0.05$).

آزمایشی قرار نگرفت ($P>0.05$). در مطالعه حاضر، انتظار بر این بود که بهبود گوارش پذیری NDF با افزایش سطح بیورت در جیره، همگام با افزایش مصرف مواد مغذی (جدول ۲) صورت گرفته باشد که بدین صورت نبود. دلیل افزایش هضم الیاف با مکمل کردن جیره به وسیله بیورت در مقایسه با اوره، ممکن است به دلیل فراهمی بیشتر آمونیاک برای میکروب های شکمبه و به خصوص باکتری های سلولایتیک باشد، زیرا مشخص شده است که آمونیاک، مهمترین منبع تأمین نیتروژن برای رشد و تکثیر باکتری های هضم کننده الیاف در شکمبه است (Tadele & Ahma, 2015).

دستگاه گوارش دام میزبان مانند میزان جذب آمونیاک از شکمبه و نرخ عبور مواد جامد و مایع از شکمبه باشد. گوارش پذیری مواد مغذی: اثر جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت به جای اوره بر گوارش پذیری ظاهری مواد مغذی در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره، گوارش پذیری NDF در مقایسه با تیمار حاوی اوره به طور خطی افزایش یافت ($P<0.05$). گوارش پذیری ماده خشک ($P=0.09$)، پروتئین خام ($P=0.07$) و ADF ($P=0.08$) با افزایش سطح بیورت در جیره در مقایسه با تیمار حاوی اوره تمایل به افزایش نشان دادند. هرچند، گوارش پذیری ماده آلی تحت تأثیر جیره های

جدول ۲- اثر جیره های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر مصرف مواد مغذی در بره های پرواری (گرم در روز)
Table 2. Effect of experimental diets containing different levels of biuret on nutrient intake of fattening lambs (g/day)

	(g/day) Level of biuret in the diet (% DM)				SEM	Contrast	
	0	34	67	100		Linear	Quadratic
Whole period (70 days)							
Dry matter	1614	1630	1663	1686	30.5	0.12	0.91
Organic matter	1506	1521	1551	1573	28.2	0.12	0.93
Crude protein	232	234	239	242	5.97	0.19	0.91
Neutral detergent fiber	466	469	479	484	13.9	0.33	0.94
Day 1-14							
Dry matter	1215	1204	1219	1233	16.3	0.36	0.44
Organic matter	1134	1123	1138	1150	15.2	0.37	0.43
Crude protein	175	173	175	177	2.17	0.37	0.45
Neutral detergent fiber	351	347	352	354	4.55	0.57	0.44
Day 15-28							
Dry matter	1361	1367	1377	1397	15.6	0.87	0.67
Organic matter	1269	1275	1285	1303	14.6	0.86	0.65
Crude protein	196	197	198	201	2.25	0.78	0.64
Neutral detergent fiber	393	394	397	401	4.49	0.21	0.56
Day 29-42							
Dry matter	1489	1497	1509	1528	16.7	0.11	0.68
Organic matter	1390	1396	1408	1426	14.8	0.10	0.70
Crude protein	214	215	217	220	2.27	0.12	0.65
Neutral detergent fiber	402	403	406	409	4.25	0.19	0.77
Day 43-56							
Dry matter	1639	1647	1655	1678	14.9	0.10	0.62
Organic matter	1530	1537	1545	1566	14.9	0.11	0.69
Crude protein	236	237	239	242	2.32	0.12	0.56
Neutral detergent fiber	474	475	477	482	4.44	0.22	0.49
Day 57-70							
Dry matter	1752 ^c	1776 ^{bc}	1821 ^{ab}	1843 ^a	16.2	0.01	0.78
Organic matter	1634 ^c	1657 ^{bc}	1699 ^{ab}	1720 ^a	15.1	0.01	0.87
Crude protein	252 ^c	255 ^{bc}	262 ^{ab}	265 ^a	2.33	0.01	0.87
Neutral detergent fiber	506 ^c	511 ^{bc}	525 ^{ab}	529 ^a	4.67	0.01	0.79

^{a-c} Values with different superscript letters in each row are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۳- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح بیورت بر عملکرد رشد بره‌های پرواری

Table 3. Effect of experimental diets containing different levels of biuret on growth performance of fattening lambs

Item	Level of PW in the diet (% DM)				SEM	Contrast	
	0	34	67	100		Linear	Quadratic
Whole period (70 days)							
Initial body weight (kg)	34.5	34.5	34.3	34	1.39	0.79	0.89
Final body weight (kg)	49.01	49.5	50.5	51.8	1.15	0.12	0.78
Total weight gain (kg)	14.5 ^b	15 ^{ab}	16.2 ^{ab}	17.8 ^a	0.955	0.02	0.58
Average daily gain (g)	207 ^b	214 ^b	231 ^{ab}	254 ^a	11.7	0.01	0.60
Feed conversion ratio	7.80 ^a	7.62 ^{ab}	7.20 ^{ab}	6.64 ^b	0.433	0.02	0.52
Day 1-14							
Final body weight (kg)	37.3	37.5	37.2	37.2	1.24	0.88	0.87
Total weight gain (kg)	2.87	2.95	2.89	3.20	0.452	0.64	0.78
Average daily gain (g)	207	214	207	229	13.7	0.34	0.60
Feed conversion ratio	5.88	5.63	5.88	5.41	0.271	0.33	0.68
Day 15-28							
Final body weight (kg)	40.7	40.9	41	41.1	1.29	0.82	0.84
Total weight gain (kg)	3.28	3.39	3.79	3.89	0.292	0.11	0.87
Average daily gain (g)	234 ^b	242 ^{ab}	270 ^{ab}	277 ^a	16.7	0.04	0.78
Feed conversion ratio	5.79	5.66	5.12	5.05	0.335	0.12	0.88
Day 29-42							
Final body weight (kg)	43.9	44.1	44.3	44.7	1.35	0.67	0.91
Total weight gain (kg)	3.19	3.24	3.27	3.53	0.189	0.24	0.57
Average daily gain (g)	228	229	235	257	13.2	0.13	0.51
Feed conversion ratio	6.55	6.54	6.41	5.94	0.266	0.12	0.39
Day 43-56							
Final body weight (kg)	46.6	46.8	47.1	48.3	1.29	0.36	0.68
Total weight gain (kg)	2.74 ^b	2.75 ^b	2.73 ^b	3.60 ^a	0.195	0.01	0.45
Average daily gain (g)	193 ^b	194 ^b	195 ^b	256 ^a	13.3	0.01	0.34
Feed conversion ratio	8.48 ^a	8.55 ^a	8.48 ^a	6.53 ^b	0.432	0.01	0.29
Day 57-70							
Final body weight (kg)	49.01	49.5	50.5	51.8	1.60	0.22	0.78
Total weight gain (kg)	2.38 ^b	2.68 ^{ab}	3.49 ^a	3.51 ^a	0.348	0.01	0.76
Average daily gain (g)	171 ^b	193 ^{ab}	250 ^a	251 ^a	26.4	0.01	0.71
Feed conversion ratio	10.1 ^a	9.14 ^{ab}	7.27 ^b	7.31 ^b	0.644	0.01	0.42

^{a-b} Values with different superscript letters in each row are significantly different ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

متابولیت‌های شیمیایی خون: نتایج مربوط به اثر جیره‌های آزمایشی بر متابولیت‌های شیمیایی خون در جدول ۵ ارائه شده است. با افزایش سطح بیورت در جیره، غلظت پروتئین تام خون به‌طور خطی افزایش یافته است، اما غلظت BUN در مقایسه با تیمار حاوی اوره به‌طور خطی کاهش یافت ($P < 0.05$). غلظت سایر متابولیت‌های شیمیایی خون شامل گلوکز و آلبومین تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت ($P > 0.05$). کاهش غلظت BUN با افزایش سطح بیورت در جیره مطابق با نتایج مربوط به غلظت نیتروژن آمونیاکی (شکل ۱) است، زیرا یک رابطه مستقیم بین غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و BUN وجود دارد (DePeters & Ferguson, 1992). افزایش محتوای پروتئین تام خون با

مطابق با نتایج حاضر، در پژوهشی با مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با بیورت، گوارش‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام در مقایسه با تیمار حاوی اوره، افزایش یافت، هرچند در مطالعه مذکور، گوارش‌پذیری NDF تحت تأثیر جیره‌های آزمایشی قرار نگرفت (Varezardi et al., 2023). همچنین، در یک پژوهش برون‌تنی، گوارش‌پذیری ماده خشک و پروتئین خام با جایگزینی اوره آهسته‌رهش به‌جای بخشی از کنجاله سویا، افزایش یافت (Guo et al., 2022). در مطالعه دیگری نیز با افزایش سطح اوره آهسته‌رهش در جیره‌های پرکنسانتره، گوارش‌پذیری NDF و ADF در شرایط برون‌تنی افزایش یافته است (Alipour et al., 2020).

بررسی منابع مختلف نیتروژن آهسته‌رهش (شامل پلیمر اوره آهسته‌رهش و اوره ژلاتینه شده)، نشان داده شد که میزان آلومین خون با تغذیه پلیمر اوره آهسته‌رهش نسبت به بقیه تیمارها افزایش یافت، در حالی که بین تیمارها از نظر غلظت BUN و پروتئین تام، تفاوت معنی‌داری گزارش نشد (Fan et al., 2024).

رفتار مصرف خوراک: اثر جیره‌های آزمایشی بر رفتار مصرف خوراک بره‌های پرواری در جدول ۶ ارائه شده است. هیچ‌یک از صفات رفتاری مورد بررسی شامل رفتار خوردن، خوردن به ماده خشک مصرفی، نشخوار کردن، نشخوار کردن به ماده خشک مصرفی، جویدن و جویدن به ماده خشک مصرفی تحت تأثیر نوع منبع NPN جیره‌ای قرار نگررفت ($P>0.05$). به دلیل ترکیب شیمیایی (جدول ۱) و مصرف ماده خشک مشابه (جدول ۲) در همه تیمارهای آزمایشی، عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی بر صفات رفتار تغذیه‌ای قابل انتظار بود. در مطالعه مشابهی، تغذیه منابع مختلف NPN شامل اوره یا بیورت، تأثیری بر خصوصیات رفتار تغذیه‌ای بره‌های پرواری نشان نداد (Varezardi et al., 2023). هرچند، بر خلاف این نتایج، در آزمایشی با مکمل کردن جیره بره‌های پرواری با اوره آهسته‌رهش پوشش‌دار شده با چربی گیاهی در مقایسه با تیمار حاوی اوره، زمان نشخوار کردن کاهش یافت و تمایل به مصرف خوراک افزایش نشان داد (De Lucena et al., 2024).

افزایش میزان بیورت جیره‌ای نسبت به گروه دریافت‌کننده اوره احتمالاً به دلیل افزایش ساخت پروتئین میکروبی در شکمبه باشد که پس از هضم و جذب در روده باریک سبب افزایش محتوای پروتئین تام خون شده است (Guo et al., 2024). میزان مصرف خوراک که یکی دیگر از عوامل مهم تأثیرگذار بر غلظت پروتئین تام خون است در پژوهش حاضر بین همه گروه‌های آزمایشی، یکسان بود (جدول ۲). مطابق با این نتایج، در مطالعه‌ای، بره‌های تغذیه شده با بیورت، محتوای BUN کمتر و پروتئین تام پلاسمایی بیشتری در مقایسه با گروه تغذیه شده با اوره داشتند (Varezardi et al., 2023). همچنین، در تحقیق دیگری، با افزایش سطح نیتروژن آهسته‌رهش در جیره گوسفند، غلظت BUN به‌طور قابل توجهی در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (Al-Jundil, 2022). هرچند، در پژوهشی، با افزایش سطح اوره آهسته‌رهش در جیره میش‌های آوایی (شامل سطوح ۰، ۰/۶، ۱/۲ و ۱/۸ درصد ماده خشک)، غلظت BUN افزایش یافت، اما محتوای پروتئین تام و آلومین خون در مقایسه با تیمار شاهد تحت تأثیر قرار نگررفت (Hashem and Tayeb, 2024). در مطالعه دیگری به‌وسیله Saro et al. (2023)، تغذیه اوره آهسته‌رهش به بره‌های پرواری نسبت به اوره سبب افزایش غلظت BUN شد، در حالی که غلظت آلومین، کراتینین و گلوکز تحت تأثیر نوع منبع NPN قرار نگررفت. در آزمایش دیگری، با

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر گوارش‌پذیری مواد مغذی (گرم در کیلوگرم ماده خشک) در

بره‌های پرواری

Table 4. Effect of experimental diets containing different levels of biuret on nutrient digestibility (g/kg DM) of fattening lambs

Item	Level of biuret in the diet (% DM)				SEM	Contrast	
	0	34	67	100		Linear	Quadratic
Dry matter	806	818	814	822	5.33	0.09	0.75
Organic matter	812	823	824	826	6.73	0.20	0.49
Crude protein	809	819	822	828	6.38	0.07	0.75
Neutral detergent fiber	583 ^b	589 ^{ab}	594 ^{ab}	599 ^a	3.78	0.01	0.82
Acid detergent fiber	539	535	541	544	3.34	0.08	0.13

^{a-b} Values with different superscript letters in each row are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر متابولیت‌های خونی بره‌های پرواری

Table 5. Effect of experiments diets containing different levels of biuret on blood metabolites of fattening lambs

Item	Level of biuret in the diet (% DM)				SEM	Contrast	
	0	34	67	100		Linear	Quadratic
Glucose (mg/dL)	62.9	62.8	64.7	64.4	1.11	0.23	0.87
Total protein (g/dL)	6.69 ^b	6.88 ^{ab}	7.06 ^{ab}	7.19 ^a	0.151	0.02	0.84
Albumin (g/dL)	2.65	2.62	2.76	2.82	0.073	0.08	0.49
Blood urea nitrogen (mg/dL)	8.81 ^a	8.65 ^{ab}	8.47 ^{bc}	8.37 ^c	0.080	0.01	0.69

^{a-c} Values with different superscript letters in each row are significantly different ($P<0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۶- اثر جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف بیورت بر رفتار مصرف خوراک در بره‌های پرواری

Table 6. Effect of experimental diets containing different levels of biuret on feeding behavior of fattening lambs

Item	Level of biuret in the diet (% DM)				SEM	Contrast	
	0	34	67	100		Linear	Quadratic
Eating (min/d)	365	367	369	372	5.77	0.31	0.81
Rumination (min/d)	383	385	386	390	4.67	0.18	0.73
Chewing (min/d)	747	752	755	762	9.94	0.23	0.87
Eating/DM intake	226	252	222	220	3.46	0.21	0.88
Rumination/DM intake	237	236	232	231	2.81	0.10	0.85
Chewing/DM intake	463	461	454	452	5.96	0.12	0.76

SEM: Standard error of the means

نتیجه‌گیری کلی

اوره تا سطح کامل جایگزینی در جیره بره‌های پرواری قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه لرستان به جهت حمایت مالی از این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد بیورت به عنوان یک منبع نیتروژن غیرپروتئینی آهسته‌رهش در تغذیه بره‌های پرواری امکان‌پذیر است و در مقایسه با اوره سبب کاهش غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه و بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی شد. بنابراین، استفاده از بیورت به جای

فهرست منابع

- Alipour, D., Saleem, A. M., Sanderson, H., Brand, T., Santos, L. V., Mahmoudi-Abyane, M., Marami, M. R., & 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. doi: 10.1093/tas/txaa013
- Al-Jundil, A. H. (2022). The effect of different levels of fast and slow-release urea in the rumen on productive performance and rumen fermentation in Awassi lambs, M.Sc. thesis, Al-Qasim Green University, College of Agriculture, Iraq.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. USA.
- Broderick, G., & 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, 64-75. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8
- Chalupa, W. (2007). Precision feeding of nitrogen to lactating dairy cows: a role for Optigen. In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Proceedings of Alltechs 23th Annual Symposium. The New Energy Crisis: Food or Fuel? Alltech, UK. Pp. 221-226.
- Currier, T. A., Bohnert, D. W., Falck, S. J., & Bartle, S. J. (2004). Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: I. Effects on cow performance and the efficiency of nitrogen use in wethers. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1508-1517. doi: 10.2527/2004.8251508x
- De Lucena, K. H. D. O., Mazza, P. H., Oliveira, R. L., Barbosa, A. M., Perreira Filho, J. M., Bessa, R. J., & Bezerra, L. R. (2024). Slow-releasing urea coated with low-trans vegetable lipids: Effects on lamb performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, and blood parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 310, 115925. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2024.115925
- DePeters, E. J., & Ferguson, J. D. (1992). Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 3192-3209. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78085-0
- Ewan, R. C., Hatfield, E. E., & Garrigus, U. S. (1958). The effect of certain inoculations on the utilization of urea or biuret by growing lambs. *Journal of Animal Science*, 17(2), 298-303. doi: 10.2527/jas1958.172298x
- 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 parameter of Angus heifer. *Animal*, 14(16), 2296. doi: 10.3390/ani14162296
- Golombeski, G. L., Kalscheur, K. F., Hippe, A. R., & Schingoethe, D. J. (2011). Slow-release urea and highly fermentable sugars in diets fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 4395-4403. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72486-9

- 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 of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 56. doi: 10.1186/s40104-022-00700-8
- Hallajian, S., Fakhraei, J., Yarahmadi, H. M., & Khorshidi, K. J. (2021). Effects of replacing soyabean meal with slow release urea on milk production of Holstein dairy cows. *South African Journal of Animal Science*, 5, 53-64. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114293
- Hashem, W., & Tayeb, M. A. M. (2024). The impact of using slow-release urea instead of fast-release urea in feed on the milk production of Awassi sheep and some blood traits. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 55(2), doi: 443-451. 10.21608/ejvs.2023.235038.1605
- Jinjia, Z., Ao, R., Jinzhen, J., Weijun, S., Lingyuan, Y., Chuanshe, Z., & Zhiliang, T. (2022). Effects of non-protein nitrogen sources on *in vitro* rumen fermentation characteristics and microbial diversity. *Animal Science*, 3, 891898. doi: 10.3389/fanim.2022.891898
- Khan, M. I., Ahmed, S., Rahman, A., Ahmad, F., Khalique, A., Nisar, A., & Azam, B. E. (2015). Comparative efficacy of urea and slow-release non-protein nitrogen on performance of Nili-Ravi buffalo calves. *Pakistan Journal of Zoology*, 47(4), 1097-1102.
- Kondos, A. C. & Mutch, B. (1975). Biuret and urea in maintenance and production diets of cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 85(2), 359-368. doi: 10.1017/S0021859600062195
- Kononoff, P. J., Lehman, H. A., & Heinrichs, A. J. (2002). Technical note—a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 85, 1801-1803. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74254-9
- 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. doi: 10.3390/vetsci10120679
- Manju, G. U., Nagalakshmi, D., Nagabhushana, V., Venkateswarlu, M., & Rajanna, N. (2022). Effect of feeding slow release non protein nitrogen sources on milk production and milk quality parameters in cross bred dairy cows. *Indian Journal of Dairy Science*, 75(2), 173-180.
- 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. doi: 10.1007/s11250-010-9613-3
- Marten, G. C., & Barnes, R. F. (1980). Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems (Ed.), Standardization of analytical methodology for feeds. International Development Research Center, Ottawa. Pp. 61-71.
- National Research Council. (2001). Nutrient requirement of dairy cattle, 7th revised edn. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington (DC, USA): National Academy of Sciences.
- Niazifar, M., Besharati, M., Jabbar, M., Ghazanfar, S., Asad, M., Palangi, V., & Lackner, M. (2024). Slow-release non-protein nitrogen sources in animal nutrition: A Review. *Heliyon*, 10(13), e33752. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e33752
- 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.
- Rashmi, K. M., Prabhu, T. M., & Mahesh, M. S. (2024). Feed additives and supplements for ruminants (Ed.), Potential of slow-release nitrogen in ruminant feeding. Singapore: Springer Nature. Pp. 281-300.
- Reddy, P. R. K., Kumar, D. S., Rao, E. R., Seshiah, C. V., Sateesh, K., Rao, K. A., Reddy, Y. P. K., & Hyder, I. (2019). Environmental sustainability assessment of tropical dairy buffalo farming vis-a-vis sustainable feed replacement strategy. *Scientific Reports*, 9, 16745. doi: 10.1038/s41598-019-53378-w
- Ryul Park, D., Kim, H., Chul Jung, J., Seung Shin, M., Jin Han, S., & Kyu Song, I. (2009). Catalytic conversion of urea to biuret: A catalyst screening study. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 26, 990-993. doi: 10.1007/s11814-009-0164-0
- Salami, S. A., Moran, C. A., Warren, H. E., & Taylor-Pickard, J. (2020). A meta-analysis of the effects of slow-release urea supplementation on the performance of beef cattle. *Animal*, 10, 657. doi: 10.3390/ani10040657
- 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. *Animal*, 13(22), 3465. doi: 10.3390/ani13223465
- SAS Institute. (2005). User's Guide: Statistics, Version 9.0 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Tadele, Y., & Amha, N. (2015). Use of different non protein nitrogen sources in ruminant nutrition: a review. *Advances in Life Science and Technology*, 29, 100-105.
- Talebian Masoudi, A. R., Moeini, M. M., Souri, M., Mansouri, H., & Abdoli Senejani, M. (2016). Survey of effect of slow-release non-protein nitrogen components, isobutyraldehyde mono urea and optigen on ruminal

- parameters and nutrient digestibility in sheep. *Journal of Ruminant Research*, 4(2), 23-43. doi: 10.22069/ejrr.2016.3226 [in Persian]
- Van-Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44, 282-289. doi: 10.2527/jas1977.442282x
- 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, 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Varezardi, S., Azizi, 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. doi: 10.22124/ar.2023.24395.1764 [In Persian]
- Wanapat, M. (2009). Potential uses of local feed resources for ruminants. *Tropical Animal Health and Production*, 4(1), 1035-1049. doi: 10.1007/s11250-008-9270-y
- Xin, H. S., Schaefer, D. M., Liu, Q. P., Axe, D. E., & Meng, Q. X. (2010). Effects of polyurethane coated urea supplement on *in vitro* ruminal fermentation, ammonia release dynamics and lactating performance of Holstein dairy cows fed a steamflaked corn-based diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 23(23), 491-500. doi: 10.5713/ajas.2010.90153
- Yogi, R. K., Singh, S. K., Mahesh, M. S., Atmakuri, S., Chandran, B., & Balakrishnan, U. (2020). Partial substitution of soybean meal by slow-release nitrogen (Zenitro™) decreases feed cost in lactating dairy cows. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 37, 401-404. doi: 10.5958/2231-6744.2020.00064.X
- Zahmatkesh, D., & Jahani-Moghadam, M. (2018). Partial replacement of soybean meal with slow releasing non protein nitrogen source in dairy cows: performance and economic implications. *Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 117, 203-214. doi: 10.22092/asj.2017.109965.1426 [In Persian]