

بررسی تأثیر بتائین بر کمیت و کیفیت آغوز و غلظت فراسنجه‌های خونی

در میش‌های آبستن سنجابی

- حمیدرضا صحرائی

دانشجوی دکتری علوم دامی، دانشگاه لرستان

- علی کیانی (نویسنده مسئول)

دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه لرستان.

- آرش آذرفر

دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه لرستان

- حسن خمیس آبادی

استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۷

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۵۰۵۳۶۱

Email: kiani.a@lu.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/asj.2018.120345.1621

چکیده

بتائین یک ترکیب دهنده گروه متیل است که در برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله شیردهی موثر باشد. در پژوهش حاضر، تأثیر افزودن بتائین به جیره بر غلظت برخی فراسنجه‌های خونی، کمیت و کیفیت آغوز میش‌های سنجابی بررسی شد. تعداد ۲۰ رأس میش چند شکم زایش در ماه آخر آبستنی در دو گروه با جیره پایه (شاهد: ۷۱/۲±۳/۶ کیلوگرم وزن بدن) و یا با جیره پایه بعلاوه پنج گرم بتائین در کیلوگرم ماده خشک (بتائین: ۷۱/۶±۳/۸ کیلوگرم) تغذیه شد. مصرف خوراک، شاخص وضعیت بدن، و حجم پستان میش‌ها و همچنین غلظت خونی گلوکز، بتاهیدروکسی بوتیرات، آلومین، پروتئین کل، اوره و هموسیستئین سرم در ماه آخر آبستنی تعیین شد. مقدار آغوز تولیدی تا شش ساعت بعد از زایش در دو نوبت با تزریق عضلانی اکسی توسین اندازه‌گیری شد و ترکیبات شیمیایی آن تعیین شد. مکمل بتائین تأثیری بر مقدار مصرف خوراک، شاخص وضعیت بدن، و حجم پستان میش‌ها نداشت. میانگین مقدار آغوز تولیدی (۵۹۳ در مقابل ۳۶۵ گرم) و چربی آغوز (۹۳ در مقابل ۵۹ گرم) و غلظت خونی هموسیستئین (۸/۴ در مقابل ۸/۱ میکرومول در لیتر) در میش‌هایی که بتائین دریافت کردند بیشتر ($P < 0/05$) از میش‌های شاهد بود. در میش‌های بتائین یک روند کاهش در غلظت گلوکز ($P = 0/098$)، در مقابل ۳/۴ میلی‌مول در لیتر) و غلظت بتا-هیدروکسی بوتیرات ($P = 0/059$)، در مقابل ۰/۸۲ میلی‌مول در لیتر) در مقایسه با میش‌های شاهد مشاهده شد. نتیجه کلی اینکه مصرف ۵ گرم بتائین با ازای هر کیلوگرم ماده خشک ضمن تأثیر مثبت بر تولید و درصد چربی آغوز، باعث افزایش غلظت هموسیستئین، و کاهش اجسام کتون‌ی احتمالاً با کاهش تجزیه چربی در میش‌های آبستن سنجابی شد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 121 pp: 231-240

Effect of betaine supplementation on quantity and quality of colostrum and on circulating blood metabolites in Sanjabi pregnant ewes

By: H.R. Sahraei¹, A. Kiani^{2,*}, A. Azarfar² and H. Khamisabadi³

1: Ph.D. Student, 2Associate Prof., Dept. of Animal Sciences, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Lorestan

3: Assistant Professor, Animal Science Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

Received: March 2017

Accepted: May 2018

Betaine is a methyl group donor that can affect important physiological processes involved with hemocysteine such as lactation. In the present study, the effect of betaine supplementation on concentrations of some blood metabolites, and on quantity of colostrum in pregnant ewes was investigated. Twenty multiparous pregnant Sanjabi ewes were fed either a basal diet (Control: 71.2±3.6 kg BW) or the basal diet supplemented with 5 g per kg dry matter betaine (Betaine: 71.6±3.8 kg BW) during the last month of gestation. Feed intake, body condition score, udder volume, and circulating concentration of glucose, beta-hydroxybutyrate, albumin, total protein, urea and homocysteine were determined during the last month *prepartum*. The quantity of colostrum was measured in two times with oxytocin injection until six hours *post-partum*, and then was analysed for its chemical compositions. The dry matter intake, body condition score, and udder volume of ewes in both Control and Betaine were similar. Quantity of colostrum (593 vs. 365 g) and fat (93 vs. 59 g), and blood concentration of homocysteine (8.4 vs. 8.1 μmol/L) in ewes receiving betaine was greater ($P < 0.05$) than those in Control. Ewes in Betaine had a tendency towards lower circulating concentration of glucose (3.2 vs. 3.4 mmol/L, $P=0.098$), and beta-hydroxybutyrate concentration (0.46 vs. 0.82 mmol/L, $P=0.059$) than control ewes. In conclusion, dietary supplementation of betaine increased quantity and fat content of colostrum, increased circulating homocysteine, and reduced circulating ketone bodies most likely via suppressing fatty acid oxidation in Sanjabi pregnant ewes.

Key words: Betaine, blood metabolites, colostrum, homocysteine, sheep

مقدمه

هموسیستین خون به متیونین است (Friesen و همکاران، ۲۰۰۷؛ Kalhan و Marczewski، ۲۰۱۲). در دوره آبستنی، رشد و نمو جنین به میزان زیادی وابسته به مبادله و چرخه گروهمیتیل است (Kalhan، ۲۰۱۶). در نشخوارکنندگان بتائین هم بر رشد و نموسلولهای پستانی و هم بر ترکیب میکروب‌های شکمبه تأثیر می‌گذارد (Hall و همکاران، ۲۰۱۶). شواهدی وجود دارد که در دام‌های شیری، مکمل بتائین باعث افزایش تولید شیر (Fernandez

بتائین یا تری-متیل-گلیسین از مشتقات کولین است که بعنوان دهنده گروهمیتیل در بدن عمل می‌کند. ترکیبات دهنده گروهمیتیل ترکیبات حیاتی برای متابولیسم سلولی هستند که در چرخه اسیدفولیک و متیونین نقش دارند (Kalhan، ۲۰۱۶). اسید آمینه ضروری متیونین که یک جزء کلیدی در چرخه انتقال گروهمیتیل است. که خود یکی از اسید آمینه‌های محدودکننده تولید شیر است (NRC، ۲۰۰۷). یکی از مهمترین نقش‌های بتائین، تبدیل

تغذیه شد. ترکیب اجزاء و آنالیز تقریبی جیره پایه در جدول ۱ نشان داده شده است. محتوی ماده خشک جیره با خشک کردن در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد، خاکستر خام با سوزاندن در کوره الکتریکی به مدت سه ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد، پروتئین خام با روش کجلدال، چربی خام با استفاده از روش سوکسله تعیین شد (AOAC, 2006). الیاف نامحلول در شوینده خشی (NDF، بدون آلفا-آمیلاز و سولفیت سدیم) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Van Soest) (ADF) و همکاران (۱۹۹۱) آنالیز شد. میزان انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم جیره، پس از محاسبه این مقادیر برای هر یک از اجزای خوراک و با استفاده از روابط (NRC (2007) محاسبه گردید. بتائین (بتائین هیدروکلراید ۹۸٪، ساخت شرکت ویفانگ ساتوین، کشور چین) به صورت پودری ابتدا با دانه جو آسیاب شده مخلوط شد و سپس به خوراک اضافه گردید. خوراک روزانه بطور مساوی در دو وعده غذایی تقسیم شد و در ساعت‌های ۸:۳۰ و ۱۶:۰۰ تغذیه شد. آب بصورت آزاد در دسترس و مواد معدنی و ویتامینی روزانه برای تمامی میش‌ها فراهم بود. میش‌های هر تیمار در مدت آزمایش در باکس‌های انفرادی با ابعاد ۲ × ۲ متر نگهداری شدند. مصرف خوراک، وزن دام و اسکور بدنی به صورت هفتگی تا زمان زایش ثبت گردید. محاسبه حجم پستان به صورت هفتگی در طی چهار هفته آخر دوره آبستنی انجام شد. حجم پستان با استفاده از رابطه حجم نیم کره و پس از اندازه‌گیری دقیق طول و عرض پستان محاسبه شد. شعاع پستان از حاصل جمع طول پستان و عرض پستان تقسیم بر دو محاسبه شد. حجم پر پستان در زمان زایش توسط فرمول محاسبه حجم نیم کره محاسبه شد و حجم خالی پستان از کم کردن میزان آغوز خارج شده از پستان در زمان زایش محاسبه گردید (Bencini و Purvis, ۱۹۹۰).

جهت اندازه‌گیری مقدار آغوز تولیدی، پستان میش‌ها قبل از زایش توسط پارچه کتانی پوشانده شد تا بره‌ها نتوانند از پستان مادر تغذیه کنند. پس از زایش، بره‌ها به مدت یک ساعت در کنار مادر نگهداری شدند تا توسط مادر خشک شوند. به هر میش به

و همکاران، ۲۰۰۴؛ Sánchez و همکاران، ۲۰۰۱؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۰؛ Nezamidoust و همکاران، ۲۰۱۲) و همچنین تغییر در نسبت اسیدهای چرب فرار تولیدشده در شکمبه (Wang و همکاران، ۲۰۱۰) شده است. علاوه بر این در نشخوارکنندگان شواهدی وجود دارد که افزودن بتائین به جیره منجر به کاهش نیتروژن آمونیاکی، افزایش بهره‌وری مصرف نیتروژن، و افزایش رشد جمعیت باکتری‌های تجزیه‌کننده فیبر در شکمبه شده است (Russell و همکاران، ۱۹۹۲). فرضیه پژوهش حاضر این است که افزودن مکمل بتائین به جیره میش‌های آبستن، سبب کاهش غلظت هموسیستئین خون و همچنین بهبود کمیت و کیفیت آغوز خواهد شد. لذا در این پژوهش تأثیر مصرف بتائین در ماه آخر آبستنی بر کمیت و کیفیت آغوز، غلظت هموسیستئین و برخی فراسنجه‌های خونی در میش‌های آبستن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد ۲۰ رأس میش آبستن چند شکم زایش از توده گوسفند سنجابی، با میانگین وزن بدن $(70/1 \pm 5/3)$ کیلوگرم) در مزرعه تحقیقاتی مهرگان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه استفاده شد. در فصل جفتگیری، فحلی میش‌ها با استفاده از اسفنج درون واژنی حاوی ۲۰ میلی‌گرم استات فلوروژستون (به مدت ۱۴ روز) و تزریق مقدار ۴۰۰ واحد^۱ PSMG پس از برداشت اسفنج همزمان‌سازی شد. قوچ‌اندازی دو روز پس از برداشتن اسفنج انجام شد. تغذیه میش‌ها در سه ماه اول دوره آبستنی به صورت یکسان به صورت چرا در پس‌چر مزارع انجام شد. دو ماه قبل از زایش میش‌ها به دو گروه آزمایشی با میانگین وزنی مساوی تقسیم شدند و در داخل جایگاه مسقف نگهداری شدند. در ماه آخر آبستنی، تعداد ۱۰ رأس میش با جیره پایه (شاهد: میانگین وزن: $71/2 \pm 3/6$ کیلوگرم) و تعداد ۱۰ رأس دیگر با جیره پایه بعلاوه ۵ گرم بتائین به ازای هر کیلوگرم ماده خشک (بتائین: میانگین وزن: $71/6 \pm 3/8$ کیلوگرم)

¹ Pregnant Mare's Serum Gonadotropin

مدت سه ساعت در هوای آزاد نگهداری شد. سپس با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سرم جدا شده به لوله‌های درب-دار برچسب‌دار انتقال یافت و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیزهای بعدی نگهداری شد. غلظت گلوکز، اوره، پروتئین کل و آلبومین سرم خون به ترتیب با استفاده از کیت‌های تجاری (شرکت کریگ ویل، کورک، ایرلند) تعیین شد. غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات سرم خون با استفاده از کیت CK-E91628 (است بیوفارم، هانگزو، چین) و غلظت هموسیستین با استفاده از کیت شماره DK-DZ568A-K (دیازیم، هانوفر، آلمان) توسط دستگاه اتوآنالیزر بیوشیمی هیتاچی ۹۱۲ و به روش آنزیماتیک براساس دستورالعمل‌های مربوطه تعیین شد.

میزان پنج واحد بین‌المللی هورمون اکسی‌توسین در دو نوبت در سه و شش ساعت پس از زایش به صورت عضلانی تزریق شد و آنگاه هر دو کارتیبه راست و چپ پستان دوشیده شد. یک نمونه به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از آغوز برداشته شده و جهت تعیین ترکیبات شیمیایی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. درصد چربی، پروتئین، لاکتوز، کل مواد جامد و مواد جامد بدون چربی آغوز با دستگاه میلکو اسکن (مدل Milkoscan-TMS50، فوس، آمریکا) اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های خون وریدی در روزهای ۷، ۱۴، ۲۸ و ۱ روز قبل از زایش از طریق ورید وداجی با استفاده از نونجکت گرفته شد و در لوله‌های فاقد مواد ضد انعقاد ریخته شد. لوله‌های حاوی خون به

جدول ۱ - ترکیب اجزاء و آنالیز تقریبی جیره پایه مورد استفاده

اجزاء جیره غذایی	گرم در کیلوگرم ماده خشک
یونجه	۶۲۰
سیلوی ذرت	۳۴۳
دانه جو	۲۷
نمک طعام	۷/۵
نمک لیسیدنی	۲/۵
ترکیبات شیمیایی جیره پایه	
انرژی قابل هضم (مگا کالری در کیلوگرم)	۲/۳۴
انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری در کیلوگرم)	۱/۸۸
پروتئین خام (گرم در کیلوگرم)	۱۰۶
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (گرم در کیلوگرم)	۳۸۰
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (گرم در کیلوگرم)	۵۴۴
کلسیم (گرم در کیلوگرم)	۹/۱
فسفر (گرم در کیلوگرم)	۲/۱

و زمان به عنوان اثر ثابت در مدل لحاظ شد. مدل آماری به شرح زیر بود.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + L_k + (T^*P)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

داده‌های تکرار شده در زمان همانند حجم پستان با استفاده از رویه مختلط در نرم افزار آماری SAS 9.2 آنالیز شد. میش به عنوان اثر تصادفی و تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار

خوراک و حجم تخمینی پستان نداشت (جدول ۲). مشابه با نتایج پژوهش حاضر، عدم تأثیر بتائین بر مصرف خوراک و افزایش وزن بدن میش در سایر پژوهش‌ها (Nezamidoust و همکاران، ۲۰۱۲؛ Fernandez و همکاران، ۲۰۰۰؛ Monteiro و همکاران، ۲۰۱۷) گزارش شده است. در مقابل گزارش‌های دیگری نیز وجود دارد که به تأثیر مثبت مصرف بتائین بر عملکرد رشد و مصرف خوراک گاوهای شیرده اواسط شیردهی در شرایط استرس گرمایی اشاره دارد (Zhang و همکاران، ۲۰۱۴). نحوه تأثیر بتائین بر مصرف خوراک و وزن بدن ممکن است به شرایط و وضعیت فیزیولوژیکی دام مربوط باشد.

که در آن: Y_{ijk} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین صفت مورد بررسی، T_i = اثر تیمار (جیره‌های آزمایشی)، $P_j =$ اثر زمان خونگیری، L_k = اثر تصادفی دام، $(T*P)_{ij} =$ اثر متقابل تیمار و زمان خونگیری و $\epsilon_{ijk} =$ خطای آزمایش بود. داده‌های بدون تکرار در اندازه گیری با استفاده از آزمون t در نرم افزار آماری SAS 9.2 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

افزودن بتائین به جیره میش‌های آبستن در یک ماه آخر آبستنی تأثیر معنی داری بر شاخص وضعیت بدن، وزن بدن میش، مصرف

جدول ۲- تأثیر مصرف مکمل بتائین بر مصرف ماده خشک، وزن بدن، شاخص وضعیت بدن و حجم پستان میش‌های آبستن سنجابی

در ماه آخر آبستنی

مصرف ماده خشک (کیلوگرم) وزن بدن (کیلوگرم) شاخص وضعیت بدن حجم پستان (میلی لیتر) (در روز)			
تیمار			
شاهد	۱/۶۳	۷۲/۵	۳/۶۳
بتائین	۱/۶۲	۷۳/۶	۳/۶۸
خطای میانگین استاندارد	۰/۱	۳/۶۱	۰/۱۶
زمان خونگیری			
۲۸ روز قبل از زایش	۱/۶	۷۱/۳ ^b	۳/۵۳
۱۴ روز قبل از زایش	۱/۶۱	۷۲/۳ ^b	۳/۷۴
۷ روز قبل از زایش	۱/۶۴	۷۴/۳ ^a	۳/۷۲
۱ روز قبل از زایش	۱/۶۳	۷۳/۵ ^{ab}	۳/۵۵
خطای میانگین استاندارد	۰/۰۵۵	۲/۴۸	۰/۱
P-value			
تیمار	۰/۹۲۳	۰/۸۲۹	۰/۷۶۷
زمان	۰/۲۴۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱
تیمار × زمان	۰/۸۲۴	۰/۰۲۵	۰/۲۴۴

^{b,a} در هر ستون برای زمان خونگیری نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است. معنی داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) در نظر گرفته شده است.

Mitchell و همکاران، (۱۹۷۹) و لذا با تغییر نسبت استات به پروپیونات در شکمبه موجب افزایش چربی آغوز شده باشد. استات تولیدی در شکمبه یکی از پیش سازهای ساخت چربی در بافت پستان است، لذا افزایش چربی آغوز می تواند ناشی از تجزیه بخشی از بتائین در شکمبه و تبدیل آن به استات باشد. مشابه با نتایج حاضر، استفاده از بتائین در گاوهای شیری (Wang و همکاران، ۲۰۱۰)، بزهای شیری (Fernandez و همکاران، ۲۰۰۴؛ Sánchez و همکاران، ۲۰۰۱) و همچنین میش های شیرده (Nezamidoust و همکاران، ۲۰۱۲) موجب افزایش تولید و درصد چربی شیر شده است.

تأثیر مصرف بتائین بر کمیت و کیفیت آغوز در جدول ۳ نشان داده شده است. میش هایی که بتائین دریافت کردند در مقایسه با میش های شاهد، مقدار آغوز بیشتری تولید کردند ($P < 0/05$). علاوه بر این درصد چربی آغوز در میش های گروه بتائین بیشتر از میش های گروه شاهد بود ($P < 0/05$). افزایش تولید آغوز در میش های دریافت کننده بتائین ممکن است به این دلیل باشد که بتائین افزوده شده تا حدودی کمبودی از اسید آمینه های محدود کننده تولید شیر به ویژه متیونین را جبران کرده باشد (NRC، ۲۰۰۷). علاوه بر این ممکن است بتائین توسط باکتری های شکمبه تجزیه و به استات و تری متیل آمین تبدیل شود (Nakai و همکاران، ۲۰۱۳؛ Löest و همکاران، ۲۰۰۰)

جدول ۳- تأثیر مصرف بتائین بر کمیت و ترکیبات شیمیایی آغوز میش های سنجابی

P-value	بتائین	شاهد	
			مقدار آغوز تولیدی
۰/۰۵۶	۲۴۸ ± ۵۱	۱۶۹ ± ۳۸	آغوز تولیدی پس از تولد بره (گرم)
۰/۰۴۲	۳۴۵ ± ۴۷	۱۹۶ ± ۷۰	آغوز شش ساعت پس از زایش (گرم)
۰/۰۴۵	۵۹۳ ± ۵۹	۳۶۵ ± ۱۲۳	کل آغوز تا ۶ ساعت پس از زایش (گرم)
			ترکیبات شیمیایی آغوز
۰/۰۴	۹۳ ± ۱۰/۹	۵۹ ± ۹/۲	چربی آغوز (گرم در کیلوگرم)
۰/۱۷	۹۰ ± ۱۱/۹	۷۱ ± ۱۰/۰	پروتئین شیر (گرم در کیلوگرم)
۰/۸۳	۱۳/۴ ± ۵/۵	۱۲/۸ ± ۳/۵	لاکتوز (گرم در کیلوگرم)
۰/۱۸	۱۸۸ ± ۴۰/۴	۱۳۹ ± ۴۹/۷	کل مواد جامد (گرم در کیلوگرم)
۰/۱۳	۹۰ ± ۱۵/۲	۶۲ ± ۲۸/۳	مواد جامد غیر چربی (گرم در کیلوگرم)

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار هستند.

نتایج مشابه نتایج فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) است که گزارش کردند استفاده از بتائین تأثیر معنی داری بر میزان پروتئین کل و آلبومین خون بزهای شیرده نداشت. در پژوهش حاضر غلظت اوره خون تحت تأثیر مصرف

تأثیر مصرف بتائین بر فراسنجه های خونی میش های سنجابی در جدول ۴ آمده است. غلظت پروتئین کل و غلظت آلبومین سرم خون میش هایی که بتائین دریافت کردند اختلاف معنی داری با میش های شاهد نداشت. این

شیر بافت پستان شده است. افزودن بتائین به جیره میش‌ها باعث یک روند کاهش در غلظت خونی گلوکز شد ($P=0.098$). به نظر می‌رسد کاهش غلظت گلوکز در میش‌های گروه بتائین در اثر تولید گلیسین از دی‌متیل-گلیسین باشد که هنگام متیله‌شدن هموسیستین و تبدیل آن به متیونین توسط بتائین تشکیل می‌شود. تحقیقات نشان داده‌است که سطوح بالای گلايسين با افزایش حساسیت به انسولین در ارتباط است (Ejaz و همکاران، ۲۰۱۶؛ Magnusson و همکاران، ۲۰۱۵).

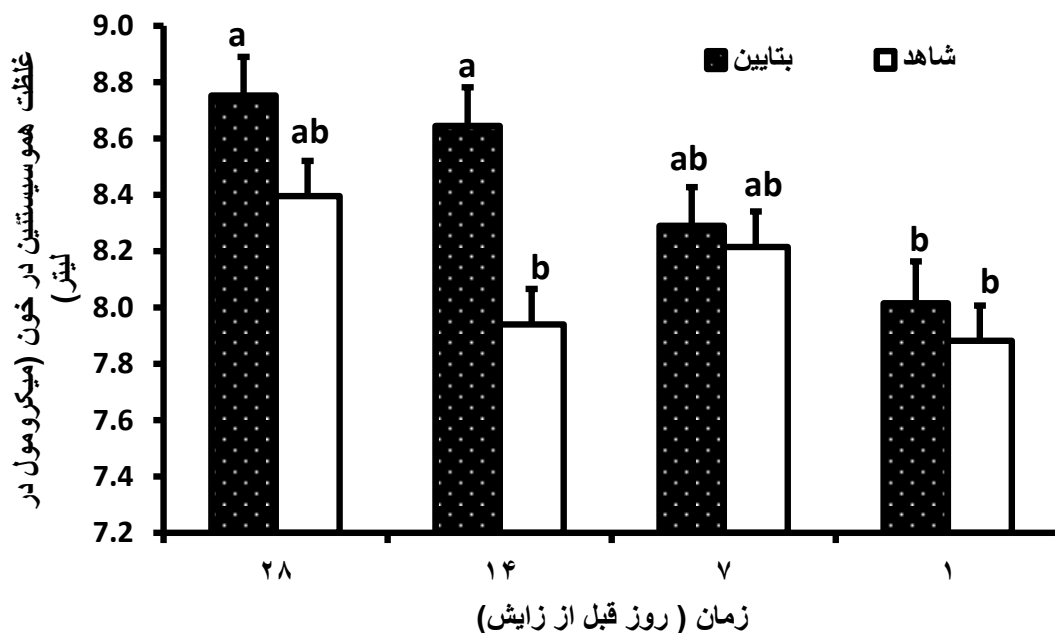
سطح هموسیستین خون میش‌های دریافت کننده بتائین نسبت به میش‌های شاهد بیشتر بود ($P < 0.05$). در آزمایش حاضر، بدون توجه به نوع تیمار آزمایشی، غلظت خونی هموسیستین با نزدیک شدن به زمان زایش کاهش یافت. هموسیستین محصول دمیتلاسیون متیونین است (MacCoss و همکاران، ۲۰۰۱). ابتدا متیونین به اس-آدنوزیل متیونین تبدیل می‌شود و سپس اس-آدنوزیل متیونین به اس-آدنوزیل هموسیستین و نهایتاً به هموسیستین تبدیل می‌شود. هموسیستین هم می‌تواند به صورت برگشت‌ناپذیر به سیستم تبدیل شود که به نوبه خود می‌تواند برای سنتز پروتئین استفاده شود و هم می‌تواند دوباره با گرفتن متیل از ترکیات دهنده متیل (از قبیل کولین و بتائین) به متیونین تبدیل شود. آنزیم بتائین هموسیستین متیل ترانسفراز انتقال متیل از بتائین به هموسیستین و تشکیل متیونین را کاتالیز می‌کند (Odle و همکاران، ۲۰۰۰). تحقیقات نشان داده افزودن بتائین باعث افزایش مقدار اس-آدنوزین متیونین می‌شود و افزایش میزان اس-آدنوزین متیونین باعث کاهش فعالیت آنزیم بتائین هموسیستین متیل-ترانسفراز می‌شود (Deminice و همکاران، ۲۰۱۵؛ Obeid، ۲۰۱۳). لذا به نظر می‌رسد میزان ۵ گرم بتائین مورد استفاده در آزمایش حاضر بیش از کشش چرخه متیونین بوده است و در نتیجه فعالیت آنزیم بتائین هموسیستین متیل ترانسفراز کاهش یافته است و احتمالاً هموسیستین تولید شده از چرخه متیونین مجدداً متیله نشده‌است و منجر به تجمع هموسیستین در خون شده‌است.

بتائین قرار نگیرد. مشابه با نتایج این پژوهش، فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که غلظت نیتروژن اوره ای خون بزهای شیرده تحت تأثیر مصرف بتائین قرار نگیرد. یک روند کاهش در غلظت بتا هیدروکسی بوتیرات در میش‌های دریافت کننده بتائین نسبت به میش‌های گروه شاهد مشاهده شد ($P=0.059$). شیهه این یافته، فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) و همچنین دیگیا کامو و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند افزودن بتائین به جیره باعث کاهش معنی‌دار اجسام کتون (بتا هیدروکسی بوتیرات) به ترتیب در خون بزهای شیرده و میش‌های مریوس شد. ممکن است بتائین با تأثیر بر بیان ژن‌های مرتبط با جذب و نقل و انتقال اسیدهای چرب بداخل سلول‌ها نقش در متابولیسم چربیها داشته باشد. مشخص شده است تغذیه بتائین باعث افزایش پروتئین FABP3 می‌شود (Sebastián و همکاران، ۲۰۰۹؛ Yagyو و همکاران، ۲۰۰۳). پروتئین FABP3 پروتئین مهمی است که در انتقال اسیدهای چرب در داخل سلول نقش دارد (Hertzell و همکاران، ۲۰۰۰). شواهدی مبنی بر نقش بتائین در افزایش بیان ژن لیپو پروتئین لیپاز وجود دارد. لیپو پروتئین لیپاز آنزیمی است که در هیدرولیز تری گلیسریدهای جریان خون و جذب لیپیدها به داخل سلول‌ها نقش دارد (Yagyو و همکاران، ۲۰۰۳). بطور کلی به نظر می‌رسد اثر بتائین بر جذب اسیدهای چرب بیشتر از اکسیداسیون آنها باشد. از آنجا که بیش از ۶۰ درصد چربی شیر از تری آسید گلیسرول‌های پلاسما می‌باشد که توسط بافت پستان از جریان خون جذب می‌شود (Palmquist و همکاران، ۱۹۹۳)؛ لذا می‌توان بیان کرد که بالاتر بودن درصد چربی آغوز میش‌های گروه بتائین می‌تواند ناشی از دو موضوع باشد؛ اول آنکه بخشی از بتائین در شکمبه تجزیه شده و به استات تبدیل می‌شود و بخش دیگر از بتائین به صورت سالم از محیط شکمبه خارج شده (Nakia و همکاران، ۲۰۱۳) و در بدن میش باعث جذب چربی‌ها به داخل سلول‌ها و از جمله سلول‌های ترشح کننده

جدول ۴- تأثیر مصرف بتائین بر غلظت فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن در روزهای مختلف

تیمار	بتا هیدروکسی بوتیرات (میلی مول در لیتر)	گلوکز (میلی مول در لیتر)	اوره (میلی مول در لیتر)	آلبومین (میلی مول در لیتر)	پروتئین کل (گرم در لیتر)	هموسیستئین (میکرو مول در لیتر)
شاهد	۰/۸۲	۳/۴	۹/۱	۰/۴۴	۷۰	۸/۱
بتائین	۰/۴۶	۳/۲	۹/۰۳	۰/۴۳	۷۴	۸/۴
خطای میانگین استاندارد	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۳۸	۰/۰۰۶	۱/۱	۰/۰۷
زمان خونگیری						
۲۸ روز قبل از زایش	۰/۴۸	۳/۳	۸/۸۹	۰/۴۵ ^a	۷۵ ^a	۸/۶ ^a
۱۴ روز قبل از زایش	۰/۶	۳/۴	۹/۴۲	۰/۴۴ ^a	۷۳ ^{ab}	۸/۳ ^b
۷ روز قبل از زایش	۰/۶	۳/۵	۹/۵۷	۰/۴۳ ^{ab}	۷۱ ^{ab}	۸/۲ ^b
۱ روز قبل از زایش	۰/۷۴	۳/۱	۸/۳۹	۰/۴۲ ^b	۷۰ ^b	۷/۹ ^c
خطای میانگین استاندارد	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۵۲	۰/۰۰۸	۱/۵	۰/۰۹
P-value						
تیمار	۰/۰۵۹	۰/۰۹۸	۰/۳۲۳	۰/۳۲	۰/۱۱	۰/۰۳۲
زمان	۰/۷۲۳	۰/۳۵۴	۰/۱۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۰۴
اثر متقابل تیمار و زمان	۰/۶۳۵	۰/۹۷۵	۰/۸۹۲	۰/۷۴۹	۰/۳۷۸	۰/۰۴۷

^{ab} در هر ستون برای زمان خونگیری نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است. معنی داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) در نظر گرفته شده است.



نمودار ۱- اثر متقابل تیمار و زمان خونگیری بر غلظت خونی هموسیستئین در میش‌های آبستن سنجایی ^{ab} میانگین‌ها با حروف لاتین غیر مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) دارند.

نتیجه گیری

استفاده از بتائین به میزان ۵ گرم در کیلوگرم ماده خشک مصرفی در جیره میش‌های شیرده، در یک ماه آخر آبستنی باعث افزایش کمیت آغوز تولیدی و همچنین درصد چربی آغوز شد که می‌تواند در تأمین نیاز انرژی بره‌های تازه متولد شده مفید باشد. مصرف بتائین سبب کاهش غلظت اجسام کتونی در خون میش‌ها شد که نشان‌دهنده نقش مثبت بتائین در متابولیسم چربی‌ها است که می‌تواند در پیشگیری از بیماری کتوز در میش‌های آبستن موثر باشد. با این وجود، بر خلاف فرضیه این پژوهش، استفاده از بتائین باعث افزایش غلظت خونی هموسیستین در میش‌های آبستن شد. یافتن دلایل افزایش غلظت خونی هموسیستین در میش‌های آبستن بعد از مصرف بتائین نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

منابع

- Fernandez, C., Fontecha, J., Latorre1, M.A., Garcés, C., Soler, M. and de la Fuente, J.M. (2004). Influence of betaine on goat milk production and composition. *South African Journal of Animal Science*. 34:165-168.
- Fernandez, C., Lopez-Saez, A., Gallego, L. and de la Fuente, J.M. (2000). Effect of source of betaine on growth performance and carcass traits in lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 86: 71-82.
- Fernandez, C., Mata, C., Piquer, O., Bacha, F. and de la Fuente, J.M. (2009). Influence of betaine on goat milk yield and blood metabolites. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 11 (1): 209 – 213.
- Friesen, R., Novak, E.M. and Innis, S.M. (2007). Relationship of dimethylglycine, choline, and betaine with oxoproline in plasma of pregnant women and their newborn infants. *Journal of Nutrition*. 137: 2641–2646.
- Hall, L.W., Dunshea, F. R., Allen, J. D., Rungruang, S., Collier, J. L., Long, N. M., et al. (2016). Evaluation of dietary betaine in lactating Holstein cows subjected to heat stress. *Journal of Dairy Science*. 99: 9745-9753.
- Hertzel, A.V. and Bernlohr, D.A. (2000). The mammalian fatty acid-binding protein multigene family: molecular and genetic insights into function. *Trends in Endocrinology and Metabolism*. 11(5):175–180.
- Kalhan, S.C. (2016). One carbon metabolism in pregnancy: Impact on maternal, fetal and neonatal health. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 435:48-60.
- Kalhan, S. C. and Marczewski, SE. (2012). Methionine, homocysteine, one carbon metabolism and fetal growth. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*. 13 (2):109–119.
- Löest, C. A., Armendariz, C. K. and Titgemeyer, E. C. (2000). *In vitro* degradation of betaine by ruminal microbes. AOAC. (2006). Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Bencini, R. and Purvis, I.W. (1990). The yield and composition of milk from merino sheep. *Proceeding of the Australian Society of Animal Production*. 18: 144-147.
- Deminice, R., da Silva, R.P., Lamarre, S.G., Kelly, K.B., Jacobs, R.L., Brosnan, M.E., et al. (2015). Betaine supplementation prevents fatty liver induced by a high-fat diet: effects on one-carbon metabolism. *Amino Acids*. 47(4): 839-846.
- Digiaco, K., Simpson, S., Leury, B.J. and Dunshea, F.R. (2016). Dietary betaine impacts the physiological responses to moderate heat conditions in a dose dependent manner in sheep. *Animals*. 6 (51): 1-13
- Ejaz, A., Martinez-Guino, L., Goldfine, A., Aulinas, F., De Nigris, V., Gonzalez-Franquesa, S., et al. (2016). Dietary betaine supplementation increases Fgf21 levels to improve glucose homeostasis and reduce hepatic lipid accumulation in mice. *Diabetes*. 65 (4):902–912.

- D.M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76(6):1753-1771.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J. and Sniffen, C.J. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*. 70: 3551-3561.
- Sánchez, P., Muelas, R., Sánchez, A., Rubert, J., Montanel, J., Luengo, C., et al. (2001). Influence of betaine on somatic cell count and goat milk composition. *Annual Meeting of European Association for Animal Production*. Budapest (Hungary).
- Sebastián, D., Guitart, M., García-Martínez, C., Mauvazin, C., Orellana-Gavaldà, J.M., Serra, D., et al. (2009). Novel role of FATP1 in mitochondrial fatty acid oxidation in skeletal muscle cells. *Journal of Lipid Research*. 50(9):1789-1799.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.
- Wang, C., Liu, Q., Yang, W.Z., Wu, J., Zhang, W. and Dong, K.H. (2010). Effects of betaine supplementation on rumen fermentation, lactation performance, feed digestibilities and plasma characteristics in dairy cows. *Journal of Agricultural Science*. 148: 487-495.
- Yagyu, H., Chen, G., Yokoyama, M., Hirata, K., Augustus, A., Kako, Y., et al. (2003). Lipoprotein lipase (LpL) on the surface of cardiomyocytes increases lipid uptake and produces a cardiomyopathy. *Clinical Investigation*. 111(3):419-26.
- Zhang, L., Ying, S.J., AN, W.J., Lian, H., Zhou, G.B. and Han, Z.Y. (2014). Effects of dietary betaine supplementation subjected to heat stress on milk performances and physiology indices in dairy cow. *Genetics and Molecular Research*. 13 (3): 7577-7586.
- Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*. Article 391: 43-44.
- MacCoss, M. J., Fukagawa, N. K. and Matthews, D. E. (2001). Measurement of intracellular sulfur amino acid metabolism in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 280 (6): 947-955.
- Magnusson, M., Wang, T.J., Clish, C., Engström, G., Nilsson, P., Gerszten, R.E., et al. (2015). Dimethylglycine deficiency and the development of diabetes. *Diabetes*. 64 (8): 3010-3016.
- Mitchell, A.D., Chappell, A. and Knox, K.L. (1979). Metabolism of betaine in the rumen. *Journal of Animal Science*. 49:764-774.
- Monteiro, A.P.A., Bernard, J.K., Guo, J.R., Weng, X.S., Emanuele, S., Davis, R., et al. (2017). Effects of feeding betaine-containing liquid supplement to transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 100:1063-1071.
- Nakai, T., Sato, T., Teramura, M., Sadoya, H., Ohtani, M., Takahashi, T., et al. (2013). The Effect of a continuous supply of betaine on the degradation of betaine in the rumen of dairy cows. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*. 77 (3): 666-669.
- Nezamidoust, M., Alikhani, M., Ghorbani, G.R. and Edris, M.A. (2012). Effect of betaine and sulfate supplementation on milk and wool production of Naeini ewes. *Small Ruminant Research*. 105: 170-175.
- NRC, (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Research Council. *The National Academies Press*, Washington, DC, USA.
- Obeid, R. (2013). The metabolic burden of methyl donor deficiency with focus on the betaine homocysteine methyltransferase pathway. *Nutrients*. 5 (9):3481-3495.
- Odle, J., Heo, K.N. and Lin, X. (2000). The role of carnitine and betaine in lean growth modulation of swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 13:386-395.
- Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D. and Barbano,