نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۲۱، زمستان ۱۳۹۷
ص‌ص: ۲۳۱~۲۴۰

بررسی تأثیر بتائین برکمیت و کیفیت آغوز و غلظت فراسنجه‌های‌خونی 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 فراسنجه‌های‌خونی،کمیت وکیفیت آغوز میش‌های سنجابی بررسی شد. تعداد ۲۰ رأس میش چند شکم زایش در ماه آخرآبستنی در دوگروه با جیره پایه (شاهد:۳/٦±۷۱/۲ کیلوگرم وزن بدن) و یا با جیره پایه بعلاوه پنج گرم بتائین در کیلوگرم ماده‌خشک (بتائین:۳/۸±۷۱/٦ کیلوگرم) تغذیه شد. مصرف خوراک، شاخص وضعیت بدن، و حجم پستان میش‌ها و همچنین غلظت خونی گلوکز، بتاهیدروکسی بوتیرات، آلبومین، پروتئین‌کل، اوره و هموسیستئین سرم در ماه اخر آبستنی تعیین شد. مقدارآغوز 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 ۳٦۵ گرم) و چربی آغوز (۹۳ در مقابل ۵۹ گرم) و غلظت خونی هموسیستئین (۸/٤ در مقابل ۸/۱ میکرومول در لیتر) در میش‌هایی که بتائین دریافت کردند بیشتر(P<۰/۰۵) از میش‌های شاهد بود. در میش‌های بتائین یک روند کاهشی در غلظت گلوکز (P=۰/۰۹۸،۳/۲ در مقابل ۳/٤ میلی‌مول در لیتر) وغلظت بتا-هیدروکسی‌بوتیرات (P=۰/۰۵۹، ۰/٤٦در 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 تاثیر مثبت بر تولید و درصد چربی آغوز، باعث افزایش غلظت هموسیستئین، و کاهش اجسام‌کتونی احتمالا با کاهش تجزیه چربی در میش‌های آبستن سنجابی شد.

واژه‌های کلیدی: بتائین، آغوز، فراسنجه خونی، هموسیستئین، میش

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. Sahraei[1],A. Kiani [2],*, A. Azarfar[2] and H. Khamisabadi[3]
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 involed with hemocyctein 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 ingection until six hours *post- partum,* and then was analysed for its chemical composions. 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 hemocystein (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 quantilty and fat content of colostrum, increased circulating hemocystein, and reduced circulating ketone bodies most likely via suppresing fatty acid oxidation in Sanjabi pregnant ewes.

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

مقدمه

بتائین یا تری-متیل-گلیسین از مشتقات کولین است که بعنوان دهنده گروه‌متیل در بدن عمل می کند. ترکیبات دهنده گروه متیل 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 گروه متیل است. که خود یکی از اسید آمینه‌ها ی محدودکننده تولید شیر است (NRC، ۲۰۰۷). یکی از مهمترین نقش های بتائین، تبدیل هموسیستئین 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 گروه‌متیل 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 دام های شیری، مکمل بتائین باعث افزایش تولید شیر(Fernandez

و همکـــــــاران، ۲۰۰۴؛ Sánchez و همکـــــــاران،۲۰۰۱ ؛ Wang و همکـــــــــــــاران،۲۰۱۰؛ Nezamidoust و همکـاران،۲۰۱۲) و همچنـین تغییـر در نسـبت اسـیدهای چـرب فـرار تولیـدشـده در شـکمبه (Wang و همکـاران،۲۰۱۰) شـده اسـت. عـلاوه بـر ایـن در نشـخوارکنندگان شـواهدی وجـود دارد کـه افـزودن بتـائین بـه جیـره منجـر بـه کـاهش نیتـروژن آمونیـاکی، افـزایش بهـره‌وری مصـرف نیتـروژن، و افـزایش رشـد جمعیـت بـاکتری‌هـای تجزیـه‌کننـده فیبـر در شـکمبه شـده-اسـت (Russell و همکـاران،۱۹۹۲). فرضـیه پـژوهش حاضـر این است کـه افـزودن مکمـل بتـائین بـه جیـره مـیش‌هـای آبسـتن، سـبب کـاهش غلظـت هموسیسـتئین خـون و همچنـین بهبـود کمیـت و کیفیـت آغـوز خواهـد شـد. لـذا در ایـن پـژوهش تـأثیر مصرف بتـائین در مـاه آخـر آبسـتنی بـر کمیـت و کیفیـت آغـوز، غلظـت هموسیسـتئین و برخـی فراسـنجه‌هـای خـونی در مـیش-های آبستن بررسی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تعداد ۲۰ رأس میش آبستن چنـد شـکم زایـش از تـوده گوسـفند سـنجابی، بـا میـانگین وزن بـدن (۵/۳ ± ۷۰/۱ کیلوگرم) در مزرعه تحقیقاتی مهرگان مرکز تحقیقات و آمـوزش کشـاورزی و منـابع طبیعـی کرمانشـاه اسـتفاده شـد. در فصـل جفتگیری، فحلی میش‌ها با استفاده از اسـفنج درون واژنـی حـاوی ۲۰ میلـی‌گـرم اسـتات فلوروژسـتون (بـه مـدت ۱۴ روز) و تزریـق مقدار ۴۰۰ واحد PSMG[1] پس از برداشت اسفنج همزمان‌سـازی شد. قوچ‌اندازی دو روز پس از برداشتن اسفنج انجـام شـد. تغذیـه میش‌ها در سه ماه اول دوره آبستنی به صورت یکسان بـه صـورت چرا در پس‌چر مزارع انجام شد. دو ماه قبل از زایش میش‌ها بـه دو گروه آزمایشی با میانگین وزنی مساوی تقسـیم شـدند و در داخـل جایگاه مسقف نگهـداری شـدند.در مـاه آخـر آبسـتنی، تعـداد ۱۰ رأس میش با جیره پایه (شاهد: میانگین وزن:۳/۶±۷۱/۲ کیلـوگرم) و تعداد۱۰ رأس دیگر با جیره پایه بعلاوه ۵ گرم بتائین بـه ازای هـر کیلوگرم ماده خشک (بتائین: میـانگین وزن:۳/۸±۷۱/۶ کیلـوگرم) تغذیه شد. ترکیب اجزاء و آنـالیز تقریبـی جیـره پایـه در جـدول ۱ نشان داده شده است. محتوی ماده‌خشک جیره با خشک‌کـردن در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد، خاکستر خام با سوزاندن در کوره الکتریکی به مدت سـه سـاعت در دمـای ۵۵۰ درجه سانتیگراد، پروتئین خام با روش کجلدال، چربی خام بـا استفاده از روش سوکسله تعیـین شـد (AOAC, 2006) . الیـاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF، بدون آلفا-آمـیلاز و سـولفیت سـدیم) و الیـاف نـامحلول در شـوینده اسـیدی (Van Soest (ADF)و همکاران۱۹۹۱) آنالیز شد. میـزان انـرژی قابـل هضـم و انرژی قابل متابولیسم جیره، پس از محاسـبه ایـن مقـادیر بـرای هـر یک از اجـزای خـوراک و بـا اسـتفاده از روابـط NRC (2007) محاسبه گردید. بتائین (بتایین هیدروکلرایـد ۹۸٪، سـاخت شـرکت ویفانگ ساتوین، کشور چین) به صورت پودری ابتدا بـا دانـه جـو آسـیاب شـده مخلـوط شـد و سـپس بـه خـوراک اضـافه گردیـد. خوراک روزانه بطور مساوی در دو وعده غذایی تقسـیم شـد و در ساعت‌های ۸:۳۰ و ۱۶:۰۰ تغذیه شد. آب بصورت آزاد در دسترس و مواد معدنی و ویتامینی روزانه برای تمـامی مـیش‌هـا فـراهم بـود. میش‌های هر تیمار در مدت آزمایش در باکس‌های انفرادی با ابعاد ۲× ۲ متر نگهـداری شـدند. مصـرف خـوراک، وزن دام و اسـکور بدنی به صورت هفتگی تا زمان زایش ثبت گردید. محاسـبه حجـم پستان به صورت هفتگـی در طـی چهـار هفتـه آخـر دوره آبسـتنی انجام شد. حجم پستان با استفاده از رابطه حجم نـیم‌کـره و پـس از اندازه‌گیری دقیق طول و عرض پستان محاسبه شد. شعاع پسـتان از حاصل جمع طول پستان و عرض پستان تقسیم بر دو محاسـبه شـد. حجم پر پستان در زمان زایش توسط فرمول محاسبه حجم نیم کره محاسبه شد و حجم خالی پستان از کم کردن میـزان آغـوز خـارج شـده از پسـتان در زمـان زایـش محاسـبه گردیـد (Bencini و Purvis، ۱۹۹۰).

جهت اندازه‌گیری مقـدار آغـوز تولیـدی، پسـتان مـیش‌هـا قبـل از زایش توسط پارچه کتانی پوشانده شد تـا بـره‌هـا نتواننـد از پسـتان مادر تغذیه کنند. پس از زایش، بره‌ها به مدت یک ساعت در کنار مادر نگهداری شدند تا توسط مادر خشک شوند. به هـر مـیش بـه

[1] Pregnant Mare's Serum Gonadotropin

میزان پنج واحد بین المللی هورمون اکسی‌توسین در دو نوبت در سه و شش ساعت پس از زایش به صورت عضلانی تزریق شد و آنگاه هر دو کارتیه 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 (مدلMilkoscan- TMS50، فاوس ، آمریکا) اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های خون وریدی در روزهای ۲۸، ۱۴، ۷ و ۱ روز قبل از زایش از طریق ورید وداجی با استفاده از ونوجکت گرفته شد و در لوله‌های فاقد مواد ضدانعقاد ریخته شد. لوله‌های حاوی خون به 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، هانگژو، چین) و غلظت هموسیستئین با استفاده از کیت شماره DZ568A-K (دیازیم، هانوفر،آلمان) توسط دستگاه اتوآنالیزر بیوشیمی هیتاچی ۹۱۲ و به روش آنزیماتیک براساس دستورالعمل‌های مربوطه تعیین شد.

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 درکیلوگرم)	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

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

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

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 ε_{ijk}= خطای آزمایش بود. داده‌های بدون‌تکرار 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 میش های آبستن در یک ماه آخر آبستنی تأثیر معنی داری بر شاخص وضعیت بدن، وزن بدن میش، مصرف خوراک و حجم تخمینی پستان نداشت (جدول۲). 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.

جدول۲- 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 در روز)	وزن بدن (کیلوگرم)	شاخص وضعیت بدن	حجم پستان (میلی لیتر)
تیمار				
شاهد	۱/۶۳	۷۲/۵	۳/۶۳	۲۹۸۴
بتائین	۱/۶۲	۷۳/۶	۳/۶۸	۳۲۱۲
خطای میانگین استاندارد	۰/۱	۳/۶۱	۰/۱۶	۵۱۲
زمان خونگیری				
۲۸ روز قبل از زایش	۱/۶	۷۱/۳^{b}	۳/۵۳	۱۷۱۸^{b}
۱۴ روز قبل از زایش	۱/۶۱	۷۲/۳^{b}	۳/۷۴	۲۹۸۲^{a}
۷ روز قبل از زایش	۱/۶۴	۷۴/۳^{a}	۳/۷۲	۳۷۳۳^{a}
۱ روز قبل از زایش	۱/۶۳	۷۳/۵^{ab}	۳/۵۵	۴۰۸۶^{a}
خطای میانگین استاندارد	۰/۰۵۵	۲/۴۸	۰/۱	۳۰۷
P-value				
تیمار	۰/۹۲۳	۰/۸۲۹	۰/۷۶۷	۰/۲۸۱
زمان	۰/۲۴۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱	۰/۰۰۱
تیمار × زمان	۰/۸۲۴	۰/۰۲۵	۰/۲۴۴	۰/۴۵۸

^{b,a} در هر ستون برای زمان خونگیری نشان دهندهٔ اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها است. معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شده است.

تأثیر مصرف بتائین بر کمیت و کیفیت آغوز در جدول ۳ نشان داده شده است. میش‌هایی که بتائین دریافت کردند در مقایسه با میش‌های شاهد، مقدار آغوز بیشتری تولید کردند (P< ۰/۰۵). علاوه براین درصد چربی آغوز در میش‌های گروه بتائین بیشتر از میش‌های گروه شاهد بود (P< ۰/۰۵). افزایش تولید آغوز در میش های دریافت کننده بتائین ممکن است به این دلیل باشد که بتائین افزوده شده تا حدودی کمبود برخی از اسید آمینه‌های 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 متیل‌آمین تبدیل شود (Nakai و همکاران، ۲۰۱۳؛ Löest و همکاران، ۲۰۰۰؛ 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 می‌تواند 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 میش‌های شیرده(Nezamidoust و همکاران، ۲۰۱۲) موجب افزایش تولید و درصد چربی شیر شده است.

جدول۳- تأثیر مصرف بتائین بر کمیت و ترکیبات شمیایی آغوز میش‌های سنجابی

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

اعداد به صورت میانگین± انحراف معیار هستند.

تأثیر مصرف بتائین بر فراسنجه های خونی میش های سنجابی در جدول۴ 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 نتایج مشابه نتایج فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) است که گزارش کردند استفاده از بتائین تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین کل و آلبومین خون بزهای شیرده نداشت.

در پژوهش حاضر غلظت اوره خون تحت تأثیر مصرف

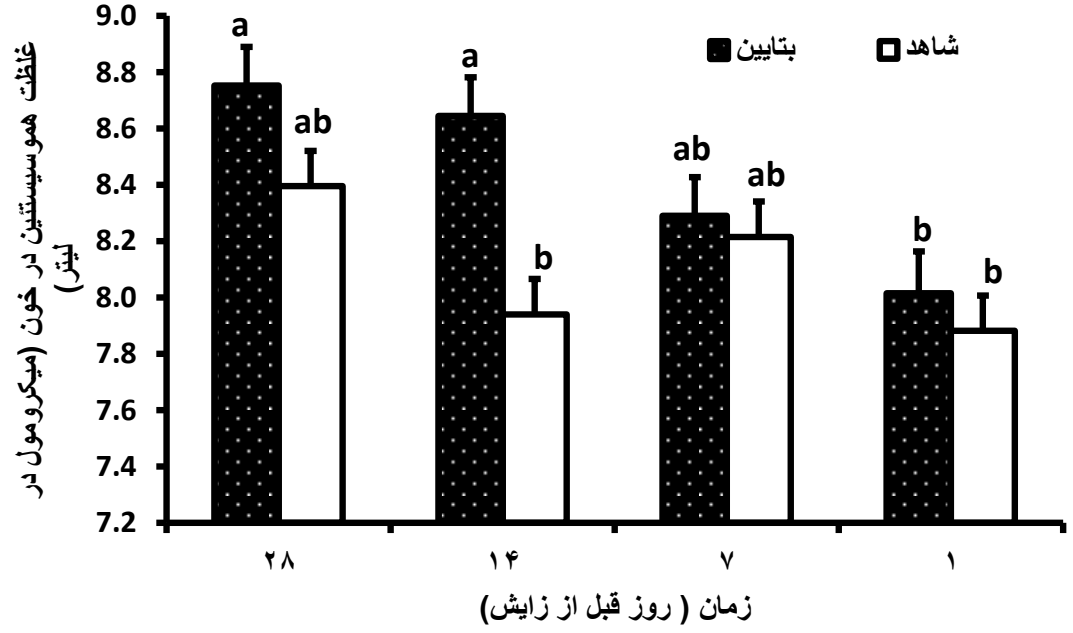
بتائین قرار نگرفت. مشابه با نتایج این پژوهش، فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که غلظت نیتروژن اوره ای خون بزهای شیرده تحت تأثیر مصرف بتائین قرار نگرفت. یک روند کاهش در غلظت بتاهیدروکسی بوتیرات در میش های دریافت کننده بتائین نسبت به میش های گروه شاهد مشاهده شد(P=۰/۰۵۹). شبیه این یافته، فرناندز و همکاران (۲۰۰۹) و همچنین دیگیاکامو و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند افزودن بتائین به جیره باعث کاهش معنی‌دار اجسام کتونی (بتاهیدروکسی بوتیرات) به ترتیب در خون بزهای شیرده و میش‌های مرینوس شد. ممکن است بتائین با تأثیر بر بیان ژن های 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 می شود (Sebastián و همکاران، ۲۰۰۹؛ Yagyu و همکاران، ۲۰۰۳). پروتئین FABP3، پروتئین مهمی است که در انتقال اسیدهای چرب در داخل سلول نقش دارد (Hertzel 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 تری‌گلیسریدهای جریان خون و جذب لیپیدها به داخل سلول‌ها نقش دارد (Yagyu و همکاران، ۲۰۰۳). بطور کلی به نظر می‌رسد اثر بتائین بر جذب اسیدهای چرب بیشتر از اکسیداسیون آنها باشد. ازآنجا که بیش از ۶۰ درصد چربی شیر از تری آسیل گلیسرول‌های پلاسما می باشد که توسط بافت پستان از جریان خون جذب می شود (Palmquist و همکاران، ۱۹۹۳)؛ لذا می توان 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 شیر بافت پستان شده است. افزودن بتائین به جیره میش‌ها باعث یک روند کاهشی در غلظت خونی گلوکز شد(P=/۰۹۸). به نظر می‌رسد کاهش غلظت گلوکز در میش‌های گروه بتائین در اثر تولید گلیسین از دی‌متیل-گلیسین باشد که هنگام متیله‌شدن هموسیستئین وتبدیل آن به متیونین توسط بتائین تشکیل می‌شود. تحقیقات نشان داده‌است که سطوح بالای گلایسین با افزایش حساسیت به انسولین در ارتباط است(Ejaz و همکاران، ۲۰۱۶؛ Magnusson و همکاران، ۲۰۱۵).

سطح هموسیستئین خون میش‌های دریافت کننده بتائین نسبت به میش‌های شاهد بیشتر بود (P <۰/۰۵). در آزمایش حاضر، بدون توجه به نوع تیمار آزمایشی، غلظت خونی هموسیستئین با نزدیک شدن به زمان زایش کاهش یافت. هموسیستئین محصول دمتیلاسیون متیونین است (MacCoss و همکاران، ۲۰۰۱). ابتدا متیونین به به اس-آدنوزیل متیونین تبدیل می شود و سپس اس-آدنوزیل متیونین به اس-آدنوزیل هموسیستئین و نهایتا به هموسیستئین تبدیل می شود. هموسیستئین هم می‌تواند به صورت برگشت‌ناپذیر به سیستئین 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 هموسیستئین متیل ترانسفرانز انتقال متیل از بتائین به هموسیستئین وتشکیل متیونین را کاتالیز می کند (Odle و همکاران، ۲۰۰۰). تحقیقات نشان داده افزودن بتائین باعث افزایش مقدار اس-آدنوزین متیونین می شود و افزایش میزان اس-آدنوزین متیونین باعث کاهش فعالیت آنزیم بتائین هموسیستئین متیل- ترانسفراز می شود (Deminice و همکاران، ۲۰۱۵؛ Obeid، ۲۰۱۳). لذا به نظر می رسد میزان ۵ گرم بتائین مورد استفاده در آزمایش حاضر بیش از کشش چرخه متیونین بوده است و در نتیجه فعالیت آنزیم بتائین هموسیستئین متیل ترانسفراز کاهش یافته است و احتمالا هموسیستئین تولید شده از چرخه متیونین مجددا متیله نشده‌است و منجر به تجمع هموسیستئین در خون شده‌است.

جدول ٤- تأثیر مصرف بتائین بر غلظت فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن در روزهای مختلف

	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)
تیمار						
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

^{b,a} در هر ستون برای زمان خونگیری نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است. معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) در نظر گرفته‌شده است.



نمودار۱- اثر متقابل تیمار و زمان خونگیری بر غلظت خونی هموسیستئین در میش‌های آبستن سنجابی

^{b,a} میانگین‌ها با حروف لاتین غیرمشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) دارند.

نتیجه‌گیری

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 می تواند در تأمین نیاز انرژی بره های تازه متولد شده مفید باشد. مصرف بتائین سبب کاهش غلظت اجسام کتونی در خون میش ها شد که نشان‌دهنده نقش مثبت بتائین در متابولیسم چربی ها 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 هموسیستئین در میش‌های آبستن شد . یافتن دلایل افزایش غلظت خونی هموسیستئین در میش های آبستن بعد از مصرف بتائین نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

منابع

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.

Digiacomo, 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.

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.

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-Gavalda, 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 & Biochemestry*. 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-Australilan Journal of Animal Science*. 13:386–395.

Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D. and Barbano,