Research on Animal Production, Vol. 14, No. 40, Summer 2023 p: 27-43

"Research Paper"

Improving the Health Status of Pregnant Ewes and their Lambs under Heat Stress Conditions by Feeding Glutamine

Hadi Mohamadzadeh[1], Asadollah Teimouri Yansari [2] and Eissa Dirandeh[3]

1- Department of Animal Science, Faculty of animal Science and Fishery, University of Agriculture and Natural Resources Sari, (Corresponding author: hmohamadzadeh2003@gmail.com)
2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of animal Science and Fishery, University of Agriculture and Natural Resources Sari
3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of animal Science and Fishery, University of Agriculture and Natural Resources Sari
Received: 9 January, 2023 Accepted: 6 March, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: Heat stress (HS) affects physiological, biochemical and production functions in livestock. By suppressing various components of the immune system, HS increases the susceptibility of livestock to various diseases. This tension has a negative effect on the health and production ability of livestock by disrupting the nervous-hormonal system and suppressing the immune system. The use of different nutritional solutions to improve the immune system of livestock in different stages of production has attracted a lot of attention. This research was conducted to evaluate the effects of glutamine supplementation and protein level on inflammatory indicators, immune system and blood parameters of pregnant Zel breed ewes during the transitional period and the immune response of their lambs during HS.

Material and Methods: 20 pregnant ewes with an average weight of 42±1 kg and an age of 2.5±1 years and multiparous were selected and randomly assigned to four experimental treatments. Experimental treatments included: 1) basal diet (equal metabolizable protein requirement) 2) basal diet with glutamine (1% diet) 3) diet with 10% more protein than requirement and 4) basal diet with 10% more protein with glutamine. Blood sampling was done weekly before morning feeding from all ewes using vacuum tubes containing heparin (Venojet) from the jugular vein. Blood parameters including albumin, total plasma protein, alkaline phosphatase and malondialdehyde were measured with relevant kits and with an automatic analyzer. Insulin, immunoglobulin G (IgG), interleukin 2 (IL-2), interleukin 6 (IL-6) and interleukin 10 (IL-10) were measured using ELISA kits. In order to evaluate the immune response and the state of general inflammation, the differential blood count profile was examined.

Results: One week before and after parturition and on the day of parturition, the amount of albumin, total protein, insulin and IgG increased with glutamine consumption ($P<0.05$). Also, glutamine supplementation increased the concentration of IgG in lambs born from ewes ($P<0.0001$).The effect of experimental treatments on alkaline phosphatase was not significant. Also, the consumption of glutamine supplement one week before parturition, one week after parturition and on the day of parturition decreased the concentration of malondialdehyde ($P=0.0030$, $P=0.0057$ and $P=0.0301$, respectively). The number of white blood cells in one week before parturition and on the day of parturition increased significantly with the addition of glutamine ($P=0.0015$ and $P=0.0024$, respectively). Glutamine supplementation significantly reduced blood neutrophils ($P<0.05$). However, blood lymphocyte was significantly increased ($P<0.05$). On the day of parturition and one week after parturition, treatments increased the values of IL-2 ($P=0.0216$ and $P=0.0586$, respectively) and IL-10 ($P=0.0573$ and $P=0.0019$, respectively). While the amount of IL-6 on the day of parturition and one week after parturition was significantly reduced by consuming glutamine and adding the level of metabolizable protein ($P=0.0079$ and $P=0.0027$, respectively).

Conclusion The results of this experiment showed that glutamine supplementation improves the health status of pregnant ewes under HS and their lambs.

Keywords: Glutamine, Heat Stress, Immune system, Infllammatory Indicators, Pregnant Ewes

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

"مقاله پژوهشی"

بهبود وضعیت سلامت میش‌های آبستن و بره‌های آن‌ها در شرایط تنش گرمایی با تغذیه گلوتامین

هادی محمدزاده[۱]، اسدالله تیموری یانسری[۲] و عیسی دیرنده[۳]

۱- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات، گروه علوم دامی، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: hmohamadzadeh2003@gmail.com)
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم دامی و شیلات، ساری، ایران
۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم دامی و شیلات، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵
صفحه: ۲۷ تا ۴۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش گرمایی کارکردهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تولیدی را در دام‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش گرمایی با سرکوب اجزای مختلف سیستم ایمنی، حساسیت دام به بیماری‌های مختلف را افزایش می‌دهد. این تنش از راه اختلال در سیستم عصبی- هورمونی و سرکوب سیستم ایمنی، بر سلامت و قابلیت تولید دام‌ها تأثیر منفی می‌گذارد. بهره‌گیری از راه‌کارهای مختلف تغذیه‌ای برای بهبود سیستم ایمنی دام‌ها در گامه‌های مختلف تولید، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این پژوهش به منظور ارزیابی اثرات مکمل گلوتامین و سطح پروتئین بر شاخص‌های التهابی، سیستم ایمنی و فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن نژاد زل دوره انتقالی و پاسخ ایمنی بره‌های آن‌ها در طی تنش گرمایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۲۰ رأس میش آبستن با میانگین وزن ۱±۴۲ کیلوگرم و سن ۱ ±۲/۵ سال و چند شکم زایش (۱ تا ۳ زایش) انتخاب و به‌طور تصادفی به چهار تیمار آزمایشی اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) جیره پایه (پروتئین قابل متابولیسم برابر احتیاجات)، ۲) جیره پایه همراه با گلوتامین (یک درصد جیره)، ۳) جیره دارای ۱۰ درصد پروتئین بیشتر از احتیاجات و ۴) جیره دارای ۱۰ درصد پروتئین بالاتر همراه با گلوتامین بود. خون‌گیری به‌صورت هفتگی پیش از تغذیه صبح از همه میش‌ها به‌وسیله لوله‌های خلاء دارای هپارین (ونوجکت) از سیاهرگ گردنی انجام شد. فراسنجه‌های خونی شامل آلبومین، پروتئین کل پلاسما، آلکالین فسفاتاز و مالون دی آلدهید با کیت‌های مربوطه و با دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد. انسولین، ایمونوگلوبولین G، اینترلوکین ۲، اینترلوکین ۶ و اینترلوکین ۱۰ با استفاده از کیت‌های الایزا اندازه‌گیری شدند. جهت ارزیابی پاسخ ایمنی و وضعیت التهاب عمومی، پروفایل شمارش تفریقی خون بررسی شد.

یافته‌ها: یک هفته قبل و پس از زایمان و در روز زایمان، با مصرف گلوتامین مقدار آلبومین، پروتئین کل، انسولین و ایمونوگلوبولین G افزایش یافت ($p<0/05$). همچنین مکمل گلوتامین غلظت ایمونوگلوبولین G بره‌های متولد شده از میش‌ها را افزایش داد ($p<0/0001$). اثر تیمارهای آزمایشی بر آلکالین فسفاتاز معنی‌دار نبود. همچنین مصرف مکمل گلوتامین در یک هفته قبل از زایمان، یک هفته پس از زایمان و در روز زایمان باعث کاهش غلظت مالون دی آلدهید شد (به‌ترتیب $p=0/0030$، $p=0/0057$ و $p=0/0301$). تعداد گلبول‌های سفید خون در یک هفته قبل از زایمان و در روز زایمان با افزودن گلوتامین به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (به‌ترتیب $p=0/0015$ و $p=0/0024$). مکمل گلوتامین به‌طور قابل توجهی نوتروفیل‌های خون را کاهش داد ($p<0/05$). با این حال، لنفوسیت خون به‌طور قابل توجهی افزایش یافت ($p<0/05$). در روز زایمان و یک هفته پس از زایمان، تیمارها مقادیر اینترلوکین ۲ (به‌ترتیب $p=0/0216$ و $p=0/0586$) و اینترلوکین ۱۰ (به‌ترتیب $p=0/0573$ و $p=0/0019$) را افزایش دادند. در حالی‌که میزان اینترلوکین ۶ در روز زایمان و یک هفته پس از زایمان، با مصرف گلوتامین و افزودن سطح پروتئین قابل متابولیسم به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (به‌ترتیب $p=0/0079$ و $p=0/0027$).

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف مکمل گلوتامین باعث بهبود وضعیت سلامت میش‌های آبستن تحت استرس گرمایی و بره‌های آن‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش گرمایی، گلوتامین، سیستم ایمنی، شاخص‌های التهابی، میش آبستن

مقدمه

نشخوارکنندگان کوچک (گوسفند و بز) در معرض انواع مختلف عوامل تنش‌زا، یعنی تنش فیزیکی، تغذیه‌ای، شیمیایی، فیزیولوژیک و تنش گرمایی قرار دارند. در میان همه، تنش گرمایی در حال حاضر با توجه به تغییرات اقلیمی نگران کننده‌ترین است. تنش گرمایی سبب تولید نوعی از پاسخ‌های پیچیده فیزیولوژیک در بدن می‌شود. دمای محیطی بالا به‌طور بالقوه چندین عارضه فیزیولوژیک دارد که منجر به زیان اقتصادی زیادی در صنعت پرورش گوسفند و بز می‌شود که شامل اختلالات عملکردی تولید مثل، ضعف سیستم ایمنی، بروز التهاب، عدم تعادل الکترولیتی، کاهش مصرف غذا و کاهش کیفیت لاشه می‌باشد. همچنین سبب کاهش تولید شیر، باروری ضعیف، نرخ بره‌زایی پایین‌تر، افزایش چربی، کاهش توده عضلانی و نهایتاً بیماری و مرگ و میر می‌شود (۶). تنش گرمایی سبب اختلال در واکنش‌های آنزیمی، ترشحات هورمونی و متابولیت‌های خون می‌شود. کاهش معنی‌دار در غلظت کل پروتئین و افزایش در غلظت پروتئین شوک حرارتی[۱] در بزها در طی تنش گرمایی گزارش شد که ممکن است ناشی از افزایش در حجم پلاسما در نتیجه شوک گرمایی باشد که می‌تواند سبب کاهش در غلظت کل پروتئین پلاسما گردد (۱۴). طولانی شدن مواجهه با آفتاب کل پروتئین پلاسما، آلبومین و گلوبولین را افزایش داد که این ممکن است ناشی از انقباض عروق و کاهش حجم پلاسما در طی تنش گرمایی باشد (۲۲).

تنش گرمایی و درجه حرارت بالای بدن می‌تواند به سد اپیتلیوم روده آسیب برساند. آسیب اپیتلیوم روده منجر به التهاب موضعی می‌شود، که بیشتر سبب اختلال اتصالات محکم می‌شود. در نهایت، تنش گرمایی نفوذپذیری به محتوای لومینال از جمله به باکتری، اجزای باکتریایی و سمومی مانند اندوتوکسین‌ها را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش غلظت لیپو پلی‌ساکارید[۲] در خون باب کبدی و عمومی می‌شود (۴۲). نشت محتویات لومینال به خون باب کبدی و در

1- Heat Shock Protein (HSP) 2 - Lipopolysaccharides (LPS)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

نهایت گردش خون عمومی سبب پاسخ التهابی می‌شود که می‌تواند اثرات مضر تنش گرمایی بر دام را افزایش دهد. تنش گرمایی می‌تواند منجر به تولید سیتوکین‌های پیش التهابی مانند اینترلوکین[1] یا فاکتور نکروز دهنده‌ی تومور آلفا[2] در گردش خون شود که التهاب را افزایش می‌دهد و در نهایت منجر به مقاومت به انسولین می‌شود (۴۲). سیتوکین‌ها، پپتیدها یا پروتئین‌هایی هستند که توسط سلول‌های سیستم ایمنی تولید و رها می‌شوند و واسطه‌ی تولید پاسخ‌های ایمنی هستند. در حالت کلی سیتوکین‌ها به دو دسته‌ی بزرگ پیش و ضد التهابی تقسیم می‌شوند. سیتوکین‌های پیش التهابی در ایجاد و پیشرفت التهاب دخیل هستند. سیتوکین‌هایی مانند اینترلوکین‌های ۶، ۱۸ و 1β از جمله سیتوکین‌های پیش التهابی هستند. سیتوکین‌های ضد التهابی در پاسخ به التهاب ترشح می‌شوند و عامل محدود کننده و معکوس کننده‌ی فرایند پیشرونده‌ی التهاب هستند. سیتوکین‌هایی مانند اینترلوکین‌های ۲، ۶ و ۱۰ در این دسته از سیتوکین‌ها قرار می‌گیرند (۳۲). پاسخ سلولی به افزایش نفوذپذیری روده طی تنش گرمایی، شامل فعال‌سازی عوامل شوک گرمایی، افزایش بیان پروتئین‌های شوک گرمایی، افزایش اکسیداسیون گلوکز و اسید آمینه، کاهش سوخت و ساز اسیدهای چرب، فعال‌سازی غدد و سیستم ایمنی از راه تراوش پروتئین شوک گرمایی می‌باشد (۱۳).

تنش گرمایی عملکرد سیستم ایمنی حیوان را تغییر و آن‌ها را به بیماری‌های عفونی حساس می‌کند. سیگنال تنش عمدتاً از طریق محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- آدرنال عمل کرده و پاسخ ایمنی را تضعیف می‌کند. در سیستم ایمنی، در حالی‌که تکثیر لنفوسیت‌ها وابسته به گلوتامین است، غلظت‌های درون سلولی آن پایین است (در مقابل بافت‌های دیگر، همچون ماهیچه و کبد) (۱۱). در گوسفند، چالش اندوتوکسین باعث افزایش جریان پلاسمایی گلوتامین می‌شود، که به‌دنبال آن غلظت پلاسمایی کاهش می‌یابد (۴۷). در یک پژوهش پاسخ‌ها به چالش ۲۴ ساعته ناشی از تزریق لیپو پلی‌ساکارید اشرشیاکلی (تزریق درون رگی دو نانوگرم در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن زنده) در گوسفند ره‌گیری شد. تغییرات سریع در غلظت‌های اسیدآمینه در پلاسما بین ساعت ۶ و ۲۰ به اثبات رسید. تحت این شرایط غلظت گلوتامین پلاسما تا ۲۴ درصد کاهش یافت (۱۱).

گلوتامین به‌عنوان فراوان‌ترین اسیدآمینه موجود در خون دارای نقش‌های آنابولیکی و تحریکی متفاوتی همچون ساخت پروتئین‌ها، افزایش تعادل نیتروژنی، تحریک سیستم ایمنی، اثرات آنابولیکی و ضد کاتابولیکی بر روی عضلات، تنظیم و تعدیل گلوکز از مسیر گلوکونئوژنز، تولید اسیدهای آمینه شاخه‌دار، راه‌اندازی مسیرهای ترانس آمیناسیون و دآمیناسیون و محرک ساخت پروتئین می‌باشد (۴۴). ثابت شده است که گلوتامین در بیوسنتز اسید نوکلئیک به‌منظور حمایت از تکثیر سلولی ضروری است (۴۴). در گوسفند، گلوتامین اثر حفاظتی خود را در مقابل اکسیداسیون کبدی اسید آمینه، به‌ویژه برای متیونین اعمال می‌کند. بدین ترتیب گلوتامین نقش آنابولیک خود را اعمال می‌کند زیرا متیونین در اغلب خوراک‌ها اولین اسیدآمینه محدودکننده است (۲۹). نشخوارکنندگان در تابستان به‌دلیل کمبود بافر شکمبه ناشی از تنش گرمایی، افزایش سرعت تنفس، آلکالوز تنفسی و غلظت پایین بی‌کربنات خون، در معرض خطر بیشتری برای اسیدوز هستند (۲۷). اسیدوز شکمبه به‌خودی خود می‌تواند عملکرد سد روده را مختل کند. در اسیدوز متابولیکی کلیه‌ها گلوتامین خون را به‌منظور تولید NH3 حذف کرده و H^+ به شکل $NH4^+$ دفع می‌شود، و بدین ترتیب یون بی‌کربنات تولید می‌شود. بنابراین برای حذف این بار اسیدی نیاز است تا گلوتامین به آسانی در دسترس کلیه ها قرار گیرد. قابلیت دسترسی گلوتامین با دفع آمونیاک محدود می‌شود، بنابراین گلوتامین در کنترل اسیدوز متابولیک نیز اهمیت دارد (۲۷).

شناسایی راهبردهای مدیریت تغذیه‌ای برای کاهش فوری حساسیت به تنش گرمایی بدون تأثیر منفی بر صفات تولیدی و سلامت دام بسیار ارزشمند خواهد بود. تاکنون توجه کمتری به مدیریت تنش گرمایی و اثرات نامطلوب تنش گرمایی در گوسفندان و بزها شده است. هدف از این پژوهش، بررسی اثرات افزودن اسید آمینه گلوتامین و سطح پروتئین قابل متابولیسم به عنوان ابزاری برای کاهش اثرات مضر تنش گرمایی بر سیستم ایمنی و شاخص‌های التهابی در دوره انتقال در میش داشتی آبستن و پاسخ‌های ایمنی بره های متولد شده می باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۲۰ رأس میش نژاد زل، همزمان‌سازی شده فحلی با روش اسفنج گذاری داخل واژنی و تلقیح شده همزمان، با سنین مشابه (۲ تا ۳ سال) به‌مدت ۲۱ روز در سه هفته پایانی آبستنی تحت تأثیر تنش گرمایی و چهار تیمار آزمایشی قرار گرفتند و اثر آن بر عملکرد سیستم ایمنی و شاخص‌های التهابی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش با دو سطح پروتئین قابل متابولیسم (برابر و ۱۰ درصد بیشتر از احتیاجات انجمن تحقیقات ملی (۳۹)) و دو سطح مکمل گلوتامین (صفر و یک درصد جیره) اجرا شد. گلوتامین به شکل L- گلوتامین به‌عنوان مکمل به‌صورت پودر مورد استفاده قرار گرفت. برای محافظت گلوتامین از تجزیه در شکمبه، گلوتامین با فرمالدهید یک درصد اسپری شد و برای ۷۲ ساعت در دمای اتاق خشک شد و باقیمانده فرمالدهید تبخیر شد (۵۱). احتیاجات انرژی قابل متابولیسم و پروتئین برای نگهداری و آبستنی با معادلات Cannas و همکاران (۲۰۰۴) برآورد شد (۱۰). آزمایش در مرداد ماه هنگامی‌که طی روز دمای محیط از ۳۰ درجه کاسته نخواهد شد (تحت تنش گرمایی) انجام شده است. متغیرهای محیطی دما و رطوبت نسبی در طی دوره آزمایش اندازه‌گیری و مقدار شاخص دمایی- رطوبتی (THI) مطابق معادله یوسف (۱۹۸۵) به شرح زیر محاسبه شد (۱۶):

$$THI = Tdb + (0.36 \times Tdp) + 41.2$$

که در این رابطه (Tdb) دمای خشک و (Tdp) دمای نقطه شبنم است. متغیرهای حرارتی محیطی دما، رطوبت نسبی در طول دوره مطالعه دارای محدوده ۲۴/۵ تا ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد و ۷۴/۱ تا ۸۴/۰ درصد است. دام‌ها در قفس‌های

1- Interleukin
2- Tumor Necrosis Factor Alpha (TNFα)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

انفرادی نگهداری و طی دو هفته به جایگاه و جیره عادت‌دهی شدند. جیره‌های آزمایشی براساس نرم افزار SRNS ورژن ۶۲۹۰ . ۹ . ۱ تنظیم و به‌صورت کاملاً مخلوط دو بار در روز در حد اشتها و به فاصله‌ی ۱۲ ساعت (۶:۰۰ صبح و ۶:۰۰ عصر) در اختیار دام‌ها قرار گرفت، همچنین آب به‌صورت آزاد همواره در اختیار دام‌ها قرار گرفت (جدول ۱). ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی و جیره‌ها شامل درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، عصاره اتری (۵)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۵۳)، با استفاده از آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). خون‌گیری به‌صورت هفتگی پیش از تغذیه صبح از همه میش‌ها به‌وسیله لوله‌های خلاء دارای هپارین (ونوجکت) با سرسوزن ۲۰ در حدود پنج میلی‌لیتر از سیاهرگ گردنی انجام شد و بلافاصله به‌داخل یخ منتقل شده تا نمونه‌های خون به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شوند. نمونه‌های خون در ۳۵۰۰ دور برای ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای به‌دست آوردن پلاسما سانتریفیوژ شدند. نمونه‌های پلاسمای جمع‌آوری شده تا زمان آنالیز در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند. فراسنجه‌های خونی شامل آلبومین و پروتئین کل پلاسما، آلکالین فسفاتاز و مالون دی آلدهید با کیت‌های مربوطه و با آنالایزر اتوماتیک اندازه‌گیری شدند. (۲۳). انسولین با استفاده از کیت‌های الایزا در دسترس تجاری و بر اساس پروتکل کیت (کیت‌های کمپانی رندوکس انگلستان) اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی پاسخ ایمنی و وضعیت التهاب عمومی، پس از تهیه گسترش خون و رنگ‌آمیزی شمارش تفریقی گلبول‌های سفید به صورت درصد انجام گرفت (۳۰). همچنین غلظت سیتوکین‌ها شامل اینترلوکین ۲، اینترلوکین ۶ و اینترلوکین ۱۰ با استفاده از کیت‌های الایزا مطابق با روش Caroprese و همکاران (۲۰۱۲) اندازه‌گیری شدند (۱۱). همچنین از کیت‌های الایزا مطابق با روش Caroprese و همکاران (۲۰۱۲) برای اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین G استفاده شد (۱۱).

این آزمایش به‌روش فاکتوریل ۲ در ۲ و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد.

سطوح فاکتور اول:

۱. برابر احتیاجات پروتئین انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۷)
۲. ۱۰ درصد بیشتر از احتیاجات پروتئین انجمن ملی تحقیقات (۲۰۰۷)

سطوح فاکتور دوم:

۱. بدون مکمل گلوتامین
۲. با مکمل گلوتامین (یک درصد جیره و یا ۰/۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز)

مدل آماری آزمایش:

$$Y_{ijk}=\mu+A_i+B_j+AB_{(ij)}+\varepsilon(ijk)$$

به‌طوری که: Y_{ijk} ارزش هر مشاهده در آزمایش؛ μ، میانگین؛ A_i، اثر فاکتور A؛ B_j، اثر فاکتور B؛ $(AB)_{ij}$، اثر متقابل دو فاکتور A و B و εijk اثر خطای آزمایشی است. آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد (۴۵) و همچنین مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد (۱۷).

نتایج و بحث

فراسنجه‌های خون

اثرات جیره‌های با سطوح مختلف پروتئین قابل متابولیسم و گلوتامین بر آلبومین، پروتئین کل و آلکالین فسفاتاز خون در جدول ۲ نشان داده شده است. اثرات تیمارها بر آلبومین خون در سه هفته، دو هفته و یک هفته مانده به زایش تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد، ولی به‌طور کلی سطح آلبومین خون در گروه تغذیه شده با تیمارهای دارای سطوح بالاتر پروتئین و گلوتامین بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد دارای کمترین سطح آلبومین بود. در روز زایش، سطح آلبومین خون در سطوح مختلف پروتئین تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی مکمل گلوتامین به‌طور معنی‌داری آن را افزایش داد و بیشترین مقدار آلبومین در تیمارهای دارای گلوتامین و گلوتامین به اضافه سطح بالاتر پروتئین مشاهده شد (P=۰/۰۰۲۴).

در یک هفته پس از زایش، اثر تیمارها بر آلبومین معنی‌دار بود. به‌طوری که مصرف گلوتامین باعث افزایش غلظت آلبومین خون شد (P<۰/۰۰۰۱). هم‌چنین افزایش سطح پروتئین تأثیر معنی‌داری بر افزایش آلبومین داشت (P=۰/۰۰۰۴). در یک هفته پس از زایش، بیشترین مقدار آلبومین در تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین مشاهده شد. در اغلب مطالعات انجام گرفته، پروتئین کل در حیوانات تحت تأثیر تنش گرمایی افزایش یافته است (۱ و ۴۳). در حالی‌که Helal و همکاران (۲۰۱۰)، با مطالعه‌ای که بر نژاد بز بلدی تحت تنش گرمایی انجام دادند کاهش در پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین را مشاهده کردند (۲۲). در برخی دیگر از مطالعات انجام شده با جیره های با پروتئین قابل متابولیسم[1] بالا پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند (۳). در حالی‌که، Houdijk و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند جیره‌های با پروتئین قابل متابولیسم بالا (۱۳۰ در مقابل ۸۵ درصد احتیاجات) مقدار پروتئین کل و آلبومین را به‌طور معنی‌داری در ۳ هفته پایانی آبستنی افزایش دادند، ولی مقدار گلوبولین تغییری نکرد (۲۴).

غلظت آلبومین از عوامل اصلی در حفظ کارکردهایی همچون تنظیم فشار اسمزی، جابجایی مواد مغذی و آنزیم‌ها است. با توجه به نقش سم‌زدایی آلبومین و توانایی باند شدن با اسیدهای چرب غیر استریفیه[2] علاوه بر بیلی روبین، غلظت بیشتر آلبومین در گاوهای تغذیه شده با مکمل گلوتامین ممکن است در کاهش التهاب در دوره پیش از زایش مؤثر باشد (۵۲). آلکالین فسفاتاز عملکردهای چند گانه عمومی در جذب چربی، حفاظت از عملکرد سد روده ای، تعیین ترکیب میکروبیوتا روده‌ای از طریق توانایی آن در دی فسفوریلات لیپو پلی‌ساکارید، مینرالیه کردن زیستی، تسهیل انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیر، فسفات و کلسیم به داخل سلول، نقش پیش فعال‌سازی در مقابله با حمله اندوتوکسین باکتریایی، سنتز نوروترانسمیترها، تنظیم رشد و آپوپتوسیز در جنین را دارد (۹). در خصوص آنزیم آلکالین فسفاتاز در هفته‌های سوم تا یک هفته پس از زایش در میان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

1- Metabolizable Protein (MP)

2- Non-esterified free fatty acids (NEFA)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

اثرات تیمارها بر هورمون انسولین در سه هفته و دو هفته مانده به زایش، تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). ولی به‌طور کلی سطح انسولین خون در گروه تغذیه‌شده با تیمارهای دارای سطوح بالاتر پروتئین و گلوتامین بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد دارای کمترین سطح انسولین بود. در یک هفته مانده به زایش، سطح انسولین خون در تیمار ۲ بیشترین و در تیمار شاهد کمترین مقدار بود (P=۰/۰۲۵۹). در حالی‌که افزایش سطح پروتئین تأثیر معنی‌داری بر افزایش انسولین نشان نداد. در روز زایش نیز سطح انسولین با افزایش سطح پروتئین و مکمل گلوتامین نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P=۰/۰۰۶۰). به‌طوری که کمترین مقدار تیمار شاهد و بیشترین مقدار در تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین مشاهده شد. در یک هفته پس از زایش مصرف گلوتامین انسولین خون را افزایش داد (P<۰/۰۰۰۱).

جدول ۱- درصد مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی میش آبستن

Table 1. Percentage of food ingredients and chemical composition of experimental diets for fattening lambs

جیره با۱۰درصد پروتئین بیشتر از سطح احتیاجات Diet with 10% more protein than the level of needs	جیره پایه با پروتئین در سطح احتیاجات Basic ration with protein at the level of needs	مواد خوراکی (درصد ماده خشک) Ingredients (% of DM)
25.30	23.50	یونجه خشک (Alfalfa hay)
20.88	22.59	کاه گندم (Wheat straw)
21.69	22.14	دانه جو (Barley grain)
19.43	22.14	دانه ذرت (Corn grain)
3.61	2.71	کنجاله سویا (Soybean meal)
7.68	5.51	سبوس گندم (Wheat bran)
0.45	0.45	کربنات کلسیم (Calcium Carbonate)
0.45	0.45	مکمل معدنی و ویتامینی[1] (Mineral and Vitamin premix)
0.50	0.50	نمک (Salt)
		ترکیب شیمیایی (درصد)
90.07	89.81	ماده خشک (Dray matter)
11.95	11.07	پروتئین خام (Crude protein)
3.19	3.63	چربی خام (Ether extract)
8.32	8.95	خاکستر (Ash)
46.01	45.54	الیاف نامحلول در شوینده خنثی (Neutral detergent fiber)
21.90	20.88	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (Acid detergent fiber)
30.53	30.81	کربوهیدرات غیر الیافی (Non fiber carbohydrates)
2.300	2.298	انرژی قابل متابولیسم (مگا کالری بر کیلوگرم) (Metabolizable energy (Mcal/kg))
2.54	2.54	انرژی قابل متابولیسم (مگاکالری در روز) (Metabolizable energy (Mcal/day))
94.00	85.00	پروتئین قابل متابولیسم (گرم در روز) (Metabolizable protein (g/d))

[1]یک کیلوگرم مکمل معدنی و ویتامینی دام شامل: ویتامین A (۵۰۰۰۰۰ واحد)، ویتامین D_3 (۱۰۰۰۰۰ واحد)، ویتامین E (۱۰۰ میلی‌گرم)، کلسیم (۱۹۶۰۰۰ میلی‌گرم)، فسفر (۹۰۰۰۰ میلی‌گرم)، سدیم (۷۱۰۰۰ میلی‌گرم)، آهن (۳۰۰۰ میلی‌گرم)، منگنز (۲۰۰۰ مبلی‌گرم)، منیزیم (۲۰۰۰ میلی‌گرم)، مس (۳۰۰ میلی‌گرم)، روی (۳۰۰۰ میلی‌گرم)، کبالت (۱۰۰ میلی‌گرم)، ید (۱۰۰ میلی‌گرم)، سلنیم (۱ میلی‌گرم)

[1]One kilogram of Mineral and Vitamin mix composition: vitamin A (500000 IU), Vitamin D_3 (100000 IU), Vitamin E (100 mg), Calcium (196000 mg), Phosphor (90000 mg), sodium (71000 mg), Iron (3000 mg), Manganese (2000 mg), Magnesium (2000 mg), Copper (300 mg), Zinc (3000 mg), Cobalt (100 mg), Iodine (100 mg), Selenium (1 mg)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

جدول ۲- اثر سطح پروتئین و مکمل گلوتامین بر برخی از فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن در وضعیت تنش گرمایی

Table 2. Effect of protein level and glutamine supplementation on some blood parameters of pregnant ewes in heat stress condition

سطح پروتئین (Protein level) / سطح گلوتامین (درصد جیره) (Glutamine Level) % / diet	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	احتمال معنی‌داری (P-value)			
	سطح پایه (Basal Level)		۱۰ درصد بالاتر (10 percent higher)			تیمار (Treatment)	سطح پروتئین (Protein Level)	گلوتامین (Glutamine)	سطح پروتئین× گلوتامین (Protein level × Glutamine)
	صفر (Zero)	یک (One)	صفر (Zero)	یک (One)					
آلبومین (گرم در دسی لیتر) (Albumin (g/dl))									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	3.05	3.27	3.30	3.25	0.172	0.8111	0.5580	0.6384	0.5580
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	3.12	3.55	3.45	3.67	0.196	0.3761	0.3298	0.1680	0.6597
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	3.40	3.65	3.50	3.75	0.157	0.6222	0.5405	0.2790	0.7121
روز زایش (day of parturition)	3.75^{b}	4.07^{ab}	3.80^{b}	4.30^{a}	0.046	0.0120	0.2262	0.0024	0.4327
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	3.40^{c}	4.25^{b}	4.05^{b}	4.55^{a}	0.037	<0.0001	0.0004	<0.0001	0.0958
پروتئین کل (گرم در دسی لیتر) (Total Protein (g/dl))									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	6.92	7.25	7.55	7.32	0.937	0.8352	0.4837	0.9195	0.5806
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	7.00	7.80	7.85	8.50	1.045	0.2803	0.1680	0.1675	0.9237
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	7.52	8.10	7.77	8.35	0.735	0.5629	0.5707	0.2047	1.0000
روز زایش (day of parturition)	8.37^{b}	9.17^{a}	8.45^{b}	9.62^{a}	0.204	0.0055	0.2681	0.0009	0.4230
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	7.75^{c}	9.55^{ab}	9.20^{b}	9.95^{a}	0.174	<0.0001	0.0008	<0.0001	0.0271
آلکالین فسفاتاز (واحد در لیتر) (Alkaline phosphatase (U/L))									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	58.00	59.00	54.00	61.00	11.165	0.8402	0.8608	0.4874	0.6008
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	63.00	64.00	66.00	61.50	11.507	0.9540	0.9661	0.7662	0.6413
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	67.00	64.50	68.50	65.50	11.354	0.9613	0.8294	0.6368	0.9656
روز زایش (day of parturition)	56.25	53.00	50.75	54.75	7.649	0.7674	0.6328	0.9235	0.3620
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	65.00	67.75	69.75	64.00	6.360	0.5823	0.8777	0.6456	0.2062

در هر سطر اعداد با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

In each row, the numbers with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

در یک هفته پس از زایش، بیشترین مقدار انسولین در تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

افزایش تقاضای انرژی همراه با کاهش مصرف خوراک در دوره خشکی شروع می‌شود که به‌دنبال آن بسیج چربی از ذخایر بدنی به شکل اسیدهای چرب غیر استریفیه برای تأمین احتیاجات انرژی اتفاق می افتد (۱۹). مقاومت به انسولین همراه با کاهش غلظت انسولین پلاسما در دوره پیش از زایش منجر به بالا رفتن غلظت اسیدهای چرب غیر استریفیه پلاسما و ذخیره چربی به داخل کبد می‌تواند سبب بروز عارضه کبد چرب و کتوزیس گردد (۱۹).

در طی دوره توازن منفی انرژی غلظت گلوکز، انسولین و فاکتور ۱ رشد مشابه انسولین کاهش می‌یابد (۱۹). Sporleder (۱۹۹۸) گزارش کرد که حساسیت به انسولین در گوسفند در اواخر آبستنی با کاهش نرخ تغییر و تبدیل[1] گلوکز و کاهش جذب (Intake) از طریق ماهیچه و بافت چربی کاهش می‌یابد (۵۰). به‌نظر می‌رسد مکمل‌سازی میش‌ها با گلوتامین محافظت شده تولید اسیدهای آمینه گلوکوژنیک به‌منظور فراهم کردن گلوکز در اواخر آبستنی را افزایش می‌دهد. افزایش غلظت گلوتامین پلاسما می‌تواند فعالیت ژن پروتئین کیناز mTOR را افزایش دهد. این پروتئین رشد، تمایز، زنده مانی و حرکت سلول و سنتز پروتئین درون سلولی را تنظیم می‌کند (۵۵). بنابراین افزایش غلظت خارج سلولی گلوتامین می‌تواند ساخت پروتئین را تحریک کرده و از تجزیهٔ پروتئین عضلات بدن جلوگیری نماید (۵۴). همچنین گلوتامین ممکن است افزایش تولید و تجمع پروتئین در بافت‌های بدن و رشد دام را از طریق تحریک ترشح هورمون‌های آنابولیکی مانند انسولین و جلوگیری از تولید گلوکوکورتیکوئیدها اعمال کند (۵۵).

اثرات تیمارها بر مالون دی آلدهید در سه هفته و دو هفته مانده به زایش، تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). در یک هفته مانده به زایش، سطح مالون دی آلدهید خون در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۲۰۲). در حالی که افزایش سطح پروتئین و اثر متقابل سطح پروتئین و گلوتامین اثر معنی‌داری بر افزایش مالون دی آلدهید نشان ندادند. در روز زایش، سطح مالون دی آلدهید خون در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۱۲۳). به‌طوری که بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین بود. در یک هفته پس از زایش نیز اثر تیمارها بر مالون دی آلدهید معنی‌دار بود (P=۰/۰۲۱۷). مکمل‌سازی گلوتامین مالون دی آلدهید خون را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (P=۰/۰۰۵۷). در حالی‌که افزایش سطح پروتئین تأثیر معنی‌داری بر کاهش مالون دی آلدهید نشان نداد. در یک هفته پس از زایش، بیشترین مقدار مالون دی آلدهید در تیمار شاهد و کمترین مقدار در تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین مشاهده شد.

در طی آبستنی، هم مادر و هم جنین در معرض تنش اکسیداتیو هستند که سطح رادیکال‌های آزاد در آن‌ها افزایش می‌یابد (۳۵). پراکسیداسیون چربی پدیده به‌شدت مخربی است و زمانی‌که گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) و رادیکال‌های آزاد به اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه در غشای زیستی حمله می‌کنند به وقوع می‌پیوندد. مالون دی آلدهید محصول نهایی پراکسیداسیون چربی است (۲۰). در مطالعه‌ای مهار پراکسیداسیون چربی به صورت تولید مالون دی آلدهید پایین‌تر در میش‌های تغذیه شده با بتائین مشاهده شد. مکمل بتائین در اواخر آبستنی مالون دی آلدهید را کاهش داد (۴۶).

رادیکال‌های آزاد اکسیژن شامل سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل است که در طی متابولیسم اکسیداتیو در دوره آبستنی تولید می‌شود (۳۵). گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دسموتاز و کاتالاز بخشی از سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی هستند که بافت‌ها را در مقابل تنش اکسیداتیو حفظ می‌کنند. سطح آنتی اکسیدانتی مناسب در طی پیش و پس از آبستنی برای کاهش مرگ جنین و بهبود زنده‌مانی بره‌های تازه متولد شده حیاتی است (۳۵). گلوتامین رونویسی ژن‌های مربوط به واکنش‌های آنتی اکسیدانتی در سلول‌های مختلف را تنظیم می‌کند (۵۴). به‌نظر می‌رسد که افزایش دسترسی به گلوتامین در روده و عبوری کردن آن برای جلوگیری از تخمیر آن در شکمبه می‌تواند اثر محافظتی بر اکسیداسیون متیونین و فینل‌آلانین در کبد داشته باشد. واضح است که افزایش دسترسی متیونین می‌تواند سطوح فیزیولوژیکی سیستئین را افزایش داده و سطح گروه‌های سولفیدریل (SH) را در پلاسما بالا ببرد. همچنین گلوتامین در ساختار گلوتاتیون پراکسیداز که یکی از عناصر مهم سازنده سیستم آنتی اکسیدانتی است نقش اساسی دارد. گلوتاتیون به‌طور عمده به صورت *de novo* در کبد از گلوتامات، گلیسین و سیستئین ساخته می‌شود. گلوتامین به عنوان پیش‌ساز گلوتامات و با جلوگیری کردن از اکسیداسیون متیونین می‌تواند اثرات مثبتی بر افزایش سیستئین داشته باشد (۵۱).

ایمونوگلوبولین G

اثرات تیمارها بر ایمونوگلوبولین G خون در ۲۱ روز مانده به زایش، تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). در حالی‌که دو هفته مانده به زایش، اثرات تیمارها معنی‌دار بود (P=۰/۰۴۴۷) به‌گونه‌ای که سطح ایمونوگلوبولین G خون در گروه تغذیه‌شده با تیمارهای دارای سطوح بالاتر پروتئین و گلوتامین بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد دارای کمترین سطح ایمونوگلوبولین G بود. یک هفته قبل از زایش، سطح ایمونوگلوبولین G خون در سطوح مختلف پروتئین تفاوت نداشت ولی مکمل گلوتامین آن را افزایش داد و بیشترین مقدار ایمونوگلوبولین G در تیمارهای ۲ و ۴ مشاهده شد (P=۰/۰۰۰۲). در روز زایش، اثرات تیمارها بر ایمونوگلوبولین G خون میش‌ها معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱). همچنین اثر سطح پروتئین و گلوتامین بر ایمونوگلوبولین G معنی‌دار بود.

1- Turnover

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

جدول۳- اثر سطح پروتئین و مکمل گلوتامین بر برخی از فراسنجه‌های خونی میش‌های آبستن در وضعیت تنش گرمایی

Table 3. Effect of protein level and glutamine supplementation on some blood parameters of pregnant ewes in heat stress condition

سطح پروتئین (Protein level) سطح گلوتامین (درصد جیره) (Glutamine Level)(% diet)	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	سطح معنی‌داری (P-value)			
	سطح پایه (Basal Level)		۱۰ درصد بالاتر (10 percent higher)			تیمار (Treatment)	سطح پروتئین (Protein Level)	گلوتامین (Glutamine)	سطح پروتئین× گلوتامین (Protein level × Glutamine)
	صفر (Zero)	یک (One)	صفر (Zero)	یک (One)					
انسولین (میکرو واحد در میلی لیتر) ((Insulin (µIU/ml)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	2.82	2.62	3.00	2.67	0.225	0.6854	0.6439	0.2903	0.7967
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	2.45	2.37	2.25	2.50	0.143	0.8049	0.8466	0.6529	0.4085
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	2.02^{b}	2.72^{a}	2.50^{a}	2.60^{a}	0.084	0.0259	0.2520	0.0176	0.0614
روز زایش (day of parturition)	1.60^{c}	3.35^{ab}	3.00^{b}	3.60^{a}	0.119	<0.0001	0.0004	<0.0001	0.0060
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	1.25^{b}	3.52^{a}	3.30^{a}	3.75^{a}	0.182	<0.0001	0.0002	<0.0001	0.0011
مالون دی آلدهید (نانومول در میلی لیتر) ((Malondialdehyde (nmol/ml)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	2.62	2.57	2.80	2.50	0.181	0.7840	0.8183	0.4270	0.5679
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	2.45	2.60	2.50	2.57	0.089	0.8868	0.9349	0.4672	0.8066
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	2.95^{a}	2.30^{bc}	2.80^{ab}	2.17^{c}	0.218	0.0202	0.4392	0.0030	0.9432
روز زایش (day of parturition)	2.15^{a}	1.80^{ab}	2.10^{ab}	1.52^{b}	0.141	0.0123	0.4045	0.0301	0.5608
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	2.22^{a}	1.57^{b}	1.87^{ab}	1.35^{b}	0.322	0.0217	0.1266	0.0057	0.7274

در هر سطر اعداد با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

In each row, the numbers with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

[DOI: 10.61186/rap.14.40.27] [DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

(به‌ترتیب P=۰/۰۰۵۳ و P<۰/۰۰۰۱). یک هفته پس از زایش، سطح ایمونوگلوبولین G خون با افزایش سطح پروتئین و مکمل گلوتامین نسبت به تیمار شاهد (تیمار۱) افزایش یافت (P=۰/۰۰۰۷).

ایمونوگلوبولین G آغوز بدست آمده از میش‌ها به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (P<۰/۰۰۰۱). همچنین اثر سطح گلوتامین و سطح پروتئین بر ایمونوگلوبولین G آغوز میش‌ها معنی‌دار بود (به‌ترتیب P<۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۳۶۶). اثرات تیمارها بر ایمونوگلوبولین G خون بره‌ها یک هفته پس از زایش معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱). به‌طوری که بره‌های متولد شده از میش‌های تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین دارای بیشترین مقدار ایمونوگلوبولین G در خون بودند. مکمل‌سازی گلوتامین در جیره میش‌ها ایمونوگلوبولین G خون بره‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (P<۰/۰۰۰۱). در حالی‌که افزایش سطح پروتئین تأثیر معنی‌داری بر افزایش ایمونوگلوبولین G بره ها نشان نداد. زمانی که دمای محیطی و رطوبت بالا می‌رود، سیستم غدد درون‌ریز گاو به سمت تعدیل آن گرایش پیدا می‌کند که برای این منظور اتلاف حرارتی افزایش می‌یابد. به‌ویژه کورتیزول و پرولاکتین به‌عنوان هورمون‌های مؤثر بر سیستم ایمنی می باشد که با تنش گرمایی افزایش می‌یابد (۱۳). Collier و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که پرولاکتین و کورتیزول مؤثر بر ژن‌های مسئول پاسخ ایمنی می‌باشند، به خصوص پروتئین شوک گرمایی که می‌تواند اثر منفی دماهای شدید بر سطح سلول را محدود کند (۱۳). بنابراین به دنبال تنش گرمایی عملکرد ایمنی به علت بر همکنش‌های بین سیستم اندوکرین و ایمنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تنش گرمایی به‌طور مستقیم بر عملکرد ایمنی طی دوره خشکی گاوها و متعاقباً پس از زایش تأثیر دارد. به عنوان مثال؛ عملکرد ایمنی اکتسابی همچون ظرفیت تکثیر لنفوسیت‌ها مستقیماً با تنش گرمایی سرکوب می‌شود. همچنین شواهد نشان می‌دهند که تنش گرمایی مستقیماً تولید آنتی‌بادی را کاهش می‌دهد (۳۳).

تنش گرمایی گاوها در انتهای دوره آبستنی، سبب می‌شود غلظت ایمونوگلوبولین گوساله‌ها در طول یک ماه اول زندگی کاهش یابد که همراه با اثرات منفی بر سلامتی و زنده مانی گوساله‌ها است (۲). مطالعات متعدد کاهش در غلظت ها ایمونوگلوبولین G را نشان داد زیرا جذب ایمونوگلوبولین G از کلستروم ضعیفتر شد (۳۳). بنابراین به نظر می رسد تنش گرمایی توانایی جذب ایمونوگلوبولین G را کاهش می‌دهد که می‌تواند به علت بسته شدن سریعتر منافذ روده ای باشد (۲). تنش گرمایی شدید غلظت ایمونوگلوبولین G و ایمونوگلوبولین A را در آغوز گاوهای پس از زایش نخست، به طرز چشمگیری کاهش داد. کاهش حرکت ایمنوگلوبولین G از جریان خون به سمت پستان گاو در شرایط تنش گرمایی، منجر به اختلال در واکنش ایمنی پلاسموسیت‌های غده‌ی پستان در فرایند ساخت ایمونوگلوبولین A می‌شود (۳۳). تنش گرمایی خیلی شدید می‌تواند بر توانایی گاو در تولید آغوز با کیفیت بالا و همچنین بر توانایی گوساله در جذب ایمونوگلوبولین G از آغوز اثر منفی داشته باشد (۲). تنش گرمایی، هورمون‌های گرمازای متابولیسم و سرکوب‌گر سیستم ایمنی همچون هورمون رشد و گلوکوکورتیکوییدها را کاهش می‌دهد (۱۳).

بره‌های تازه متولد شده دارای کمبود گاما گلوبولین می‌باشند. زیرا هیچ آنتی‌بادی از طریق جفت از مادر به جنین منتقل نمی‌شود. بنابراین، کاملاً وابسته به ایمنی غیرفعال به دست آمده از طریق مادر بعد از تولد می باشند که این ایمنی از طریق مصرف آغوز به‌دست می‌آید. ایمونوگلوبولین‌های آغوز به‌طور ویژه ایمونوگلوبولین G توانایی جذب از روده نوزادان را دارند که به این ترتیب مولکول‌های ایمونوگلوبولین بدون محدودیت عبور کرده و ایمنی غیرفعال بره‌های تازه متولد شده را فراهم می‌کند (۸). بنابراین ضروریست در اواخر آبستنی مقادیر کافی پروتئین از طریق جیره برای تولید آغوز با کیفیت بالا فراهم شود. تغذیه گوسفند آبستن کمتر از احتیاجاتش می‌تواند اثرات مخربی بر جنین و بره های تازه متولد شده و ذخیره چربی جنین که مورد استفاده بعد از تولد می باشد، تکامل و بازسازی پستان و تولید آغوز و شیر بگذارد (۱۸). در طی دو ماه پایانی آبستنی ۸۰ درصد رشد جنین اتفاق می‌افتد که منجر به افزایش معنی‌دار احتیاجات مواد مغذی در میش می‌گردد (۸). بنابراین، تغذیه مراحل پایانی آبستنی در گوسفند و بز یکی از فاکتورهای خیلی مهم مؤثر بر کیفیت بره پس از تولد است. در این آزمایش با افزودن مکمل گلوتامین و افزایش سطح پروتئین قابل متابولیسم نتایج قابل انتظار به‌دست آمد که در توافق با نتایج پژوهش Boucher (۲۰۱۴) بود.

Boucher (۲۰۱۴) گزارش کرد که احتیاجات مواد مغذی میش‌ها در طی اواخر آبستنی به‌علت افزایش رشد جنین به شدت افزایش می‌یابد (۸). موافق با این آزمایش Ocak و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند، در صورت تأمین مقادیر کافی پروتئین جیره در اواخر آبستنی میش‌ها، آغوز با کیفیت بالا تولید می‌شود (۴۰). در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که غلظت ایمونوگلوبولین G آغوز در میش‌های تغذیه شده با پودر ماهی بالاترین است. در حالی‌که غلظت ایمونوگلوبولین G قبل از زایمان تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت (۲۶). غلظت ایمونوگلوبولین G سرم پس از زایمان در میش‌های تغذیه شده با پودر ماهی نسبت به دیگر میش‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر بود و تیمار شاهد کمترین مقدار را داشت (۲۶).

O,Doherty و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که مکمل‌سازی جیره میش‌ها با منابع پروتئینی همچون کنجاله سویا در اواخر آبستنی تولید آغوز را تا ۱۸ ساعت پس از زایش افزایش می‌دهد (۴۱). در پژوهشی دیگر، مکمل‌سازی جیره میش‌ها با ترکیبی از پودر ماهی و سویای اکسترود شده غلظت ایمونوگلوبولین G را افزایش می‌دهد، که می‌تواند ناشی از بهبود پروفایل اسیدهای آمینه جیره باشد. ایمونوگلوبولین G عمده‌ترین ایمونوگلوبولین در آغوز می‌باشد و مسئول پاکسازی پاتوژن‌ها و حفاظت از نوزادان می‌باشد (۴۰).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

جدول ۴- اثر سطح پروتئین و مکمل گلوتامین بر ایمونوگلوبولین G میش‌های آبستن، بره های متولد شده و آغوز در وضعیت تنش گرمایی

Table 4. Effect of protein level and glutamine supplementation on immunoglobulin G of pregnant ewes, born lambs and colostrum in heat stress condition

سطح پروتئین (Protein level) / سطح گلوتامین (درصد جیره) (Glutamine Level (% diet	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	سطح معنی‌داری (P-value)			
	سطح پایه (Basal Level)		۱۰درصد بالاتر (10 percent higher)			تیمار (Treatment)	سطح پروتئین (Protein Level)	گلوتامین (Glutamine)	سطح پروتئین × گلوتامین (Protein level × Glutamine)
	صفر (Zero)	یک (One)	صفر (Zero)	یک (One)					
IgG میش آبستن (نانوگرم در میلی لیتر) ((pregnant ewe IgG (ng/ml)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	3.27	3.36	3.62	3.22	0.1760	0.5584	0.6136	0.4638	0.2726
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	3.36^{b}	4.13^{ab}	4.22^{a}	4.56^{a}	0.285	0.0447	0.0312	0.0593	0.4390
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	4.54^{b}	6.08^{a}	4.98^{b}	6.10^{a}	0.159	0.0002	0.2619	<0.0001	0.3026
روز زایش (day of parturition)	5.33^{c}	7.59^{a}	6.58^{b}	7.76^{a}	0.176	<0.0001	0.0053	<0.0001	0.0243
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	5.52^{c}	7.81^{a}	6.81^{b}	7.71^{a}	0.385	0.0007	0.0788	0.0003	0.0446
IgG بره های متولد شده (نانوگرم در میلی لیتر) ((IgG of born lambs (ng/ml)									
یک هفته بعد از تولد (A week after birth)	3.65^{b}	5.08^{a}	3.45^{b}	5.20^{a}	0.161	<0.0001	0.8454	<0.0001	0.4480
IgG آغوز (نانوگرم در میلی لیتر) ((Colostrum IgG (ng/ml)									
تا ۱۲ ساعت پس از زایش Up to 12 hours after parturition	3.40^{c}	4.35^{b}	3.51^{c}	4.76^{a}	0.048	<0.0001	0.0366	<0.0001	0.2029

در هر سطر اعداد با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

In each row, the numbers with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

[DOI: 10.61186/rap.14.40.27] [DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6] [Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]

گلبول‌های سفید خون

ال گلوتامین در تمایز سلول‌های B به سلول‌های تولید کنندهٔ آنتی‌بادی نقش دارد، با افزایش سطح گلوتامین تولید آنتی‌بادی علیه آنتی‌ژن افزایش می یابد؛ که با نتایج پژوهش حاضر هماهنگ است. از آنجایی که بیان ایمونوگلوبین‌هایG و A وابسته به سلول T یاریگر[1] هستند و گلوتامین تعداد سلول‌های Th را افزایش می‌دهد، بنابراین انتظار بر این است که گلوتامین غلظت ایمونوگلوبین‌های G و A را افزایش دهد (۵۴).

گاوهای شیری پرتولید به‌ویژه در دوره انتقالی بیش از یک کیلوگرم پروتئین شیر در روز تولید می‌کنند که بیش از ۳۰ درصد جریان پروتئینی پلاسما است (۷). توازن منفی انرژی و پروتئین در طی دوره انتقالی در گاوهای شیری سبب می‌شود که گاوها شرایط التهابی را تجربه کنند و پاسخ‌های ایمنی عمومی همچون ایمنی ذاتی (فاگوسیتوز) و اکتسابی (ترشح ایمونوگلوبین) و پاسخ فاز حاد فعال می‌شود (۴). احتیاجات اسیدهای آمینه برای ساخت پروتئین به ویژه گلوتامین و فنیل آلانین در پاسخ فاز حاد افزایش می‌یابد (۷).

در طی دوره انتقالی، معمولاً سرکوب سیستم ایمنی اتفاق می‌افتد و دام‌ها حساسیت بیشتری به برخی از بیماری‌ها نشان می‌دهند. تعدادی از اجزا و عملکرد سیستم دفاعی میزبان همچون عملکرد نوتروفیل‌ها، حساسیت لنفوسیت‌ها به تحریک میتوژن، پاسخ‌های آنتی‌بادی و تولید سیتوکین‌ها توسط سلول‌های ایمنی در طی این دوره تغییر می‌کنند (۴۸). عملکرد ناقص نوتروفیل پیش از زایمان منجر به وقوع ورم پستان، عفونت رحمی و جفت ماندگی در گاوهای شیری می‌شود (۲۱). با افزایش استفاده از NADPH در تنش اکسیداتیو، توانایی نوتروفیل‌ها برای تخریب میکروب‌ها کاهش می‌یابد و سیستم ایمنی سرکوب می‌شود (۲۱).

اثرات تیمارها بر تعداد گلبول‌های سفید خون در سه هفته و دو هفته قبل از زایش تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۵). در حالی‌که یک هفته مانده به زایش، اثرات تیمارها معنی‌دار بود (P=۰/۰۱۱۸) به‌گونه‌ای که تعداد گلبول‌های سفید خون در گروه تغذیه‌شده با تیمار دارای سطوح بالاتر پروتئین و گلوتامین بیشترین و در تیمار شاهد دارای کمترین تعداد بود. در روز زایش، اثرات تیمارها بر گلبول‌های سفید خون میش‌ها معنی‌دار بود (P=۰/۰۱۷۳). اثر سطح پروتئین و گلوتامین بر درصد نوتروفیل در سه هفته و دو هفته قبل از زایش معنی‌دار نبود. در حالی که یک هفته مانده به زایش اثرات تیمارها معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۱۳). به‌گونه‌ای که سطح نوتروفیل خون در تیمار دارای ۱ درصد گلوتامین کمترین مقدار و در تیمار شاهد دارای بیشترین سطح نوتروفیل بود. یک هفته قبل از زایش، سطح نوتروفیل خون در سطوح مختلف پروتئین تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی مکمل گلوتامین آن را کاهش داد (P=۰/۰۰۰۳). در روز زایش، بیشترین مقدار نوتروفیل در تیمار شاهد و کمترین مقدار نوتروفیل در تیمار دارای ۱ درصد گلوتامین مشاهده شد (P=۰/۰۰۰۵). همچنین اثر سطح گلوتامین و اثرات متقابل بر نوتروفیل میش‌ها معنی‌دار بود (به‌ترتیب P=۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۳۱۳). در یک هفته پس از زایش نیز اثر تیمارها بر سطح نوتروفیل معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰۵). مکمل‌سازی گلوتامین نوتروفیل خون را کاهش داد (P=۰/۰۰۰۱).

اثرات تیمارها بر درصد لنفوسیت خون در سه هفته و دو هفته مانده به زایش تفاوت‌های معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۵). در حالی‌که در یک هفته مانده به زایش، سطح لنفوسیت خون در گروه تغذیه‌شده با مکمل گلوتامین بیشترین مقدار بود و تیمار شاهد دارای کمترین سطح لنفوسیت بود (P<۰/۰۰۰۱). در روز زایش، سطح لنفوسیت خون در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت (P=۰/۰۰۰۱). در حالی‌که افزایش سطح پروتئین تأثیر معنی‌داری بر افزایش لنفوسیت نشان نداد، ولی مکمل‌سازی گلوتامین و اثرات متقابل سطح پروتئین و گلوتامین به‌طور معنی‌داری سهم لنفوسیت در گلبول‌های سفید را افزایش داد (به‌ترتیب P<۰/۰۰۰۱ و P=۰/۰۰۴۵). در یک هفته پس از زایش، سهم لنفوسیت با افزایش سطح پروتئین و مکمل گلوتامین نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (به‌ترتیب P=۰/۰۰۴۵ و P=۰/۰۰۰۳). به‌طوری که کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین بود. این نتایج موافق با مطالعات Wu و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد. آنها بیان کردند که مکمل سازی گلوتامین در جیره بره‌های پرواری وزن طحال، تیموس و روده کوچک (اندام‌های ایمنی‌زا) را افزایش داد. همچنین تکثیر و فعالیت لنفوسیت‌های B و T و تعداد کل گلبول‌های سفید خون نیز افزایش یافت (۵۵). سهم ائوزنوفیل‌ها در گلبول‌های سفید خون در دوره‌های قبل از زایش، روز زایش و پس از زایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت.

تنش ممکن است اثرهای دو جانبه بر پاسخ ایمنی داشته باشد. تنش کوتاه مدت ممکن است تعدیل کننده و یا افزاینده پاسخ ایمنی باشد، اما تنش بلند مدت می‌تواند سرکوب کننده ایمنی باشد. بنابراین، پاسخ ایمنی یک جانور به تنش به نوع تنش ایجاد شده وابسته است (کوتاه مدت در برابر بلند مدت). در تنش کوتاه مدت، هورمون‌های مرتبط با آغاز پاسخ سیستم ایمنی با شیوه‌ای که بالقوه برای مقابله با تهاجم عوامل بیماری‌زا و به دنبال آن عفونت آماده می‌شوند، آزاد می‌شوند، اما در تنش بلند مدت اثر هورمون‌های تنش بر سیستم ایمنی، دیگر اولیه و مقدماتی نیست، بلکه از نوع سرکوب کننده است که ابتدا در سطح سلولی و در نهایت در کل سیستم ایمنی بدن رخ می‌دهد (۵۷).

تنش گرمایی اثرات منفی بر مهاجرت لکوسیت‌ها به داخل غده پستانی دارد. زمانی که گاوهای شیری در معرض دما و رطوبت بالا قرار می‌گیرند (THI بالا)، تعداد لکوسیت‌ها کاهش می‌یابد. همچنین سیتوکین‌های در چرخه شامل فاکتور نکروز دهنده‌ی تومور آلفا و اینترلوکین ۱۰ نیز کاهش می‌یابد (۵۷). میش‌های شیرده تحت تنش گرمایی تعداد لکوسیت کمتری دارند و بار میکروبی در شیرشان افزایش می‌یابد با قرارگیری دام در معرض دمای محیطی بالا، هم اندام‌های لیمفوییدی اولیه و هم اندام‌های لیمفوییدی ثانویه دچار

1 T helper cells (Th)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

کاهش وزن می‌شوند، الگوی لکوسیت‌های گردش خون اثر منفی می‌پذیرد، سلول‌های T ی $CD4^+$ و $CD8^+$ در خون کاهش می‌یابند، همچنین، کاهش پاسخ‌های آنتی‌بادی نیز مشاهده شده است (۳۵).

مطالعات *in vitro* نشان داده است که گلوتامین می‌تواند حدود ۳۸ درصد انرژی قابل متابولیسم برای ماکروفاژها را فراهم کند (۳۶). شواهد دیگر نشان می‌دهند که پاسخ تکثیر لنفوسیت‌های خرگوش، موش و انسان به میتوژنز بستگی به دسترسی گلوتامین دارد (۱۲).

پاسخ سلول‌های خونی به پروتئین قابل متابولیسم چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. Houdijk و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که افزایش غلظت پروتئین قابل متابولیسم (از ۸۵ به ۱۳۰ درصد احتیاجات) در طی اواخر آبستنی ایمنی بر علیه پارازیت‌ها را افزایش داد (۲۴). Nonnecke و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند زمانی‌که در گوساله‌های شیرخوار از جایگزین شیر با ۳۰ درصد پروتئین خام و ۲۰ درصد چربی خام به میزان ۲/۴ درصد وزن بدن استفاده کردند، هیچ تفاوت معنی‌داری در تعداد کل لکوسیت‌های خون و جمعیت لکوسیت‌های تک هسته‌ای و ایمونوگلوبولین M مشاهده نکردند (۳۸).

پژوهش‌های بیشماری نشان داد که تنش اکسیداتیو ناشی از تنش گرما، می‌تواند سبب آسیب DNA، مرگ برنامه‌ریزی شده سلول و التهاب شود (۳۵، ۳۷، ۴۸ و ۵۱). لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها مقدار بالای استفاده از گلوتامین را دارند. برای لنفوسیت‌ها، گلوتامین جهت تکثیر سلولی و برای ماکروفاژها، جهت ساخت mRNA به منظور تولید پروتئین‌های ترشحی، پیام‌رسان‌های پپتیدی و گیرنده‌های پروتئینی مورد نیاز می‌باشد. گلوتامین پیش‌ساز شناخته شده در ساخت پورین و پیریمیدین است که به سرعت مورد نیاز است وقتی که لنفوسیت‌ها یا ماکروفاژها فعال می‌شوند. در گوسفند، چالش اندوتوکسین، جریان پلاسمایی گلوتامین را افزایش می‌دهد. در همان زمان، هر دو انباشت گلوتامات و مقدار جزئی ساخت پروتئین درون لنفوسیت‌ها افزایش می‌یابد (۲۹).

پژوهش‌های آزمایشگاهی و *in vivo* مشخص کرده‌اند که گلوتامین یک ماده مغذی اساسی برای تکثیر لنفوسیت‌ها و تولید سیتوکین‌ها، فعالیت‌های ترشحی و فاگوسیتیک ماکروفاژ و کشتن باکتری‌ها توسط نوتروفیل است (۴۷). گلوتامین یک محرک ایمنی قوی است و محرومیت گلوتامین سبب کاهش تکثیر لنفوسیت‌ها، وادارکردن بیان مارکرهای فعال‌سازی در لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها، تأثیر بر تولید سیتوکین‌ها و تحریک مرگ برنامه‌ریزی شده سلول می‌شود.

گلوکز منبع اصلی برای وجود و تولید ROS و اندوسیتوز برای نوتروفیل‌ها است. به هرحال، به عنوان یک متابولیت انرژی، گلوکز تنها منبع انرژی این سلول‌ها نیست. جالب اینجاست که نوتروفیل‌ها نسبت به سایر لکوسیت‌ها مانند لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها از گلوتامین بیشتری استفاده می‌کنند (۱۱). در نوتروفیل‌ها، بیشتر گلوتامین از راه چرخه کربس به آسپارتات، گلوتامات و لاکتات تبدیل می‌شود. گلوتامین و گلوتامات برای عملکرد مناسب لکوسیت‌ها و تولید ترکیبات حیاتی از جمله گلوتاتیون (GSH) و متابولیسم آن در شرایط مطلوب نقش اساسی دارند. نوتروفیل‌ها از پروتئین‌های ساختاری استفاده می‌کنند که دارای کروماتین و عوامل ضد میکروبی موسوم به تله‌های خارج سلولی نوتروفیل (NET) هستند.

به‌علاوه، گلوتامین توسط ماکروفاژها برای تولید آرژنین و به تبع آن، ساخت نیتریک اکساید از راه فعالیت آنزیم القاکننده ساخت نیتریک اکساید (iNOS) با استفاده از NADPH، به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌شود. نیتریک اکساید یک واسطه قدرتمند در ایمنی ذاتی و اکتسابی است (۱۵). در نوتروفیل، گلوتامین با فعالیت NADPH اکسیداز تولید سوپر اکسید را تقویت می‌کند. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که متابولیسم گلوتامین نقش مهمی در فعال شدن لنفوسیت‌ها دارد. برای انجام فعالیت سریع تکثیر تا مقداری مشخص، فعالیت لنفوسیت‌ها از فسفوریلاسیون اکسیداتیو به گلیکولیز (هوازی) و گلوتامینولیز تغییر می‌کند و بنابراین، به‌طور قابل توجهی مصرف گلوتامین و گلوکز را بالا می‌برند. متابولیت‌های مختلف چرخه کربس، که در طی متابولیسم گلوتامین و گلوکز تولید می‌شوند، مانند سیترات، فومارات و سوکسینات، در کنترل التهاب و ایمنی در هر دو ایمنی اکتسابی و ذاتی شرکت می‌کنند (۳۱).

شاخص‌های التهابی

التهاب یکی از نشانه‌ها و اولین پاسخ سیستم ایمنی بدن به عفونت است. التهاب موضعی که در محل عفونت ایجاد می‌شود، پاسخ فاز حاد را ایجاد می‌کند. این امر با انتشار سیتوکین‌های التهابی، به ویژه اینترلوکین ۱، اینترلوکین ۶ و فاکتور نکروز دهنده‌ی تومور آلفا از ماکروفاژ یا مونوسیت‌های خون در محل ضایعات التهابی یا عفونت ایجاد می‌شود. عفونت‌های باکتریایی می‌توانند پاسخ التهابی را با اتصال به گیرنده‌های سیستم ایمنی ذاتی ایجاد کنند (۳۴). سیتوکین‌ها تنظیم کننده‌های اصلی پاسخ التهابی هستند. گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن به عنوان مولکول‌های پیام‌دهی که سبب تولید سیتوکین می‌شود، از راه فعال سازی مسیر NF-κB[1] عمل می‌کند. علاوه بر این، پیام‌دهی التهابی نیز توسط لیپو پلی‌ساکاریدها فعال می‌شود (۳۴). در جریان التهاب، میانجی‌های مختلفی توسط سلول‌های سیستم ایمنی، همانند سیتوکین‌های پیش التهابی مانند فاکتور نکروز دهنده‌ی تومور آلفا و اینترلوکین ۶ ترشح می‌شود که باعث تشدید پاسخ ایمنی می‌گردد.

در این پژوهش اثر افزودن گلوتامین و سطح پروتئین بر اینترلوکین ۲، ۶ و ۱۰ در سه و دو هفته پیش از زایش معنی‌دار نبود (جدول ۶). همچنین در یک هفته پیش از زایش اثرات تیمارها بر اینترلوکین ۲ و ۶ معنی‌دار نبود در حالی‌که اینترلوکین ۱۰ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (P=۰/۰۴۲۸). در روز زایش و یک هفته پس از زایش مقدار اینترلوکین ۲ به‌طور معنی‌داری با افزودن گلوتامین به جیره افزایش یافت (به‌ترتیب P=۰/۰۱۳۲ و P=۰/۰۱۳۸). به‌طوری که تیمار شاهد کمترین مقدار و تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین بیشترین مقدار اینترلوکین ۲ را داشتند.

۱- Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells (NF-κB)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

جدول ۵- اثر سطح پروتئین و مکمل گلوتامین بر انواع گلبول های سفید خون میش‌های آبستن در وضعیت تنش گرمایی

Table 5. Effect of protein level and glutamine supplementation on the types of white blood cells of pregnant ewes in heat stress condition

سطح پروتئین (Protein level) / سطح گلوتامین (درصد جیره) (Glutamine Level) (%) / diet	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	سطح معنی‌داری (P-value)			
	سطح پایه (Basal Level)		۱۰ درصد بالاتر (10 percent higher)			تیمار (Treatment)	سطح پروتئین (Protein Level)	گلوتامین (Glutamine)	سطح پروتئین× گلوتامین (Protein level × Glutamine)
	صفر (Zero)	یک (One)	صفر (Zero)	یک (One)					
گلبول های سفید (White blood cells (103/µl)) (۱۰۳/µL)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	6.95	7.57	6.82	7.37	1.367	0.7805	0.7858	0.3349	0.9499
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	7.10	8.30	7.07	8.15	1.926	0.4680	0.9018	0.1271	0.9297
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	7.42^{b}	9.20^{a}	7.67^{b}	9.37^{a}	0.721	0.0118	0.6260	0.0015	0.9311
روز زایش (day of parturition)	8.75^{b}	10.25^{a}	9.02^{b}	10.05^{a}	0.436	0.0173	0.9115	0.0024	0.4859
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	8.52	9.82	9.00	9.60	1.164	0.3544	0.8207	0.1037	0.5288
نوتروفیل (درصد) (Neutrophil (%)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	64.75	67.00	66.50	65.50	3.119	0.7436	0.9374	0.6956	0.3180
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	65.25	62.75	63.25	62.00	1.963	0.1670	0.1866	0.0803	0.5363
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	66.25^{a}	58.25^{b}	63.50^{a}	60.00^{b}	1.745	0.0013	0.6640	0.0003	0.0682
روز زایش (day of parturition)	62.25^{a}	54.00^{c}	58.75^{b}	55.50^{c}	2.051	0.0005	0.3488	0.0001	0.0313
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	63.25^{a}	55.50^{bc}	59.00^{b}	53.25^{c}	2.157	0.0005	0.0214	0.0001	0.4317
لنفوسیت (درصد) (lymphocyte (%)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	33.50	31.25	31.75	32.75	3.332	0.7790	0.9414	0.7141	0.3487
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	33.00	35.25	35.00	35.75	2.111	0.3170	0.2593	0.1808	0.4910
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	30.00^{c}	39.25^{a}	31.50^{c}	36.50^{b}	1.600	<0.0001	0.4500	<0.0001	0.0210
روز زایش (day of parturition)	34.25^{c}	42.00^{a}	38.50^{b}	40.50^{ab}	1.652	0.0001	0.1219	<0.0001	0.0045
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	33.50^{c}	41.50^{ab}	37.75^{b}	43.25^{a}	2.637	0.0010	0.0421	0.0003	0.3620
ائوزنوفیل (درصد) (Eosinophil (%)									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	1.75	1.75	1.75	1.75	0.583	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	1.50	1.75	1.50	1.75	0.625	0.9383	1.0000	0.5390	1.0000
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	3.75	3.25	4.00	3.75	2.520	0.9231	0.6451	0.6451	0.8775
روز زایش (day of parturition)	3.50	3.00	3.50	3.00	1.333	0.8598	1.0000	0.4035	1.0000
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	3.25	3.00	3.25	3.50	1.375	0.9458	0.6774	1.0000	0.6774

در هر سطر اعداد با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

In each row, the numbers with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

جدول ۶- اثر سطح پروتئین و مکمل گلوتامین بر فراسنجه‌های التهابی میش‌های آبستن در وضعیت تنش گرمایی

Table 6. Effect of protein level and glutamine supplementation on inflammatory parameters of pregnant ewes in heat stress condition

سطح پروتئین (Protein level) × سطح گلوتامین (درصد جیره) (Glutamine Level) % (diet)	تیمارها (Treatments)				خطای استاندارد میانگین (SEM)	سطح معنی‌داری (P-value)			
	سطح پایه (Basal Level)		۱۰درصد بالاتر (10 percent higher)			تیمار (Treatment)	سطح پروتئین (Protein Level)	گلوتامین (Glutamine)	سطح پروتئین × گلوتامین Protein level × Glutamine)
	صفر (Zero)	یک (ONE)	صفر (Zero)	یک (ONE)					
<u>اینترلوکین ۲ (نانوگرم در لیتر) (IL2 (ng/L))</u>									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	26.16	23.98	25.43	28.63	4.347	0.5169	0.3853	0.8180	0.2390
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	20.21	19.61	21.09	25.79	4.490	0.2489	0.1423	0.3790	0.2602
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	18.31	21.86	18.98	24.34	4.856	0.3173	0.5288	0.0916	0.7166
روز زایش (day of parturition)	12.87^{b}	15.11^{b}	13.79^{b}	19.79^{a}	2.837	0.0216	0.0716	0.0132	0.2107
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	15.74^{b}	20.35^{ab}	16.42^{a}	23.97^{a}	3.217	0.0586	0.3278	0.0138	0.4987
<u>اینترلوکین ۶ (نانوگرم در لیتر) (IL6 (ng/L))</u>									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	47.32	53.75	51.55	56.32	12.010	0.7535	0.5817	0.3695	0.8930
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	52.42	54.90	49.25	57.82	11.101	0.7346	0.9824	0.3392	0.5928
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	61.32	56.80	57.57	58.30	8.539	0.8840	0.7967	0.6643	0.5502
روز زایش (day of parturition)	81.40^{a}	61.60^{b}	67.40^{b}	64.20^{b}	6.993	0.0079	0.1290	0.0065	0.0352
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	71.42^{a}	49.45^{b}	56.05^{b}	46.42^{b}	7.639	0.0027	0.0330	0.0014	0.1319
<u>اینترلوکین ۱۰ (نانوگرم در لیتر) (IL10 (ng/L))</u>									
سه هفته قبل از زایش (3 weeks before parturition)	112.92	107.77	114.65	109.90	10.900	0.8129	0.7301	0.3816	0.9713
دو هفته قبل از زایش (2 weeks before parturition)	101.40	116.75	112.17	115.92	10.565	0.2032	0.3649	0.0958	0.2938
یک هفته قبل از زایش (1 weeks before parturition)	88.00^{b}	118.90^{a}	101.30^{ab}	105.50^{ab}	13.230	0.0428	0.9941	0.0211	0.0665
روز زایش (day of parturition)	77.70^{b}	95.50^{a}	86.60^{ab}	93.42^{a}	8.827	0.0573	0.4544	0.0164	0.2375
یک هفته بعد از زایش (1 weeks after parturition)	82.75^{b}	106.42^{a}	77.90^{b}	103.85^{a}	9.530	0.0019	0.4510	0.0002	0.8154

در هر سطر اعداد با حروف مشابه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

In each row, the numbers with the same letters are not significantly different at the 0.05 level.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

مطالعات Kew و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که تغذیه گلوتامین پاسخ اینترلوکین ۲ در موش را بهبود بخشید (۲۵). مقدار اینترلوکین ۶ در روز زایش و یک هفته پس از زایش با افزودن گلوتامین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (به‌ترتیب P=۰/۰۰۶۵ و P=۰/۰۰۱۴). به‌طوری که کمترین و بیشترین مقدار اینترلوکین ۶ به‌ترتیب در تیمار دارای گلوتامین و سطح بالاتر پروتئین و یک مشاهده شد. همچنین با افزایش سطح پروتئین قابل متابولیسم مقدار اینترلوکین ۱۰ در یک هفته پس از زایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P=۰/۰۳۳۰). Lin و همکاران (۲۰۰۵) توضیح دادند که سطح گلوتامین پلاسما همبستگی منفی با تولید اینترلوکین ۶ در بیماران تحت جراحی دارد. استفاده از گلوتامین توازن نیتروژن را بهبود بخشیده و اینترلوکین ۶ پلاسما را کاهش می‌دهد و بنابراین یک همبستگی منفی بین توازن مثبت نیتروژن و اینترلوکین ۶ پلاسما وجود دارد (۲۸). در مطالعه ای دیگر سنتز و ترشح اینترلوکین 1β و اینترلوکین ۶ در ماکروفاژهای احشایی خرگوش در معرض لیپو پلی‌ساکاریدها با افزودن گلوتامین افزایش می‌یابد (۵۶). اینترلوکین ۶ در برخی موارد اثرات ضدالتهابی دارد و باعث رهایی پروتئین‌های مرحله‌ی حاد از سلول‌های کبدی همانند CRP می‌شود. از طرفی دیگر بررسی‌ها نشان می‌دهد که به‌طور مستقیم در بیان ژن فاکتور نکروز دهنده‌ی تومور آلفا نقش ایفا می‌کند (۲۸).
تولید اینترلوکین ۱۰ یک هفته پس از زایش، روز زایش و یک هفته پس از زایش با افزودن گلوتامین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (به‌ترتیب P=۰/۰۲۱۱، P=۰/۰۱۶۴ و P=۰/۰۰۰۲) به‌طوری‌که تیمار شاهد کمترین و تیمار دارای ۱ درصد گلوتامین بیشترین سطح اینترلوکین ۱۰ را دارا بودند. سطح پروتئین و اثرات متقابل آن با گلوتامین بر اینترلوکین ۱۰ تأثیر معنی‌داری نداشت. تولید اینترلوکین ۱۰ از ماکروفاژها وابسته به حضور گلوتامین می‌باشد. بیان آنتی ژن ماکروفاژ مشتق شده از منوسیت و همچنین عملکرد آن تحت تأثیر گلوتامین قرار می‌گیرد (*in vitro*) (۴۹). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نیز تأیید کننده یافته‌های پیشین است. اینترلوکین ۱۰ سیتوکینی با چند عملکرد در تنظیم سیستم ایمنی و التهاب است. این اینترلوکین موجب کاهش بیان سیتوکین‌های لنفوسیت T کمک کننده (Th1) می‌شود. اینترلوکین ۱۰ همچنین موجب افزایش تکثیر و بقای لنفوسیت‌های B و تولید آنتی‌بادی می‌شود. اینترلوکین ۱۰ می‌تواند فعالیت NF-kB را مسدود کند (۵۷).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزودن سطح پروتئین قابل متابولیسم و افزودن اسید آمینه گلوتامین، صرف نظر از هزینه‌های تغذیه‌ای، به‌عنوان ابزاری برای کاهش اثرات مضر تنش گرمایی بر وضعیت سلامت میش‌های آبستن زل و بره‌های آن‌ها عمل می‌کند.

منابع

1. Al-Eissa, M.S., S. Alkahtani, S.A. Al-Farraj, S.A. Alarifi, B. Al-Dahmash and H. Al-Yahya. 2012. Seasonal variation effects on the composition of blood in Nubian ibex (Capra nubiana) in Saudi Arabia. African Journal of Biotechnology, 11: 1283-1286.
2. Ahmed, B.M.S., A.P.A. Monteiro, U. Younas, T.O. Asar, J-D. Liu, J. Hayen, S. Tao and G.E. Dahl. 2015. Maternal heat stress affects calf passive immunity: Effects on intestinal cell apoptosis. Journal of Dairy Science, 98 (Suppl. 2): 713. Abstract W268.
3. Amanlou, H., A. Karimi, E. Mahjoubi and C. Milis. 2011. Effects of supplementation with digestible undegradable protein in late pregnancy on ewe colostrum production and lamb output to weaning. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 95: 616-622.
4. Ametaj, B.N., B.J. Bradford, G. Bobe, R.A. Nafikov, Y. Lu, J.W. Young and D.C. Beitz. 2005. Strong relationships between mediators of the acute phase response and fatty liver in dairy cows. Canadian Journal of Animal Science, 85: 165-175.
5. AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC. Arumugam, R, Horowitz, E, Noland, RC, Lu, D, Fleenor, D, Freemark, M. 2010. Regulation of islet beta-cell pyruvate metabolism: interactions of prolactin, glucose, and dexamethasone. Endocrinology, 151: 3074-3083.
6. Baumgard, L.H. and R.P. Rhoads. 2013. Effects of heat stress on post-absorptive metabolism and energetics. Annual Review of Animal Bioscience, 1: 311-337.
7. Bequette, B.J., J.A. Metcalf, D. Wray-Cahen, F.R.C. Backwell, J.D. Sutton, M.A. Lomax, J.C. MacRae and G.E. Lobley. 1996. Leucine and protein metabolism in the lactating dairy cow mammary gland: responses to supplemental dietary crude protein intake. Journal of Dairy Research, 63: 209-222.
8. Boucher, Z. 2014. Breed and diet effects on ewe colostrum quality, lamb birth weight and the transfer of passive immunity. A dissertation submitted in partial fullfilment of the requirements. MS Thesis. Charles Sturt Univ., Wagga, Australia.
9. Buchet R., J.L. Millan and D Magne. 2013. Multisystemic functions of alkaline phosphatases. pp: 27-51 in Phosphatase Modulators. J. Millan, Ed. Humana Press, Totowa, New Jersey.
10. Cannas, A., L.O. Tedeschi, D.G. Fox, A.N. Pell and P.G. Van Soest. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. Journal of Animal Science, 82:149-169.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

11. Caroprese, M., M. Albenzio, R. Marino, A. Santillo and A. Sevi. 2012. Immune response and milk production of dairy cows fed graded levels of rumen-protected glutamine. Research Veterinary Science, 93: 202-209.
12. Chang W.K., K.D Yang and M.F. Shaio. 1999b. Lymphocyte proliferation modulated by glutamine: involved in the endogenous redox reaction. Clinical and Experimental Immunology, 117: 482-488.
13. Collier, R.J., J.L. Collier, R.P. Rhoads and L.H. Baumgard. 2008. Invited review: genes involved in the bovine heat stress response. Journal of Dairy Science, 91: 445-454.
14. Dangi, S.S., M. Gupta, D. Maurya, V.P. Yadav, R.P. Panda, G. Singh, N.H. Mohan, S.K. Bhure, B.C. Das, S. Bag, R.K. Mahapatra and M. Sarkar. 2012. Expression Profile of HSP genes during different seasons in goats (Capra hircus). Tropical Animal Health and Production, 44: 1905-1912.
15. Delgado, R., R. Abad-Guamán, N. Nicodemus, A. Diaz-Perales, J. García, R. Carabano and D. Menoyo. 2019. Effect of pre- and post-weaning dietary supplementation with arginine and glutamine on rabbit performance and intestinal health. BMC Veterinary Research, 15:199.
16. Dikmen S. and P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? Journal of Dairy Science, 92:109-116.
17. Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple "F" test. Biometrics, 11: 1-12.
18. Gao, F., X.Z. Hou, Y.C. Liu, S.Q. Wu and C.J. Ao. 2008. Effect of maternal under-nutrition during late pregnancy on lamb birth weight. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 21:371-375.
19. Gordon, J.L., S.T. LeBlanc and T.F. Duffield. 2013. Ketosis treatment in lactating dairy cattle. Veterinary Clinics North America- Food Animal Practice, 29: 433-445.
20. Halliwell B. and S. Chirico. 1993. Lipid peroxidation: Its mechanism, measurement, and significance. The American Journal of Clinical Nutrition, 57: 715-724.
21. Hammon, D.S., I.M. Evjen, T.R. Dhiman and J.P. Goff. 2006. Neutrophil function and energy status in Holsteins cows with uterine health disorders. Veterinary Immunology and Immunopathology, 113: 21-29.
22. Helal A., A.L.S. Hashem, M.S. Abdel- Fattah and H.M. El- Shaer. 2010. Effects of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. Amer. Euras. Journal of Agriculture and Environmental Science, 7: 60-69.
23. Huntington, G.B., C.K. Reynolds and B.H. Stroud. 1989. Techniques for measuring blood flow in splanchnic tissues of cattle. Journal of Dairy Science, 72: 1583-1595.
24. Houdijk, J.G.M., I. Kyriazakis, F. Jackson, J.F. Huntley and R.L. Coop. 2000. Can an increased intake of metabolizable protein affect the periparturient relaxation in immunity against Teladorsagia circumcincta in sheep. Veterinary Parasitology, 91:43-62.
25. Kew, S., S. Wells, P. Yaqoob, F.A. Wallace, E.A. Miles and P.C. Calder. 1999. Dietary glutamine enhances murine T-lymphocyte responsiveness. Journal of Nutrition, 129: 1524-1531.
26. Koushki, R., H. Mansoori Yarahmadi, M. Khaldari, J. Fakhraei and K. Karkoodi. 2019. Milk Yield and Blood Metabolite Profile in Late Pregnancy in Lori Ewes Receiving Diets Containing Undegradable Protein Sources. Iranian Journal of Applied Animal Science, 9(4):643-650.
27. Krause, K.M., R. Garrett and G.R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds. Animal Feed Science Technology, 126: 215-236.
28. Lin, M.T., S.P. Kung, S.L. Yeh, K.Y. Liaw, M.Y. Wang, M.L. Kuo, P.H. Lee and W.J. Chen 2005. Glutamine-supplemented total parenteral nutrition attenuates plasma interleukin-6 in surgical patients with lower disease severity. World Journal of Gastroenterology, 11(39): 6197-6201.
29. Lobley, G.E., S.O. Hoskin and C.J. McNeil. 2001. Glutamine in Animal Science and Production. Journal of Nutrition, 131: 2525-2531.
30. Lucas, A.M. and C. Jamroz. 1961. Atlas of Avian Hematology. Atlas of Avian Hematology.Agriculture Monograph 25. USDA, Washington, DC. 362 p.
31. Mills, E.L., B. Kelly and L.A. O'Neill. 2017. Mitochondria are the powerhouses of immunity. Nature Immunology, 18: 488.
32. Mogharnasi, M., A.A. D. Gaeini and Sheikholeslami Vatani. Comparing the Effects of Two Training Methods of Aerobic and Anaerobic on some Pre-Inflammatory Cytokines in Adult Male Rats. 2009. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism, 11: 191-198.
33. Monteiro, A.P.A., S. Tao, I.M. Thompson and G.E. Dahl. 2014. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: isolation of altered colostral and calf factors. Journal of Dairy Science, 97: 6426-6439.
34. Montilla, R. and I. Sandra. 2013. The effects of heat stress in redox balance and inflammatory signaling in porcine skeletal muscle. Graduate Theses and Dissertations. 13583.
35. Mutinati, M., M. Piccinno, M. Roncetti, D. Campanile, A. Rizzo and R. Sciorsci. 2013. Oxidative stress during pregnancy in the sheep. Reproduction in Domestic Animals, 48: 353-357.
36. Newsholme, E.A. and Parry-Billings, M. 1990. Properties of glutamine release from muscle and its importance for the immune system. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 14: 63S-67S.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]

37. Nisar, A., M. Sultana and H. Ashraf. 2013. Oxidative stress-threat to animal health and production. International Journal of Livestock Research, 3: 76-83.
38. Nonnecke, B.J., M.R. Foote, J.M. Smith, B.A. Pesch and M.E. Van Am-burgh. 2003. Composition and functional capacity of blood mononuclear leukocyte populations from neonatal calves on standard and intensified milk replacer diets. Journal of Dairy Science, 86: 3592-3604.
39. NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids, and new world camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
40. Ocak, N., M.A. Cam and M. Kuran. 2005. The effect of high dietary protein levels during late gestation on colostrum yield and lamb survival rate in singleton-bearing ewes. Small Ruminant Research, 56: 89-94.
41. O'Doherty, J.V., P. Nowakowski and T.F. Crosby. 1998. The effects of feeding grass silage and molasses sugar beet pulp separately or as an ensiled mixture to twin bearing ewes. Journal of Agricultural Science and Technology, 130: 217-227.
42. Pearce, S.C., V. Mani, R.L. Boddicker, J.S. Johnson, T.E. Weber, J.W. Ross, R.P. Rhoads, L.H. Baumgard and N.K. Gabler. 2013b. Heat stress reduces intestinal barrier integrity and favors intestinal glucose transport in growing pigs. Plos One, 8: E70215.
43. Ribeiro, M.N., N.L. Ribeiro, R. Bozzi and R.G. Costa. 2018. Physiological and biochemical blood variables of goats subjected to heat stress. Journal of Applied Animal Research, 46 (1):1036-1041.
44. Roth E. 2008. Nonnutritive Effects of Glutamine. Journal of Nutrition, 138: 2025S–2031S. 2011.
45. SAS (2003). SAS Users Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
46. Sahraei, H.R., A. Kiani, A. Azarfar and H. Khamisabadi. 2020. Effect of Late Gestational Betaine Supplementation on Intermediate Metabolites, Homocysteine and Lipid Peroxidation in Pregnant Ewes and Their Offspring. Iranian Journal of Applied Animal Science, 10(3): 483-489.
47. Shah, A.M., Z. Wang and J. Ma. 2020. Glutamine Metabolism and its role in immunity, a Comprehensive Review. Animals, 10: 326.
48. Sordillo, L.M. and S.L. Aitken. 2009. Impact of Oxidative Stress on the Health and Immune Function of Dairy Cattle. Veterinary Immunology and Immunopathology, 128: 104-109.
49. Spittler, A., S. Winkler, P. Gotzinger, R. Oehler, M. Willheim, C. Tempfer, G. Weigel, R. Fugger, G. Boltz-Nitulescu and E. Roth. 1995. Influence of glutamine on the phenotype and function of human monocytes. Blood, 86: 1564-1569.
50. Sporleder, H.P. 1998. Insulin stimulated glucose metabolism in sheep in different states of reproduction the role of potassium and calcium. MS Thesis. University of Veterinary Medicine Hanover, Hanover, Germany.
51. Tanha, T., H. Amanlou, M. Chamani, Y. Ebrahimnezhad, R. Salamatdost, N. Maheri and M. Fathi. 2013. Impact of glutamine on glutathione peroxidase activity (GPX) and total antioxidant status (TAS) during transition period in Holstein dairy cows. Journal of Cell and Animal Biology, 5: 206-214.
52. Van der Vusse, G.J. 2009. Albumin as fatty acid transporter. Drug Metabolism and Pharmacokinetics, 24: 300-307.
53. Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lews. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch poly sacharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.
54. Wu, G., F.W. Bazer, R.C. Burghardt, G.A. Johnson, S.W. Kim, X.L. Li, M.C. Satterfield and T.E. Spencer. 2010. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: mechanisms and implications for swine production. Journal of Animal Science, 88: E195-E204.
55. Wu, Q.J., C. Wang, L.L. Zhu, S.Q. Wang, L. Zhao, Z.Y. Xing, B.L. Zhang, W.H. Jia, Y. Ma and Y.Q. Wang. 2022. Effects of glutamine on growth performance and immune function of high- concentrate fattening Hu lambs. Small Ruminant Research, 216: 106-113.
56. Yassad, A., A. Husson, A. Bion and A. Lavoinne. 2000. Synthesis of interleukin 1beta and interleukin 6 by stimulated rat peritoneal macrophages: modulation by glutamine. Cytokine, 12: 1288-1291.
57. Zhang, F.J., X.G. Weng, J.F. Wang, D. Zhou, W. Zhang, C.C. Zhai, Y.X. Hou and Zhu Y.H. 2014. Effects of temperature-humidity index and chromium supplementation on antioxidant capacity, heat shock protein 72 and cytokine responses of lactating cows. Journal of Animal Science, 92: 3026-3034.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-07-01]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.40.3.6]
[DOI: 10.61186/rap.14.40.27]