

اثر جیره‌های گلوکوژنیک و لیپوژنیک بر غلظت زیست نشانگرهای انرژی در سرم خون بره‌های ماده بلوچی

عطیه بهلولی قائن¹ - عباسعلی نصریان^{2*} - رضا ولی‌زاده² - محمدرضا نصیری²

تاریخ دریافت: 1393/04/1

تاریخ پذیرش: 1393/5/22

چکیده

تعداد بیست و هشت رأس بره ماده بلوچی با میانگین سن $2/3 \pm 14/9$ هفته و وزن $4/6 \pm 26/3$ کیلوگرم از جیره‌های با یا بدون پیه، بر پایه دانه ذرت یا جو، در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل 2×2 به مدت 9 هفته تغذیه شدند. مصرف جیره‌های آزمایشی اثری بر میانگین خوراک مصرفی بره‌ها نداشت، اگرچه افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک در هفته‌های 4 تا 8، تحت تأثیر اثر تداخل چربی \times غله قرار گرفت و در تیمار لیپوژنیک-ذرت بالاترین مقدار بود. افزودن پیه به جیره، به ترتیب سبب افزایش و کاهش غلظت کلسترول و گلوکز سرم بره‌ها در طول دوره آزمایش شد. در حالی که، غلظت انسولین و نسبت گلوکز: انسولین، تحت تأثیر اثر غله قرار گرفته، در تیمارهای جو در مقایسه با ذرت، به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در بره‌های تغذیه شده با جیره‌های لیپوژنیک در مقایسه با جیره‌های گلوکوژنیک، غلظت پایه گلوکز کاهش و غلظت پایه کلسترول و آسپاراتات آمینوترانسفراز افزایش یافت. از طرفی، غلظت پایه اسیدهای چرب استریفیه نشده سرم و شاخص کمی حساسیت انسولینی تحت تأثیر اثر تداخل چربی \times غله قرار گرفته و شاخص حساسیت انسولینی به طور معنی‌دار با بازدهی خوراک همبستگی مثبت نشان داد. به نظر می‌رسد غلظت چربی و کمیت ماهیت منبع نشاسته‌ای جیره، عواملی هستند که می‌توانند بر فراسنج‌های حساسیت انسولینی نشخوارکنندگان اثرگذار باشند. همچنین، به نظر می‌رسد جیره‌هایی که نسبت مطلوبی از چربی و نشاسته را فراهم کنند، بتوانند سبب بهبود بازدهی و وضعیت انرژی حیوان شوند.

واژه‌های کلیدی: بازدهی خوراک، پیه، جو، حساسیت انسولینی، ذرت.

مقدمه

اما گلوکز و انسولین نقش مهم‌ترین میانجی‌های تعادل حیاتی را در دام‌های شیرده ایفا می‌کنند. انسولین موجب تحریک فرایندهای آنابولیک، مهار مسیرهای کاتابولیک و ذخیره سوپستراها می‌شود (21). در دوره انتقالی، بروز مقاومت انسولینی یا کاهش پاسخ بافت‌های هدف (ماهیچه، چربی و کبد) به انسولین، موجب افزایش دسترسی مواد مغذی به رحم و غدد شیری می‌شود (29). از طرفی با کاهش مصرف خوراک، تجزیه چربی‌های بدن شدت یافته و افزایش غلظت اسیدهای چرب استریفیه نشده پلازما (NEFA) سبب تشدید مقاومت انسولینی و بروز بیماری‌های متابولیکی مرتبط با انرژی خواهد شد (14). عواملی مانند چاقی و افزایش انسولین و چربی خون که در ایجاد مقاومت انسولینی در انسان مؤثرند، در بروز اختلالات متابولیکی دوران قبل از زایش در نشخوارکنندگان نیز دخالت دارند (16).

مهمترین فرضیه در مورد انسولین این است که غلظت آن تحت تأثیر غلظت نشاسته و چربی جیره قرار می‌گیرد. انسولین با تغذیه جیره‌های حاوی نشاسته بالا، افزایش و با تغذیه جیره‌های حاوی چربی بالا، کاهش می‌یابد (12). در مطالعه چان و همکاران (7)،

مطالعات اخیر توازن دسترسی به مواد مغذی لیپوژنیک و گلوکوژنیک، را عامل مهمی در کاهش شدت توازن منفی انرژی و اختلالات متابولیکی در دوره انتقالی مطرح کرده‌اند. در نشخوارکنندگان، مواد مغذی لیپوژنیک شامل فیبر، چربی جیره و چربی بدن و مواد مغذی گلوکوژنیک بیشتر از بخش نشاسته قابل تجزیه یا عبوری از شکمبه تامین می‌شوند (43).

اگرچه نشخوارکنندگان بیشتر گلوکز مورد نیاز خود را از طریق فرآیند گلوکونئوژنز و عمدتاً از پروپیونات تامین می‌کنند (33) و حساسیت کمتری به انسولین در مقایسه با تک معده‌ای‌ها دارند (11)،

1- دانش‌آموخته دکتری تغذیه نشخوارکنندگان، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،

2- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(* - نویسنده مسئول: (Email: abasalin@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ijasr.v4i1.36610

وزن کشتی و خون‌گیری شدند. جیره‌های آزمایشی با خوراک پایه به مدت یک هفته به تدریج جایگزین شدند. خوراک‌های آزمایشی روزانه 2 بار در ساعات 0800 و 1400 و به مقدار 10 درصد بیش از حدود مصرف روزانه در اختیار بره‌ها قرار داده شد. جیره‌های آزمایشی با نسبت 40 درصد یونجه خشک خرد شده و 60 درصد کنسانتره، بر اساس جداول احتیاجات نگهداری و رشد بره‌ها (AFRC، 1993) تنظیم شد. جیره‌های آزمایشی حاوی روغن ذوب شده پیه یا بدون آن و دانه ذرت یا جو به‌عنوان منبع نشاسته جیره بود ترکیب اجزای خوراک و مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در جدول 1 آمده است. به منظور جلوگیری از بروز فساد، ابتدا کنسانتره‌ها بدون روغن آماده شده و سپس در زمان اجرای طرح، روغن پیه به صورت هفتگی به کنسانتره افزوده شد. پس از شروع آزمایش، نمونه‌گیری از خون، وزن کشتی و اندازه‌گیری طول اندام‌های بره‌ها به صورت هفتگی، و باقی‌مانده خوراک به صورت روزانه انجام شد. وزن کشتی بره‌ها در هفته نهم انجام نشد و داده‌های مربوط به افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک تا انتهای هفته هشتم بررسی شدند. در هفته هشتم، پس از وزن کشتی بره‌ها، باقی‌مانده آخور بره‌ها در ساعت 1200 تخلیه شد و در ساعت 0800 روز بعد، نمونه‌گیری از خون بره‌ها جهت اندازه‌گیری غلظت پایه فراسنجه‌های خونی انجام شد. مقدار 5 میلی‌لیتر نمونه خون در داخل لوله‌های 6 میلی‌لیتری حاوی سیلیکون (Gel/Clot activator, GD060SGC, Zhejiang Gongdong) (Medical Technology Co., Ltd ریخته شده و پس از گذشت 20 دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با 3000 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه سانتریفیوژ شدند تا سرم آنها جدا شود (38). سپس هر نمونه سرم در 2 میکروتیوب جداگانه، یکی در فریزر 20- درجه سانتیگراد جهت آنالیز فراسنجه‌های متابولیکی، و دیگری در فریزر 80- درجه سانتیگراد جهت اندازه‌گیری هورمون انسولین نگهداری شد.

درصد ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، و عصاره اتری نمونه‌های خوراک بر اساس روش‌های استاندارد AOAC (1990)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی بر اساس روش ون سوست و همکاران (44) و پروتئین نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از روش کج‌دال اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری فراسنجه‌های متابولیکی نمونه‌های سرم توسط دستگاه اتوآنالایزر A15، با استفاده از کیت‌های بیوسیستم بر اساس روش نورسنجی و اندازه‌گیری هورمون انسولین بر اساس روش ایمونورادیومتری توسط دستگاه گاما کانتور با استفاده از کیت انسولین انسانی و تریسر نشان‌دار I125، KIP 1254، INS IRMA Biosource Europe SA، محدوده استاندارد 1-400 $\mu\text{IU/ml}$ ، حساسیت 5/7-400 $\mu\text{IU/ml}$ ، انجام شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه 9/1) انجام شد. مدل آماری غلظت فراسنجه‌های خونی در هفته هشتم به صورت اثر ثابت هریک از تیمارها، اثر تداخل تیمارها و اثر تصادفی حیوان بود.

مصرف خوراک‌های با چربی یا کربوهیدرات بالا، سبب کاهش انتقال وابسته به انسولین گلوکز در ماهیچه شد که با افزایش چربی احشایی، سطح تری‌گلیسیرید و انسولین پلاسما در گاوهای شیرده همبستگی مثبت داشت. نتایج برخی آزمایشات نقش مواد گلوکوژنیک به‌ویژه نشاسته را در بهبود غلظت انسولین و توازن انرژی گاوهای تازه‌زا نشان داده‌اند (12 و 40). در آزمایش پایرز و همکاران (32)، تزریق وریدی پیه موجب افزایش چربی و NEFA خون و توسعه مقاومت انسولینی در گاوهای شیری شد. به نظر می‌رسد دستکاری در الگوی اسیدهای چرب پلاسما نقش مهمی در ترشح و عملکرد انسولین داشته باشد. دریافت اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه در مقایسه با اسیدهای چرب اشباع سبب بهبود عملکرد انسولین می‌شوند (30).

برخی فراسنجه‌های خونی از جمله NEFA، بتا‌هیدروکسی بوتیرات (BHBA)، گلوکز، انسولین، و کلسترول با متابولیسم انرژی در گاوهای شیرده در ارتباط بوده و به عنوان زیست نشانگر توازن منفی انرژی اندازه‌گیری می‌شوند (22). کلسترول و آسپارات آمینوترانسفراز نیز از زیست شناساگرهای مرتبط با اختلالات کبد به شمار می‌روند (37). شاخص حساسیت انسولینی (RQUICKI¹)، کمیتی است که تا کنون در انسان (28) و گاو شیری (17) در ارزیابی حساسیت انسولینی مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه استفاده از آن در برخی شرایط با اختلاف نظرهایی رو به رو بوده است (19). با توجه به اطلاعات کمی که در زمینه اثر تغذیه چربی و مکان هضم نشاسته بر حساسیت انسولینی و متابولیسم انرژی در نشخوارکنندگان وجود دارد، در این مطالعه با افزودن پیه به جیره‌های حاوی جو یا ذرت، اثر تغذیه چربی‌های اشباع و نرخ تجزیه‌پذیری نشاسته جیره بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی مرتبط با متابولیسم انرژی و حساسیت انسولینی بر روی بره‌های ماده در یک دوره 10 هفته‌ای بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گوسفندداری ایستگاه دامپروری دانشگاه فردوسی مشهد در تابستان و پاییز 1389 انجام شد. بیست و هشت رأس بره ماده بلوچی با میانگین سن $2/3 \pm 14/9$ هفته و وزن $4/6 \pm 26/3$ کیلوگرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چینش فاکتوریل 2×2 تیمارها، به مدت 9 هفته مورد آزمایش قرار گرفتند. بره‌ها بر اساس سن و وزن به طور تصادفی در تیمارهای مختلف توزیع شده و در جایگاه‌های انفرادی قرار گرفتند. دو هفته قبل از شروع آزمایش، به منظور محاسبه مصرف خوراک روزانه و عادت پذیری در مکان جدید، بره‌ها با خوراک پایه تغذیه شده، سپس قبل از مصرف خوراک روزانه

1- Revised quantitative insulin sensitivity check index

جدول 1- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی
Table 1- Feedstuffs and chemical composition of experimental diets

مورد Item	تیمارهای آزمایشی Treatments			
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic	
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn
مواد خوراکی (%) Feedstuffs (%)				
یونجه خشک Alfalfa	40	40	40	40
ذرت Corn	-	10	-	30
جو Barley	15	-	38	-
کنجاله کلزا Colza meal	8	8	8	9
پیه ذوب شده Melt tallow	4	4	-	-
تفاله چغندر بدون ملاس Beetpulp	31	36	12	19
مکمل مواد معدنی - ویتامین Vitamin-mineral supplement	1.2	1.2	1.2	1.2
دی کلسیم فسفات DCP	0.5	0.5	0.5	0.5
نمک Salt	0.3	0.3	0.3	0.3
ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک) Chemical composition of experimental diets (% of DM)				
ماده خشک DM	92.1	92.2	91.9	92.2
ماده آلی OM	82.7	82.9	84.5	84.9
پروتئین خام CP	12.8	12.6	13.9	13.4
عصاره اتری EE	5.48	5.76	1.90	2.37
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	32.0	33.8	28.1	30.6
کربوهیدرات‌های غیر فیبری ¹ NFC ¹	35.2	34.6	42.9	40.9
نشاسته ² Starch ²	7.2	12.3	21.2	23.4
قند ² Sugar ²	7.2	7.6	6.2	6.5
انرژی متابولیسمی ³ (مگا کالری در روز) ME ³ (MCal d ⁻¹)	2.65	2.63	2.55	2.53

$$NFC^1 = 100 - (عصاره اتری + پروتئین خام + خاکستر خام + (NDF - NDIP))$$

² محاسبه شده بر اساس جدول مواد خوراکی نرم افزار CNCPS (نسخه 61)

³ محاسبه شده بر اساس نرم افزار SRNS (نسخه 1.9.4468)

¹ $NFC = 100 - (EE + CP + Ash + (NDF - NDIP))$

² Calculated by tables of CNCPS (6.1)

³ Calculated by SRNS (1.9.4468)

نتایج و بحث

مصرف روزانه مواد مغذی، افزایش وزن بدن و بازدهی خوراک
با توجه به داده‌های جدول 2، میانگین مصرف روزانه ماده خشک، ماده آلی، و پروتئین خام در طول دوره آزمایش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نداشت. اما، افزایش مصرف انرژی متابولیسمی در جیره‌های لیپوژنیک در مقایسه با گلوکوژنیک نزدیک به معنی‌دار بود ($P=0/13$). در بره‌های گروه لیپوژنیک، مصرف روزانه الیاف نامحلول در شوینده خنثی و عصاره اتری افزایش ($P<0/01$) و مصرف کربوهیدرات غیرالیافی ($P<0/05$) و نشاسته ($P<0/01$) کاهش یافت. همچنین، در بره‌های تغذیه کننده از ذرت، مصرف روزانه نشاسته ($P<0/01$)، NDF ($P<0/05$) و عصاره اتری ($P=0/09$) بیش از بره‌های تغذیه کننده جو بود.

مدل آماری داده‌های تکرار شده در زمان شامل اثرات ثابت هر یک از تیمارها، اثر تداخلی تیمارها، اثر هفته، اثر تداخل هفته × تیمارها و اثر تصادفی حیوان بود. اثرات وزن اولیه و غلظت متابولیت‌ها در ابتدای شروع آزمایش به عنوان کواریت به هر دو مدل اضافه شدند و در صورتی که سطح معنی‌داری آن بالاتر از 0/75 بود از مدل حذف گردیدند. در مواردی که فرض نرمال بودن داده‌ها و واریانس همسانی برقرار نبود، از لگاریتم داده‌ها جهت آنالیز واریانس استفاده شد، که در این صورت میانگین حداقل مربعات و خطای استاندارد از روی مقادیر حقیقی برآورد شده، اما مقادیر P-value، بر اساس داده‌های تغییر شکل یافته گزارش شد. اثر متغیرهای مختلف با $P\leq 0/05$ ، به صورت معنی‌دار و با $P<0/015$ و $P<0/05$ به صورت نزدیک به معنی‌دار گزارش شد. در مواردی که اثر متقابل معنی‌دار بود، مقایسه حداقل میانگین مربعات در سطح معنی‌داری 5 درصد، با استفاده از گزینه SLICE انجام شد (30).

جدول 2- میانگین مصرف روزانه ماده خشک خوراک و مواد مغذی آن در طول دوره آزمایش (گرم در روز)¹
Table 2- Average of DMI and nutrients in experimental period ($g d^{-1}$)¹

ماده مغذی Nutrient	تیمارها Treatments				SEM	اثر چربی Fat effect	اثر غله Cereal effect	چربی × غله Fat* cereal	اثر هفته Week effect	چربی × غله Fat* Cereal*
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic							
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn						
ماده خشک DM	1188.8	1231.6	17.94	0.40	17.94	0.40	0.28	0.98	<0.01	<0.01
ماده آلی OM	982.5	1032.7	14.94	0.59	14.94	0.59	0.39	0.94	<0.01	<0.01
پروتئین خام CP	152.1	156.4	2.32	0.69	2.32	0.69	0.78	0.81	<0.01	<0.01
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	381.3 ^{ab}	419.8 ^a	6.07	<0.01	6.07	<0.01	0.04	0.87	<0.01	<0.01
عصاره اتری EE	65.7 ^a	68.1 ^a	1.63	<0.01	1.63	<0.01	0.09	0.72	<0.01	<0.01
کربوهیدرات غیر الیافی NFC	417.3	425.9	6.91	0.02	6.91	0.02	0.95	0.75	<0.01	<0.01
نشاسته Starch	83.1	151.6	5.52	<0.01	5.52	<0.01	<0.01	0.10	<0.01	<0.01
انرژی متابولیسمی (مگا کالری در روز) ME ($MCal d^{-1}$)	31.5	32.4	0.47	0.13	0.47	0.13	0.58	0.98	<0.01	<0.01

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P<0.05$).

¹ Means within same row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

جدول 3- میانگین مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و بازدهی خوراک بره‌ها در طول دوره آزمایشی¹
Table 3- DMI, BWG and feed efficiency of lambs in experimental period¹

مورد Item	تیمارها Treatments				SEM	اثر چربی Fat effect	اثر غله Cereal effect	چربی × غله Fat* cereal	اثر هفته Week effect	چربی × غله Fat* cereal* week
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic							
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn						
	جو	ذرت	جو	ذرت						
مصرف ماده خشک (گرم در روز) DMI (g d ⁻¹)										
هفته 1 تا 3 1-3 week	1149.3	1113.2	1123.1	1200.0	31.46	0.71	0.80	0.48	<0.01	0.03
هفته 4 تا 9 4-9 week	1194.3	1274.0	1097.0	1191.9	24.55	0.23	0.25	0.91	0.13	<0.01
کل دوره Total	1188.8	1231.6	1132.0	1178.5	17.94	0.40	0.48	0.98	<0.01	<0.01
وزن بدن (کیلوگرم) Body weight (kg)										
وزن اولیه W ₀	27.6	26.5	26.0	25.0	0.93	0.43	0.58	0.97	-	-
وزن نهایی Final	34.5	35.6	34.1	34.1	1.29	0.26	0.46	0.47	-	-
افزایش وزن روزانه (گرم در روز) BWG (g d ⁻¹)										
هفته 1 تا 3 1-3 week	180.4	153.4	157.1	171.9	17.61	0.93	0.82	0.45	0.39	0.98
هفته 4 تا 8 4-8 week	122.6 b	172.2 a	130.5	124.8 b	8.32	0.17	0.12	0.05	<0.01	0.08
کل دوره Total	144.3	165.2	140.3	142.0	7.62	0.31	0.39	0.46	<0.01	0.65
بازدهی خوراک ² (گرم بر گرم) Feed efficiency ² (g g ⁻¹)										
هفته 1 تا 3 1-3 week	0.145	0.142	0.140	0.145	0.0129	0.96	0.95	0.82	0.23	0.96
هفته 4 تا 8 4-8 week	0.105 b	0.136 a	0.118	0.099 b	0.0064	0.27	0.59	0.01	<0.01	0.09
کل دوره Total	0.120	0.138	0.126	0.116	0.0063	0.39	0.70	0.12	<0.01	0.76

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<0.05).
² بازدهی خوراک = افزایش وزن بدن / مصرف ماده خشک در هر هفته.

¹ Means within same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

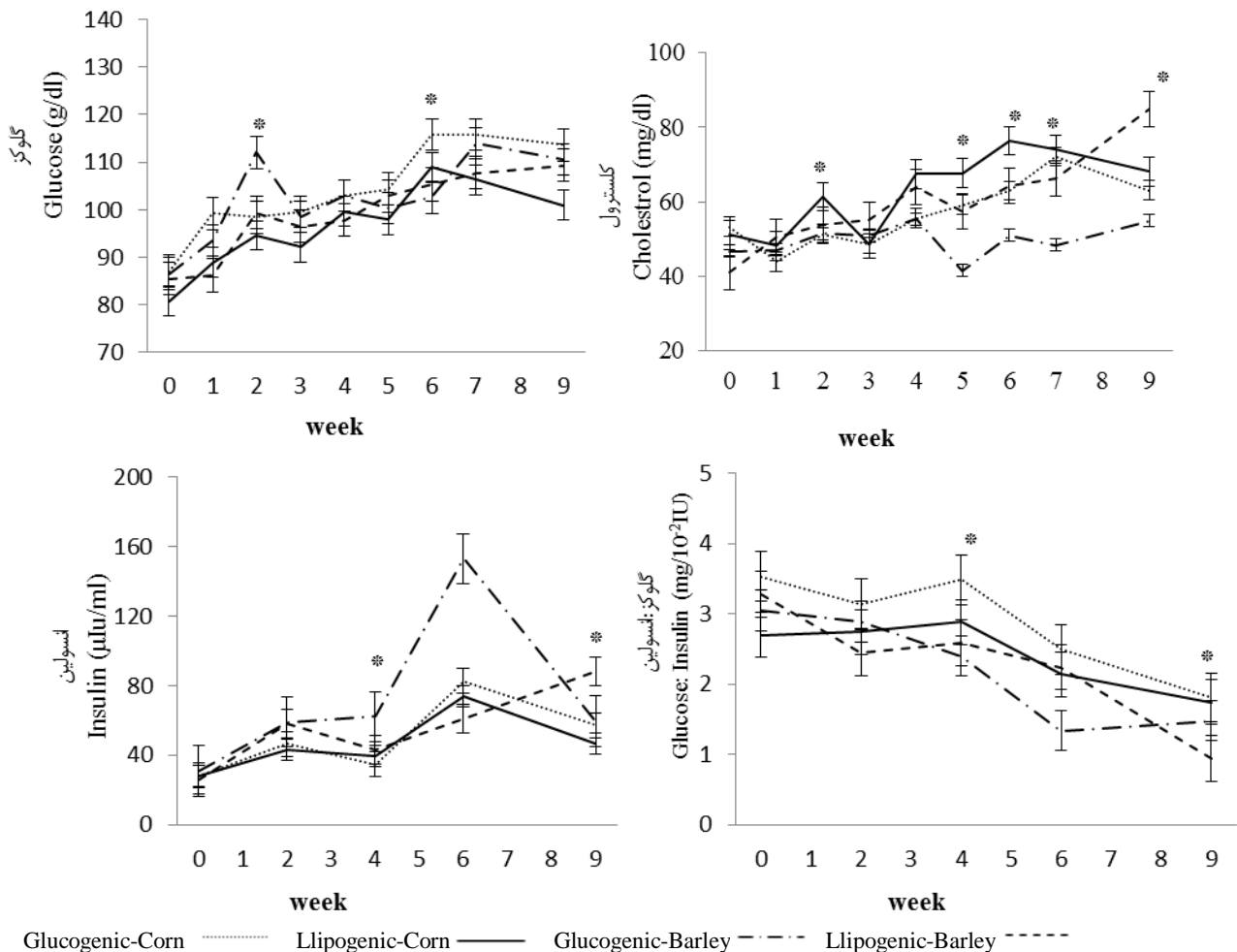
² Feed Efficiency = Body Weight Gain/ Dry Matter Intake in every week.

می‌کند، در حالی که نشاسته عبوری ذرت بیش از جو و گندم است (25). دویسر و همکاران (10) نشان دادند که 42 درصد نشاسته نامحلول در ذرت و 8 درصد در گندم و جو می‌توانند از شکمبه عبور کنند. بنابراین، به نظر می‌رسد مصرف جیره گلوکوژنیک، با دریافت روزانه نشاسته بیشتری همراه بوده و بره‌های تغذیه کننده از جیره‌های حاوی ذرت در مقایسه با جو، نشاسته عبوری از شکمبه بیشتری

نشاسته بخش اعظم غلات و کربوهیدرات غیرالیافی آنها را تشکیل می‌دهد. محتوای نشاسته غلات در گندم بالاترین و حدود 77 درصد، در ذرت و سورگوم 72 درصد، جو و یولاف 58 درصد می‌باشد و کمترین درصد تنوع آن در ذرت (2/4) و بیشترین در یولاف (7/1) مشاهده شده است (18). از طرفی، نشاسته جو و گندم در شکمبه بسیار تجزیه‌پذیر بوده و اغلب تولید مقادیر قابل توجهی پروپیونات

(جدول 3)، اگرچه در هفته‌های 4 تا 8 دوره آزمایشی، تحت تأثیر اثر تداخل چربی×غله قرار گرفته، در تیمار لیپوژنیک-ذرت بیش از تیمارهای گلوکوژنیک-ذرت و لیپوژنیک-جو بود ($P<0/05$). همبستگی بالای افزایش وزن روزانه بره‌ها با مصرف روزانه انرژی متابولیسمی ($r=342, P<0/001$)، بیانگر بهبود افزایش وزن بدن به دنبال افزایش دریافت انرژی از خوراک است (جدول 4). اما، بازدهی خوراک با غلظت گلوکز سرم همبستگی مثبت ($r=0/205, P<0/05$) و با غلظت کلسترول همبستگی منفی ($r=0/614, P<0/001$) نشان داد (جدول 5).

دریافت کرده باشند. با توجه به جداول 2 و 3، به نظر می‌رسد سطح ترکیبات لیپوژنیک و گلوکوژنیک جیره‌های آزمایشی اثر منفی بر مصرف ماده خشک خوراک نداشته‌اند. بر اساس نتایج ونکنگسل و همکاران (43)، در اکثر مطالعات، افزودن چربی به‌ویژه چربی‌های غیراشباع و در نیمی از مطالعات، دریافت مازاد ترکیبات گلوکوژنیک در گاوهای شیرده موجب کاهش مصرف ماده خشک شده است. اگرچه، آنها نشان دادند دریافت مازاد ترکیبات لیپوژنیک و گلوکوژنیک در 73 درصد موارد با افزایش مصرف روزانه انرژی متابولیسمی همراه بوده است. مصرف جیره‌های آزمایشی مختلف بر بازدهی خوراک و افزایش وزن روزانه بره‌های ماده در کل دوره آزمایشی اثر معنی‌داری نداشت.



Glucogenic-Corn Lipogenic-Corn — Glucogenic-Barley - · - · Lipogenic-Barley - - - -

شکل 1- غلظت کلسترول، گلوکز، انسولین و نسبت گلوکز: انسولین در هفته‌های مختلف دوره آزمایشی با مصرف آزادانه خوراک‌های آزمایشی

علامت * نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در هفته مورد نظر می‌باشد.

Figure 1- Concentration of serum cholesterol, glucose, insulin and glucose: insulin ratio in different week of experimental period. The * is indicator of significant difference between treatments.

میانگین آنها در طول دوره آزمایش، در جدول 6 نشان داده شده است. اثر هفته بر میانگین غلظت کلسترول، گلوکز، انسولین و نسبت گلوکز: انسولین سرم معنی‌دار بود ($P < 0/01$). افزودن پیه به جیره‌های لیپوژنیک، سبب افزایش غلظت کلسترول ($P < 0/01$) و کاهش غلظت گلوکز ($P < 0/05$) سرم بره‌ها در طول دوره آزمایش شد. غلظت کلسترول سرم با مصرف روزانه چربی خام همبستگی مثبت ($r = 0/173$; $P = 0/001$) و با مصرف روزانه نشاسته همبستگی منفی ($r = -0/252$; $P < 0/001$) نشان داد (جدول 6). در آزمایش ونکنگسل و همکاران (42)، کاهش غلظت کلسترول خون در گاوهای شکم اول و چندشکم زایش، پس از مصرف جیره‌های گلوکوژنیک مشاهده شد که با کاهش احتمال بروز بیماریهای متابولیکی در دوره انتقالی همراه بود.

ونکنگسل و همکاران (41)، گزارش کردند مصرف جیره‌های گلوکوژنیک که سبب افزایش غلظت گلوکز خون می‌شوند، احتمالاً بتوانند با افزایش غلظت انسولین سبب بهبود ابقای بافتی انرژی خوراک در گاوهای تازه‌زا شوند. اگرچه، همیشه این‌طور نیست. در برخی آزمایشات بهبود سطح انسولین و عملکرد آن در سطوح میانی استفاده از چربی و نشاسته در کنار هم در گاو شیری (12) و گوسفندان (39) مشاهده شده است. در آزمایش حاضر، اگرچه بالاترین مقادیر مربوط به افزایش وزن و بازدهی خوراک در تیمار لیپوژنیک-ذرت، حاوی 12 درصد نشاسته و 5/7 درصد چربی مشاهده شد، اما هیچ یک با غلظت انسولین همبستگی معنی‌داری نداشتند (جدول 5).

تغییرات هفتگی غلظت فراسنجه‌های خونی در طول دوره آزمایش

تغییرات هفتگی غلظت فراسنجه‌های خونی در شکل 1، و

جدول 4- ضریب همبستگی بین غلظت برخی فراسنجه‌های خونی، افزایش وزن و بازدهی خوراک با مصرف روزانه مواد مغذی در طول دوره آزمایش
Table 4- Regression coefficient of blood metabolites, BWG and FE and nutrients intake ($g d^{-1}$) in experimental period

مورد Item	ماده خشک DM	ماده آلی OM	پروتئین خام CP	چربی خام EE	نشاسته Starch	انرژی متابولیسمی (مگاکالری در روز) ME (Mcal d^{-1})
گلوکز ($n^1=228$) Glucose ($n^1=228$)	0.151*	0.159*	0.182**	-0.097	0.265***	0.121*
انسولین ($n=122$) Insulin ($n=122$)	0.074	0.073	0.097	-0.030	0.084	0.084
گلوکز:انسولین ($n=122$) Glucose:Insulin ($n=122$)	-0.188	-0.178	-0.183	-0.187*	0.099	-0.209*
کلسترول ($n=228$) Cholesterol ($n=228$)	0.091	0.078	0.034	0.334***	-0.252***	0.116*
افزایش وزن روزانه BWG ($n=205$)	0.364***	0.364***	0.357***	0.234***	0.108 [†]	0.342***
بازدهی خوراک ($n=205$) FE ($n=205$)	0.049	0.050	0.047	0.045	0.040	-0.023
مساحت دنبه ² ($n=122$) Tail area ² ($n=122$)	0.586***	0.561***	0.565***	0.372***	0.051	0.575***

¹ تعداد جفت داده‌های مورد استفاده

² مساحت دنبه = ارتفاع × عرض دنبه

¹ The number of pair data

² Tail area= tail weight * height

$P < 0.15$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

مصرف هیچ یک از مواد مغذی همبستگی نداشت، درحالی‌که، نسبت گلوکز: انسولین با مصرف روزانه مواد مغذی، به‌جز نشاسته، همبستگی منفی معنی‌دار داشت (جدول 4) که می‌تواند بیانگر کاهش حساسیت انسولینی به دنبال افزایش مصرف انرژی باشد. غلظت گلوکز: انسولین

غلظت انسولین و نسبت گلوکز: انسولین، تحت تأثیر نوع غله قرار گرفتند، به طوری که غلظت سرمی انسولین در جیره‌های حاوی جو بالاتر از جیره‌های حاوی ذرت بود، و نسبت گلوکز: انسولین در تیمارهای ذرت بالاتر از جو بود ($P < 0/05$). اما، غلظت انسولین با

مواجه هستند و غلظت گلوکز: انسولین کمتری در مقایسه با سایرین دارند. اما در آزمایش حاضر، نسبت گلوکز: انسولین با افزایش وزن بدن همبستگی معنی‌دار نداشت (جدول 5).

در برخی آزمایشات انسانی، به عنوان شاخص حساسیت انسولینی، مورد استفاده قرار می‌گیرد (20، 45). ووگین و همکاران (45)، نشان دادند دختران چاق قبل از سن بلوغ، با کاهش حساسیت انسولینی،

جدول 5- ضریب همبستگی بین غلظت برخی زیست شناساگرهای وضعیت انرژی و عملکرد بره‌ها در طول دوره آزمایش (n¹=122)
Table 5- Regression coefficient of some energy biomarkers and lambs efficiency in experimental period (n¹=122)

مورد Item	گلوکز Glucose	انسولین Insulin	گلوکز:انسولین Glucose : Insulin	کلسترول Cholesterol
افزایش وزن روزانه (گرم در روز) BWG (g d ⁻¹)	0.089	0.010	0.042	0.088
بازدهی خوراک (گرم در گرم) FE (g g ⁻¹)	0.205*	0.124	-0.091	-0.614***
مساحت دنبه ² (سانتی متر مربع) Tail area ² (cm ²)	-0.119	0.139	-0.214	0.599***

¹ تعداد جفت داده‌های مورد استفاده
² مساحت دنبه = ارتفاع × عرض دنبه

¹ The number of pair data
² Tail area= tail weight * height
 * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

کردند. از طرفی، دریافتند که غلظت انسولین با غلظت و مقدار نشاسته همبستگی مثبت و با غلظت چربی جیره همبستگی منفی دارد. آنها تغییرات انسولین به غلظت نشاسته جیره را به صورت خطی - درجه دوم و نقطه شکست منحنی را در غلظت 16 درصد نشاسته و 4/4 درصد چربی مشاهده کردند (12).

در اکثر مطالعات بر روی نشخوارکنندگان، غلظت انسولین تحت تأثیر تجزیه‌پذیری و مکان هضم نشاسته قرار نگرفت (24، 25 و 46). اما، در مطالعه برادفورد و آن (6)، کاهش مصرف خوراک به دنبال افزایش تخمیرپذیری نشاسته ذرت، به صورت منفی با غلظت انسولین پلازما در ارتباط بود. گارنورثی و همکاران (12)، کاهش خطی انسولین را با افزایش چربی و کاهش نشاسته در جیره‌ها مشاهده

جدول 6- اثر جیره‌های آزمایشی بر غلظت فراسنجه‌های خونی سرم بره‌ها در طول دوره آزمایشی¹
Table 6- Effects of experimental diet on blood metabolites in experimental period¹

مورد Item	تیمارها Treatments				SEM	اثر چربی Fat effect	اثر غله Cereal effect	چربی × غله Fat* cereal	اثر هفته Week effect	چربی × غله × هفته Fat* cereal* week
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic							
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn						
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn						
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg dl ⁻¹)	100.7	98.6	104.7	105.7	0.92	0.05	0.84	0.56	<0.01	0.26
انسولین (میکرو واحد بین‌المللی در میلی‌لیتر) Insulin (μIU ml ⁻¹)	59.1	56.7	83.7 a	53.2 b	5.75	0.99	0.05	0.13	<0.01	0.54
گلوکز: انسولین (میلی‌گرم در 10 ⁻⁴ واحد بین‌المللی) Glucose (mg 10 ⁻² IU)	2.21	2.29	2.09 b	3.06 a	0.12 7	0.72	0.04	0.09	0.01	0.47
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg dl ⁻¹)	62.0 a	63.2 a	53.0 b	56.5	1.11	<0.01	0.36	0.66	<0.01	<0.01

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<0.05).

¹ Means within same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

بره‌های تغذیه شده با جیره های حاوی جو نسبت به ذرت تا حدودی بالاتر بود ($P=0/15$) و با دریافت انرژی روزانه همبستگی بالایی داشت (جدول 4). ونکنگسل و همکاران (41)، ارتباط مثبت بین غلظت انسولین و ابقای انرژی به صورت چربی را گزارش کردند. با توجه به جدول 6، غلظت انسولین در تیمارهای جو نسبت به ذرت به طور معنی‌داری بالاتر بود ($P=0/05$)، اما بر اساس جدول 5، ضریب همبستگی غلظت انسولین و مساحت دنبه معنی‌دار نبود ($P=0/17$). از طرفی، همبستگی معنی‌دار بین مساحت دنبه با نسبت گلوکز: انسولین ($r=0/599$; $P<0/001$) و کلسترول ($r=-0/214$; $P<0/05$) مشاهده شد، که شاید بیانگر اثر طولانی مدت غلظت فراسنجه‌هایی نظیر گلوکز، انسولین و کلسترول بر توزیع انرژی بین بافت‌های مختلف باشد. اگرچه، با توجه به اندازه‌گیری‌های محدود در این آزمایش، اظهار نظر قطعی در این باره نیاز به اندازه‌گیری دقیق بر اساس ترکیب لاشه دارد.

دانشمندان در آزمایشات بعدی خود گزارش کردند، غلظت انسولین خون تحت تأثیر مکان هضم نشاسته قرار نمی‌گیرد، اما تغذیه بیشتر نشاسته می‌تواند موجب افزایش غلظت انسولین در سرم گاوهای شیرده شود (13). این در حالی است که مانز و بودا (23) با تزریق وریدی اسیدهای چرب فرار حاصل از تخمیر شکمبه و گلوکز به بره‌ها، تغییر در غلظت انسولین سرم را مشاهده کردند. آنها گزارش کردند تزریق پروپیونات بیش از تزریق گلوکز اما کمتر از بوتیرات موجب افزایش غلظت انسولین سرم شد. بنابراین، افزایش غلظت انسولین در تیمار جو در این آزمایش می‌تواند با افزایش تخمیر آن در شکمبه و تولید پروپیونات بیشتر در مقایسه با جیره‌های حاوی ذرت در ارتباط باشد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومتری بره‌ها

تغذیه بره‌های ماده با جیره‌های آزمایشی مختلف، بر میانگین اندازه طول بدن، قد از جدوگاه، دورسینه، عرض سینه، و دور شکم بره‌ها اثر معنی‌داری نداشت (جدول 7). اگرچه، مساحت دنبه در

جدول 7- میانگین ویژگی‌های بیومتری بره‌ها در تیمارهای مختلف در طول دوره آزمایش (هفته 1 تا 8)

Table 7- Average of measurements of lambs in different treatments in experimental period (week 1-8)

مورد Item	تیمارها Treatments				SEM	اثر چربی Fat effect	اثر غله Cereal effect	چربی × غله Fat* cereal	اثر هفته Week effect	چربی × غله × هفته Fat* cereal* week
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic							
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn						
طول بدن (سانتی‌متر) Body height (cm)	51.9	51.5	51.2	54.1	0.623	0.43	0.30	0.17	0.19	0.54
قد از جدوگاه (سانتی‌متر) Withers height (cm)	43.8	44.4	44.6	44.0	0.218	0.65	0.94	0.19	<0.01	0.82
دور سینه (سانتی‌متر) Chest girth (cm)	79.9	79.2	81.3	79.7	0.696	0.47	0.38	0.74	<0.01	0.15
عرض سینه (سانتی‌متر) Chest width (cm)	11.1	11.7	11.7	11.3	0.145	0.73	0.76	0.58	0.01	0.60
دور شکم (سانتی‌متر) Abdomen girth (cm)	88.9	90.1	90.1	90.0	0.710	0.75	0.52	0.46	<0.01	0.61
مساحت دنبه ¹ (سانتی‌متر مربع) Tail area ¹ (cm ²)	339.9	337.5	337.5	317.8	8.05	0.56	0.15	0.72	<0.01	0.23

¹ مساحت دنبه = ارتفاع × عرض دنبه

¹ Tail area = tail weight * height

ذرت بودند (جدول 8). نسبت گلوکز: انسولین تا حدودی تحت تأثیر نوع غله قرار گرفت ($P=0/14$) و در تیمارهای ذرت بالاتر از جو بود. غلظت کلسترول و آسپاراتات آمینوترانسفراز (AST) سرم به طور کاملاً معنی‌داری با افزودن پیه به جیره افزایش یافتند ($P<0/01$). غلظت

غلظت پایه زیست‌نشانه‌های انرژی در سرم بره‌ها

در هفته هشتم دوره آزمایشی، پس از 20 ساعت گرسنگی، غلظت گلوکز در تیمارهای گلوکوژنیک ($P<0/05$)، و غلظت انسولین در تیمارهای جو ($P=0/06$)، به ترتیب بالاتر از تیمارهای لیپوژنیک و

عملکرد انسولین در مقایسه با پیه شد (30). در این آزمایش نیز اثر چربی بر غلظت پایه NEFA سرم معنی‌دار نبود و غلظت آن در تیمار گلوکوژنیک-ذرت بالاتر از لیپوژنیک-ذرت بود.

در آزمایش حاضر، با توجه به همبستگی منفی غلظت NEFA با افزایش وزن بدن و بازدهی خوراک، به نظر می‌رسد افزایش غلظت پایه NEFA با کاهش حساسیت انسولینی در تیمار گلوکوژنیک-ذرت نسبت به لیپوژنیک-ذرت همراه بوده است. مطالعات بر روی گاوهای اوایل شیردهی نشان دادند که افزایش دسترسی به مواد مغذی گلوکوژنیک به ازای مواد مغذی لیپوژنیک موجب تحریک ترشح انسولین، ذخیره چربی بدن و توزیع انرژی متابولیسمی به بافتها شده و بهبود توازن انرژی را موجب می‌شود (12، 40، 41 و 42). اگرچه، افزایش فراهمی گلوکز در نشخوارکنندگان در برخی آزمایشات، با کاهش حساسیت انسولینی در بزهای شیرده (9) و گوسفندان (4) همراه بوده است. پاتون و همکاران (27)، گزارش کردند که ترکیب پیش‌سازهای گلوکوژنیک و لیپوژنیک اثر بهتری بر وضعیت انرژی گاوهای دوره انتقالی دارند.

بتا‌هیدروکسی بوتیرات (BHBA) و اسیدهای چرب استریفیه نشده (NEFA) سرم تحت تأثیر اثر چربی یا غله قرار نگرفتند، اگرچه غلظت NEFA تحت تأثیر اثر تداخل چربی × غله قرار گرفت در تیمار گلوکوژنیک-ذرت بالاتر از لیپوژنیک-ذرت بود ($P < 0/05$). کمیت محاسبه شده RQUICKI بر اساس لگاریتم غلظت‌های گلوکز، انسولین و NEFA نیز تحت تأثیر اثر تداخل چربی × غله قرار گرفت ($P = 0/05$)، که در تیمارهای لیپوژنیک-ذرت با 0/303 واحد بالاترین و در تیمار لیپوژنیک-جو با 0/268 واحد کمترین مقدار آن مشاهده شد.

غلظت NEFA پلاسما به‌عنوان یک عامل مستعد کننده مقاومت انسولین شناخته می‌شود که سبب افزایش برداشت اسید چرب از بافت‌های چربی می‌شود (31). پایرز و همکاران (32)، گزارش کردند که افزایش NEFA سرم گاوها با استفاده از تزریق وریدی امولسیون پیه سبب توسعه مقاومت انسولینی در آنها می‌شود. آنها در آزمایشات بعدی خود نشان دادند که تزریق شیردانی آب، روغن کتان و پیه اثر معنی‌داری بر غلظت پایه NEFA سرم گاوها نداشت، اگرچه تزریق روغن کتان با تغییر در ترکیب اسیدهای چرب سرم سبب بهبود

جدول 8- غلظت زیست نشانگرهای انرژی سرم بره‌ها پس از 20 ساعت گرسنگی در هفته هشتم آزمایش¹

Table 8- Lamb serum concentrations of energy biomarkers after 20h fasting on waek 8 of experimental period¹

مورد Item	تیمارها Treatments				SEM	اثر چربی Fat effect	اثر غله Cereal effect	چربی × غلطه Fat* cereal
	لیپوژنیک Lipogenic		گلوکوژنیک Glucogenic					
	جو Barley	ذرت Corn	جو Barley	ذرت Corn				
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg dl ⁻¹)	71.5	74.2	77.7	82.0	1.62	0.03	0.26	0.80
انسولین (میکرو واحد بین‌المللی در میلی‌لیتر) Insulin (μIU ml ⁻¹)	80.3	46.2	78.6	63.9	7.10	0.68	0.06	0.26
گلوکز:انسولین (میلی‌گرم در 10 ⁻⁴ واحد بین‌المللی) Glucose (mg 10 ⁻² IU ⁻¹)	1.17	1.79	1.39	1.43	0.152	0.71	0.14	0.37
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Cholestrol (mg dl ⁻¹)	92.4	79.6	62.3	68.6	4.22	<0.01	0.31	0.10
آسپاراتات‌آمینوترانسفراز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) AST (mg dl ⁻¹)	125.4	126.2	106.2	98.5	3.93	<0.01	0.60	0.52
بتا‌هیدروکسی بوتیرات (میلی‌مول در دسی‌لیتر) BHBA (mmol dl ⁻¹)	0.41	0.36	0.43	0.41	0.013	0.33	0.35	0.69
اسیدهای چرب غیر استریفیه (میلی‌مول در دسی‌لیتر) NEFA (mmol dl ⁻¹)	0.96	0.64 b	0.73	1.19 a	0.095	0.39	0.70	0.03
شاخص حساسیت انسولینی RQUICKI ²	0.268	0.303	0.296	0.269	0.0077	0.66	0.68	0.05

¹ میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ($P < 0.05$).

¹ Means within same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

² RQUICKI = $1 / (\text{Log}(\text{glucose}) + \text{Log}(\text{insulin}) + \text{Log}(\text{NEFA}))$

بر بازدهی خوراک، افزایش وزن روزانه و غلظت NEFA سرم، و

در این آزمایش، با توجه به معنی‌دار شدن اثر تداخل چربی × غله

انرژی شود (2). بنابراین، پاسخ‌های متفاوت به افزایش نشاسته هضم شده در شکمبه ممکن است با تخمیرپذیری جیره پایه و احتیاجات انرژی حیوانات در آزمایشات مختلف مرتبط باشد. در این آزمایش نیز، احتمالاً مؤلفه‌های تخمیرپذیری و ماهیت اجزای تشکیل دهنده خوراک سبب عدم تفاوت معنی‌دار در بازدهی استفاده از انرژی خوراک بین بره‌های تغذیه کننده جو و ذرت شده است.

در آزمایش ونکنگسل و همکاران (42)، غلظت NEFA، BHBA و کلسترول خون گاوهای ابتدای زایش، در جیره گلوکوژنیک در مقایسه با جیره لیپوژنیک و جیره مخلوط، کاهش و غلظت انسولین افزایش یافت. آنها نتیجه گرفتند احتمال کاهش بروز بیماری‌های متابولیکی با مصرف جیره‌های گلوکوژنیک در دوره انتقالی وجود دارد. افزایش غلظت کلسترول و آسپاراتات آمینو ترانسفراز در تیمارهای لیپوژنیک این آزمایش نیز می‌تواند نشان‌دهنده مستعد شدن بره‌ها به کبد چرب به دنبال مصرف پیه باشد. اگرچه، غلظت این متابولیت‌ها در دامنه طبیعی بود.

اینکه مصرف روزانه هیچ یک از مواد مغذی به تنهایی با بازدهی خوراک همبستگی نداشت (جدول 4)، احتمالاً اثر تداخل و همپوشانی مواد مغذی موجود در جیره لیپوژنیک-ذرت سبب افزایش بازدهی مصرف انرژی و کاهش غلظت NEFA در مقایسه با تیمار گلوکوژنیک-ذرت شده است.

طبق مطالعات اوینز و همکاران (26)، افزایش تراکم انرژی جیره با تغذیه غلات با تخمیر پذیری بالا، موجب بهبود بازدهی و تولید در گاوهای شیرده می‌شود که با افزایش هضم نشاسته، فراهمی انرژی قابل متابولیسم، تولید پروتئین میکروبی و استفاده از آمونیاک شکمبه مرتبط است. مطالعات بعدی نشان دادند نشاسته عبوری از شکمبه می‌تواند با بازدهی بالاتری در جهت ابقای بافتی (34) و تولید شیر (25) مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه، بر اساس نتایج هارمون و مک لئود (15)، نشاسته عبوری در صورتی بازدهی انرژی کل را بهبود می‌بخشد که قابلیت هضم آن در روده باریک بیش از 75 درصد باشد. از طرفی، تجزیه‌پذیری بالای نشاسته در شکمبه گاه با کاهش شدید مصرف ماده خشک همراه است که می‌تواند موجب کاهش مصرف

جدول 9- ضرایب همبستگی غلظت پایه زیست شناساگرهای انرژی با میانگین مصرف ماده خشک، افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک بره‌ها در هفته‌های 4 تا 9 آزمایش (n¹=25)

Table 9- Regression coefficients of basal concentration of energy biomarkers and average of lambs DMI, BWG and feed efficiency in 4-9 weeks of experimental period (n¹=25)

مورد Item	مصرف ماده خشک (گرم در روز) DMI (g d ⁻¹)	افزایش وزن بدن (گرم در روز) BWG (g d ⁻¹)	بازدهی خوراک (گرم بر گرم) FE (g g ⁻¹)
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Glucose (mg dl ⁻¹)	-0.0529	-0.128	-0.184
انسولین (میکرو واحد بین‌المللی در میلی‌لیتر) Insulin (μIU ml ⁻¹)	0.410*	0.008	-0.276
گلوکز:انسولین (میلی‌گرم در 10 ⁻⁴ واحد بین‌المللی) Glucose: Insulin (mg 10 ⁻² IU ⁻¹)	-0.274	-0.134	0.067
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg dl ⁻¹)	0.332	-0.014	-0.214
آسپاراتات آمینوترانسفراز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) AST (mg dl ⁻¹)	0.145	0.283	0.252
بتا‌هیدروکسی بوتیرات (میلی‌مول در دسی‌لیتر) BHBA (mmol dl ⁻¹)	-0.532**	-0.536	-0.277
اسیدهای چرب غیراستریفیه (میلی‌مول در دسی‌لیتر) NEFA (mmol dl ⁻¹)	-0.155	-0.445	-0.521**
شاخص حساسیت انسولینی RQUICKI ²	-0.290	0.184	0.595**

¹ تعداد جفت داده‌های مورد استفاده

¹ The number of pair data

² RQUICKI=1/(Log(glucose)+Log(insulin)+Log(NEFA))

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

مقاومت انسولینی در نشخوارکنندگان با ابهامات زیادی رو به رو است. دانشمندان در مطالعات مختلف از آن به‌عنوان شاخص وضعیت متابولیکی (5) و پاتولوژیکی (19) استفاده کرده‌اند. اما، اسکوتنبرگ و همکاران (36)، گزارش کردند ارزیابی پاسخ NEFA به تست تحمل گلوکز به نظر می‌رسد با معناتر از RQUICKI باشد. کرسنز و همکاران (19) نیز، ارتباط قوی بین آن و بیماریهای متابولیکی نیافتند. با توجه به آزمایش حاضر نیز به نظر می‌رسد بررسی وضعیت انرژی و ابقای انرژی در نشخوارکنندگان کوچک در حال رشد با استفاده از NEFA با معناتر از RQUICKI باشد، اگرچه کمیت RQUICKI نیز می‌تواند به خوبی در ارزیابی بازدهی انرژی خوراک به کار رود.

نتیجه گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش، غلظت گلوکز خون با افزایش فراهمی گلوکز در جیره‌های گلوکوژنیک افزایش یافت، اما غلظت انسولین در جیره‌های حاوی دانه جو، بالاتر بود. از بین زیست شناساگرهای مختلف انرژی، غلظت اسیدهای چرب استریفیه نشده خون می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مناسب در ارزیابی وضعیت انرژی نشخوارکنندگان در حال رشد، مورد استفاده قرار گیرد. از شاخص RQUICKI نیز می‌توان در بررسی بازدهی انرژی در نشخوارکنندگان در حال رشد استفاده نمود. اما به نظر می‌رسد غلظت گلوکز و انسولین پایه، به تنهایی یا با هم، شاخص مناسبی جهت ارزیابی وضعیت انرژی در حیوانات نشخوارکننده نباشند. بنابراین، با توجه به اینکه حساسیت انسولینی نشخوارکنندگان با پیچیدگی‌های بیشتری در مقایسه با تک‌معدی‌ها رو به رو است و آزمایشات چندانی در این زمینه تاکنون گزارش نشده است، اظهار نظر قطعی درباره اثر تداخل بین تخمیرپذیری غلات و غلظت نشاسته جیره بر اساس حساسیت انسولینی و توزیع و ابقای انرژی در آنها، نیاز به انجام آزمایشاتی دقیق‌تر همچون تست تحمل گلوکز، بیان ژن‌های مرتبط با حساسیت انسولینی بافت‌های وابسته به انسولین و تجزیه و ترکیب لاشه دارد.

در آزمایش گارنسورثی و همکاران (12)، غلظت BHBA در گاوهای تازه‌زا، با کاهش نشاسته جیره به طور خطی افزایش یافت که نشان‌دهنده افزایش خطر ابتلا به کتوز بود. در این آزمایش غلظت BHBA سرم بره‌ها در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت که بیانگر عدم تأثیر جیره‌های آزمایشی مختلف بر افزایش کتن‌بادی‌ها در سرم بره‌ها بود.

ضریب همبستگی بین غلظت پایه زیست شناساگرهای انرژی با میانگین مصرف خوراک، افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک در هفته‌های 4 تا 8 دوره آزمایشی در جدول 9 آمده است. غلظت پایه گلوکز، گلوکز:انسولین، کلسترول و AST با هیچ یک از موارد گزارش شده همبستگی نشان ندادند، اما غلظت انسولین با مصرف ماده خشک همبستگی مثبت ($P < 0/05$)، و غلظت BHBA با مصرف ماده خشک و افزایش وزن بدن همبستگی منفی ($P < 0/001$) داشتند. غلظت NEFA با افزایش وزن بدن ($P < 0/05$) و بازدهی خوراک ($P < 0/001$) همبستگی منفی نشان داد و کمیت RQUICKI تنها با بازدهی خوراک همبستگی مثبت نشان داد ($P < 0/01$). با توجه به همبستگی بالای غلظت NEFA پایه با افزایش وزن روزانه و بازدهی خوراک، به نظر می‌رسد غلظت NEFA در بین سایر زیست شناساگرهای انرژی، کمیت مناسب‌تری جهت ارزیابی وضعیت انرژی و حساسیت انسولینی در نشخوارکنندگان در حال رشد باشد، زیرا بر اساس نتایج مطالعات مختلف، افزایش حساسیت انسولینی با افزایش بازدهی انرژی خوراک و ابقای انرژی بافتی در نشخوارکنندگان همراه است (12، 41). کمیت RQUICKI نیز با توجه به همبستگی بالای آن با بازدهی خوراک می‌تواند به‌عنوان یک زیست شناساگر انرژی مورد توجه قرار گیرد. پرسگین و همکاران (28)، RQUICKI را به‌عنوان شاخص مناسبی در ارزیابی حساسیت انسولینی در انسان معرفی کردند. هولتیوس و هولتیوس (17) نیز این کمیت را برای تشخیص مقاومت انسولینی در گاوهای شیرده سالم پیشنهاد کردند. به طور کلی، نتایج حاصل از RQUICKI در تفسیر مقاومت انسولینی نشخوارکنندگان متفاوت است و استفاده از آن در جهت ارزیابی

منابع

- 1- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
- 2- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83: 1598-1624.
- 3- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- 4- Bergman, E. N., S. S. Reulein, and R. E. Corlett. 1989. Effects of obesity on insulin sensitivity and responsiveness in sheep. *American Journal of Physiology*, 257: 772-781.
- 5- Bossaert, P., J. L. Leroy., S. De Campeneere., S. De Vlieghe, and G. Opsomer. 2009. Differences in the glucose-induced insulin response and the peripheral insulin responsiveness between neonatal calves of the Belgian Blue, Holstein-Friesian, and East Flemish breeds. *Journal of Dairy Science*, 92: 4404-4411.

- 6- Bradford, B. J., and M. S. Allen. 2007. Depression in feed intake by a highly fermentable diet is related to plasma insulin concentration and insulin response to glucose infusion. *Journal of Dairy Science*, 90: 3838–3845.
- 7- Chun, M. R., Y. J. Lee., K. H. Kim., Y. W. Kim., S. Y. Park., K. M. Lee., J. Y. Kim, and Y. K. Park. 2010. Differential effects of high-carbohydrate and high-fat diet composition on muscle insulin resistance in rats. *Journal of Korean Medical Science*, 25: 1053-1059.
- 8- Correa, M. T., C. R. Curtis., H. N. Erb., J. M. Scarlett, and R. D. Smith. 1990. An ecological analysis of risk factors for postpartum disorders of Holstein-Friesian cows from thirty-two New York farms. *Journal of Dairy Science*, 73(6): 1515–1524.
- 9- Debras, E., J. Grizard., E. Aina., S. Tesseraud., C. Champredon, and M. Arnal. 1989. Insulin sensitivity and responsiveness during lactation and dry period in goats. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 256: E295–E302.
- 10- DeVisser, H., P. L. Van Der Togt, and S. Tamminga. 1990. Structural and non-structural carbohydrates in concentrate supplements of silage based dairy cow rations: 1. Feed intake and milk production. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38: 487-498
- 11- Duhlmeier, R., A. Hacker., A. Widdel., W. Von Engelhardt, and H. P. Sallmann. 2005. Mechanisms of insulin-dependent glucose transport into porcine and bovine skeletal muscle. *American journal of physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289: R187–R197.
- 12- Garnsworthy, P. C., A. Lock., G. E. Mann, and K. D. Sinclair. 2008. Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 1. Dietary energy source and ovarian function. *Journal of Dairy Science*, 91: 3814–3823.
- 13- Garnsworthy, P. C., J. G. Gong., D. G. Armstrong., G. E. Mann., K. D. Sinclair, and R. Webb. 2009. Effect of site of starch digestion on metabolic hormones and ovarian function in dairy cows. *Livestock Science*, 125: 161–168.
- 14- Grummer, R. R. 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 3882–3896.
- 15- Harmon. D. L, and K. R. McLeod. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: implications and whole-body energetic. *Journal of Animal Science*, 79: E59-E72.
- 16- Hayirli, A. 2006. The role of exogenous insulin in the complex of hepatic lipidosis and ketosis associated with insulin resistance phenomenon in postpartum dairy cattle. *Veterinary Research Communications*, 30: 749–774.
- 17- Holtenius, P, and K. Holtenius. 2007. A model to estimate insulin sensitivity in dairy cows. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 49: 29-31.
- 18- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75: 852–867.
- 19- Kerestes, M., V. Faigl., M. Kulcsar., O. Balogh., J. Foldi., H. Febel., Y. Chilliard, and G. Huszenicza. 2009. Periparturient insulin secretion and whole-body insulin responsiveness in dairy cows showing various forms of ketone pattern with or without puerperal metritis. *Domestic Animal Endocrinology*, 37: 250–261.
- 20- Legro, R. S., D. Finegood, and A. Dunaif. 1998. A fasting glucose to insulin ratio is a useful measure of insulin sensitivity in women with polycystic ovary syndrome. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 83: 2694–2698.
- 21- Lemosquet, S., E. Debras., M. Lebalage., J. France., O. Hocquette., H. Rulquin, and J. Grizard. 2002. Short-term mild hyperglycemia enhances insulin-stimulated glucose disposal in lactating goats. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 282: R464–R474.
- 22- Macrae, A. I., D. A. Whitaker., E. Burrough., A. Dowell, and J. M. Kelly. 2006. Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. *Veterinary Record*, 159(20): 655–661.
- 23- Manns, J. G, and J. M. Boda. 1967. Insulin release by acetate, propionate, butyrate, and glucose in lambs and adult sheep. *American Journal of Physiology*, 212: 747-755.
- 24- Moriel P., T. S. Scatena., O. G. Sá Filho., R. F. Cooke, and J. L. M. Vasconcelos. 2008. Concentrations of progesterone and insulin in serum of nonlactating dairy cows in response to carbohydrate source and processing. *Journal of Dairy Science*, 91: 4616-4621.
- 25- Oba, M, and M. S. Allen. 2003. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *Journal of Dairy Science*, 86:174–183.
- 26- Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, 63: 1634–1648.
- 27- Patton, R. S., C. E. Sorenson, and A. R. Hippen. 2004. Effects of dietary glucogenic precursors and fat on feed intake and carbohydrate status of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87: 2122–2129.
- 28- Perseghin, G., A. Caumo., M. Caloni., G. Testolin, and L. Luzi. 2001. Incorporation of the fasting plasma FFA concentration into quickiimproves its association with insulin sensitivity in non-obese individuals. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86: 4776-4781.
- 29- Petterson, J. A., F. R. Dunshea., R. A. Ehrhardt, and A. W. Bell. 1993. Pregnancy and under nutrition alter glucose metabolic responses to insulin in sheep. *Journal of Nutrition*, 123: 1286–1295.
- 30- Pires, J. A. A., J. B. Pescara., A. E. Brickner., N. Silva del Rio., A. P. Cunha, and R. R. Grummer. 2008. Effects of

- abomasal infusion of linseed oil on responses to glucose and insulin in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 91: 1378–1390
- 31- Pires, J. A. A., J. B. Pescara, and R. R. Grummer. 2007a. Reduction of plasma NEFA concentration by nicotinic acid enhances the response to insulin in feed-restricted Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 4635–4642.
- 32- Pires, J. A. A., A. H. Souza, and R. R. Grummer. 2007b. Induction of hyperlipidemia by intravenous infusion of tallow emulsion causes insulin resistance in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 2735–2744.
- 33- Reynolds, C. K. 1992. Metabolism of nitrogenous compounds by ruminant liver. *Journal of Nutrition*, 122: 850–854.
- 34- Reynolds, C. K., S. B. Cammel., D. J. Humphries., D. E. Beever., J. D. Sutton, and J. R. Newbold. 2001. Effects of postprandial starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84: 2250–2259.
- 35- SAS. 2005. Statistical Analysis System. Version 9.1 (release TS1M3). SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- 36- Schoenberg, K. M., R. M. Ehrhardt, and T. R. Overton. 2012. Effects of plane of nutrition and feed deprivation on insulin responses in dairy cattle during late gestation. *Journal of Dairy Science*, 95: 670–682.
- 37- Stengårde, L. 2010. Displaced abomasum and ketosis in dairy cows (blood profiles and risk factors). PhD Thesis. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Department of Clinical Sciences, University of Agricultural Sciences, Uppsala. Swedish.
- 38- Turchiano, M., C. Nguyen, A. Fierman., M. Lifshitz, and A. Convit. 2013. Impact of blood sample collection and processing methods on glucose levels in community outreach studies. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013: 1-4.
- 39- Vakili, A., A. Mortezaee., M. Danesh Mesgaran. 2011. The effect of glucogenic and lipogenic diets on blood metabolites of baloochi sheep. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5: 2076-78.
- 40- Van Knegsel, A. T. M., H. Van den Brand., E. A. M. Graat., J. Dijkstra., R. Jorritsma., E. Decuyper., S. Tamminga, and B. Kemp. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: metabolites and metabolic hormones. *Journal of Dairy Science*, 90: 1477–1485.
- 41- Van Knegsel, A. T. M., H. Van den Brand., J. Dijkstra., W. M. Van Straalen., M. J. W. Heetkamp., S. Tamminga, and B. Kemp. 2007b. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: energy partitioning and milk composition. *Journal of Dairy Science*, 90: 1467–1476.
- 42- Van Knegsel, A. T. M., H. Van den Brand., J. Dijkstra., W. M. Van Straalen., R. Jorritsma., S. Tamminga, and B. Kemp. 2007. Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites, and reproduction in primiparous and multiparous dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 90: 3397–3409.
- 43- Van Knegsel, A. T. M., H. van den Brand., J. Dijkstra., S. Tamminga, and B. Kemp. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reproduction Nutrition Development*, 45: 665–688.
- 44- Van Soest, P. J., Robertson, J. B, and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3593–3597.
- 45- Vuguin, P., P. Saenger, and J. Dimartino-Nardi. 2001. Fasting glucose insulin ratio: a useful measure of insulin resistance in girls with premature adrenarche. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(10): 4618–4621.
- 46- Walker, J. A, and Harmon, D. L. 1995. Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. *Journal Animal Science*, 73(12): 3766–74.

The Effect of Glucogenic and Lipogenic Diets on Blood Serum Concentration of Energy Biomarkers in Female Baloochi Lambs

A. Bohluli Ghaen¹ - A. Naserian^{2*} - R. Valizade² - M. R. Nasiri²

Received: 22-06-2014

Accepted: 13-08-2014

Introduction Recently, dietary balance of glucogenic and lipogenic nutrients is known as an important factor on severity of the NEB and metabolic disorders in transition dairy ruminants. Insulin plays a central role in metabolism by stimulating utilization of glucose in peripheral tissues such as muscle and adipose tissue and by promoting accumulation of glycogen and lipid reserves. In this study the main hypothesis was that plasma insulin concentration would be influenced by dietary quantity and quality of starch and fat. In different studies in dairy cows, insulin was increased by diets with high starch content and was decreased by diets with high fat content, although increased insulin concentrations were found when supplementary fat increased energy intake. Blood concentrations of NEFA, BHBA, Glucose, insulin, cholesterol, AST and the quantity of RQUICKI were assigned to detect the insulin sensitivity in dairy cows. This experiment was aimed to study the dietary fat concentration and starch degradability effects on insulin resistance in ruminants in equal energy diet, using Baluchi sheep.

Materials and methods Twenty and eight female Baluchi lamb with 14.9 ± 2.3 wk of age and 26.3 ± 4.6 kg of BW were assigned to 4 treatments in completely randomized design with 2×2 factorial arrangement and fed 4 rations; 1) without tallow-corn (glucogenic-corn), 2) without tallow-barley (glucogenic-barley), 3) tallow-corn (lipogenic-corn) and 4) tallow-barley (lipogenic-barley), for 9 weeks. Experimental TMR rations were formulated with 60% concentrate and 40% alfalfa according to the AFRC, 1993. Lambs had free access to clean water and feed through individual boxes. Daily feed intake, body weight gain and fasting blood sampling were detected weekly. Blood sampling were sampled by the 6ml tubes (Gel/Clot activator, GD060SGC, Zhejiang Gongdong Medical Technology Co., Ltd), then Serums were reserved in the $-800C$ until blood metabolites detection. Statistical analysis was performed by SAS (9.1) software.

Results and discussion Experimental diets was not affected on average feed intake of lambs, but body weight gain and feed efficiency in week 4 to 8, affected by fat \times cereal interaction and they were highest in lipogenic-corn treatment and feed efficiency was correlated with serum glucose concentration ($P < 0.05$). Glucogenic diet may increase the tissue retention by increasing the glucose and insulin blood concentration in the cow.

Blood insulin was higher in barley vs. corn diet ($P < 0.05$). Injection of propionate more than glucose or butyrate increased blood insulin in lamb. So, by feeding the barley diet it may be degraded more starch in the rumen and increase the amount of propionate blood concentration which stimulated more insulin secretion. Supplementing tallow in a diet increased cholesterol and AST, but decreased glucose concentration in this experiment ($P < 0.05$), although the amount of them were in normal range. It would be indicated the lipogenic diet could be disposed lambs to the fatty liver diseases. In other hand, basal concentration of serum non esterified fatty acids and Revised Quantitative Insulin Sensitivity Check Index (RQUICKI) affected by fat \times cereal interaction and RQUICKI was positively correlated with feed efficiency ($P < 0.05$). It seems that there was no correlation between RQUICKI and metabolically disorders in ruminants however the RQUICKI is a good factor for evaluation of feed efficiency in ruminant nourishment.

Conclusion Fat concentration, quantity and quality of starch source in a diet are parameters that may affect insulin sensitivity metabolites in ruminants. It seems that when moderate levels of fat and starch coincides in ruminant diet, their efficiency and energy status can improve.

Key words: Barley, Corn, Feed efficiency, Insulin sensitivity, Tallow.

1- Former PhD Student of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
2- Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: abasalin@yahoo.com)