



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گorgan

نشریه پژوهش در نشخوارکنندگان

جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹۶

<http://ejrr.gau.ac.ir>

## اثر سطح تولید و منبع مکمل چربی بر عملکرد تولید، گوارش پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های خونی گاوهای هلستاین تک شکم‌زا تحت تنش گرمایی

بهزاد اخلاقی<sup>۱</sup>، \* غلام‌رضا قربانی<sup>۲</sup>، مسعود علیخانی<sup>۳</sup>، شهریار کارگر<sup>۴</sup> و علی صادقی سفیدمزیگی<sup>۵</sup>  
دانشجوی دکتری، <sup>۱</sup>استاد، <sup>۲</sup>دانشیار، <sup>۳</sup>استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، <sup>۴</sup>استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز  
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** گاوهای شیری تحت تنش گرمایی از نظر توازن انرژی شبیه گاوهای تازه‌زا هستند که انرژی جیره بیشینه تولید شیر و ترکیبات آن را تأمین نمی‌کند. تولید شیر گاوهای شیری تحت تنش گرمایی معمولاً طی تابستان کم می‌شود و از این رو افزایش عملکرد گاوها در این دوره مورد توجه است. به‌طور معمول بدون تغییر نسبت علوفه به کنسانتره و با مصرف مکمل چربی می‌توان تراکم انرژی جیره را افزایش داد. در پژوهش‌های بسیار اندکی استفاده از روغن نخل کلسیمی شده (چربی کلسیمی) در مقابل چربی نخل غنی از اسید پالمیتیک (چربی نخل) در جیره گاوهای شیری تحت تنش گرمایی مورد ارزیابی قرار گرفته است. هم‌چنین، نشان داده شده است که پاسخ به مکمل چربی در گاوهای شیری می‌تواند به سطح تولید آنها بستگی داشته باشد. از این رو، هدف از این پژوهش ارزیابی استفاده از مکمل چربی و برهم کنش آن با سطح تولید بر تولید شیر و ترکیبات آن، گوارش پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوهای شیری هلستاین تک شکم‌زا تحت تنش گرمایی بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش، از تعداد ۵۶ رأس گاو هلستاین تک شکم‌زا که به صورت گروهی در بهاربندهای مجزا نگهداری می‌شدند، استفاده شد. گاوها بر اساس تولید شیر به دو گروه پر تولید (۱۳۴۷۴/۷ کیلوگرم) و متوسط تولید (۱۰۴۳۸/۱ کیلوگرم) تقسیم شده و یکی از دو جیره آزمایشی دارای مکمل چربی

\*نویسنده مسئول: [ghorbani@cc.iut.ac.ir](mailto:ghorbani@cc.iut.ac.ir)

کلسیمی یا نخل (به میزان ۲/۸ درصد ماده خشک جیره) را دریافت کردند. شاخص دمایی-رطوبتی و تولید شیر به‌طور روزانه و ترکیبات شیر، گوارش‌پذیری مواد مغذی، فراسنجه‌های خونی و شمار سلول‌های خونی هر دو هفته یک بار اندازه‌گیری شدند.

**یافته‌ها:** میانگین بیشینه شاخص دمایی-رطوبتی در طول دوره آزمایش ۷۵/۵۰ بود که نشان می‌دهد گاوها تنش گرمایی ملایم تا متوسطی را تجربه کرده‌اند. بر هم کنش سطح تولید با منبع چربی بر تولید شیر خام ( $P = ۰/۰۳$ ) و شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی ( $P = ۰/۰۲$ ) و تولید چربی ( $P = ۰/۰۲$ ) معنی‌دار بود به گونه‌ای که تولید شیر و تولید چربی در گاوهای پر تولید تغذیه شده با مکمل چربی نخل بیش‌تر از گاوهای پر تولید تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی بود اما در گاوهای متوسط تولید منبع چربی تأثیری بر تولید شیر و تولید چربی نداشت. منبع چربی تأثیری بر گوارش‌پذیری مواد مغذی نداشت. کلسترول خون گاوهای تغذیه شده با چربی نخل بیش‌تر از گاوهای تغذیه شده با چربی کلسیمی بود. هم‌چنین، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین‌های با چگالی زیاد، لیپوپروتئین‌های با چگالی خیلی کم و نیتروژن اوره‌ای خون گاوهای تغذیه شده با چربی نخل تمایل به افزایش داشت. منبع چربی تأثیری بر شمار سلول‌های خونی (سلول‌های سفید، قرمز و پلاکت‌ها) و شمار تفریقی سلول‌های سفید خون نداشت.

**نتیجه‌گیری:** منبع مکمل چربی تأثیری بر عملکرد تولید گاوهای تک شکم‌زا متوسط تولید تحت تنش گرمایی نداشت اما مکمل چربی نخل تولید شیر و چربی گاوهای پر تولید را افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی:** سطح تولید، چربی نخل، چربی کلسیمی، تنش گرمایی، گاو شیری

## مقدمه

گاوهای شیری تحت تنش گرمایی از نظر توازن انرژی شبیه گاوهای تازه‌زا هستند که انرژی جیره بیشینه تولید شیر و ترکیبات آن را تأمین نمی‌کند (۱۴ و ۱۷). تولید شیر گاوهای شیری تحت تنش گرمایی معمولاً طی تابستان کاهش می‌یابد و از این رو افزایش عملکرد گاوها در این دوره مورد توجه است (۱۵). از جمله عواملی که طی دوره تنش گرمایی تولید شیر و سلامت دام را تحت تأثیر قرار می‌دهند می‌توان به افزایش نیاز نگهداری، کاهش ماده خشک مصرفی، کاهش فعالیت نشخوار و جذب مواد مغذی، نارسایی در عملکرد کبد، افزایش تنش اکسیداتیو و ضعف در عملکرد سیستم ایمنی اشاره کرد (۱۴، ۱۵ و ۱۷). بنابراین، کاهش در مصرف انرژی سبب کاهش در توازن انرژی و در نهایت کاهش وزن می‌شود (۱۴). راهبرد تغذیه‌ای برای رفع این مشکل شامل افزایش تراکم انرژی جیره با استفاده از کنسانتره‌های پر نشاسته یا مکمل‌های چربی می‌باشد (۱۴). به‌طور معمول از مکمل چربی برای افزایش تراکم انرژی جیره‌ها استفاده می‌شود بدون این که نسبت علوفه در جیره تغییر یابد، تا از این طریق از بروز اسیدوزیس جلوگیری شود. هم‌چنین، نشان داده شده است که پاسخ به مکمل چربی به ویژه منبع اشباع چربی (بیش از ۸۵ درصد اشباع) در گاوهای شیری می‌تواند به سطح تولید آنها بستگی داشته باشد و این پاسخ در پژوهش‌های پیشین متفاوت گزارش شده است. به عنوان نمونه، تغذیه چربی خیلی اشباع به میزان ۱/۵ تا ۲ درصد ماده خشک جیره تأثیر متفاوتی بر عملکرد تولیدی گاوها در مقایسه با جیره شاهد بدون مکمل چربی داشته است که از آن جمله می‌توان به افزایش تولید شیر ۳/۱ کیلوگرم در روز (۱۸)، ۲/۲ کیلوگرم در روز (۲۸) و ۱/۱ کیلوگرم در روز (۲۱) و یا عدم تفاوت در تولید (۱۶) اشاره کرد. هم‌چنین، افزایش در تولید چربی به میزان ۲۸۶ گرم در روز (۱۸)، ۹۰ گرم در روز (۱۶) و ۸۰ گرم در روز (۲۱) و یا عدم تفاوت در آن (۲۹) گزارش شده است. این تفاوت در پاسخ می‌تواند به خاطر سطح تولید گاوهای استفاده شده در این پژوهش‌ها باشد. به عنوان نمونه، نشان داده شده که تولید پروتئین شیر در گاوهای پر تولید در مقایسه با گاوهای کم تولیدتر بیش‌تر با تغذیه چربی اشباع (تا چربی غیر اشباع) افزایش پیدا کرده است. علاوه بر این، گاوها در اوایل دوره شیردهی با تولید کم شیر پاسخ مناسب‌تری به تغذیه چربی خیلی اشباع در مقایسه با گاوهای پر تولیدتر می‌دهند (۲۹). یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در تفاوت پاسخ می‌تواند منبع چربی (اشباع و غیر اشباع) باشد. برای نمونه، گاوهای پر تولید تغذیه شده با چربی نخل خیلی اشباع در مقایسه با چربی نخل کلسیمی شده در فصلی که تنش گرمایی وجود نداشته سبب افزایش ۱/۷

کیلوگرم در روز شیر و ۴۰ گرم در روز چربی شیر شده است که بخشی از این تفاوت در تولید شیر تمایل به خوراک مصرفی بیش‌تر (۰/۸ کیلوگرم در روز) در گاوهای تغذیه شده با چربی نخل خیلی اشباع نسبت داده شده است (۲۲). همین آزمایش وقتی در تابستان با در نظر گرفتن سطح تولید گاوها تکرار شد بر هم کنشی بین سطح تولید و منبع چربی (چربی نخل غنی شده از اسید پالمیتیک و روغن نخل معمولی که کلسیمی شده) بر تولید شیر و ترکیبات شیر مشاهده نشد به جز این که در گاوهای پر تولید تغذیه شده با چربی نخل کلسیمی شده درصد چربی شیر در مقایسه با گاوهای پر تولید تغذیه شده با چربی نخل غنی شده از اسید پالمیتیک کم‌تر بود (۲۳). بر اساس منابع در دسترس، در هیچ پژوهشی استفاده از منبع اسیدهای چرب غیر اشباع کلسیمی شده در مقابل اسیدهای چرب خیلی اشباع نخل و غنی شده با اسید پالمیتیک در جیره گاوهای شیری تحت تنش گرمایی مورد ارزیابی و مقایسه قرار نگرفته است و پاسخ به سایر منابع چربی نیز بر اساس سطح تولید گاوها متفاوت بوده است. نکته مهم دیگر این است که در بیش‌تر پژوهش‌های پیشین پاسخ‌های کوتاه مدت به تغذیه مکمل چربی در قالب طرح مربع لاتین (که امکان انتقال اثر تغذیه چربی در یک دوره به دوره بعد<sup>۱</sup> وجود دارد) بررسی شده و به پاسخ‌های بلند مدت کم‌تر پرداخته شده است. از این رو، هدف از انجام این پژوهش ارزیابی بلند مدت استفاده از مکمل چربی و بر هم کنش آن با سطح تولید بر تولید شیر و ترکیبات آن، گوارش پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوهای شیری هلشتاین تک شکم‌زا تحت تنش گرمایی بود.

## مواد و روش‌ها

ثبت داده هواشناسی: این پژوهش از تیر ماه سال ۱۳۹۳ تا مهر ماه همان سال در مجتمع شیر و گوشت فوده سپاهان اصفهان انجام شد. در طول دوره آزمایش به منظور محاسبه شاخص دمایی-رطوبتی (THI)، میانگین، کمینه و بیشینه دمای مخزن خشک ( $T_{db}$ ) و رطوبت نسبی (RH) روزانه (هر ۱۵ دقیقه یک بار) توسط داده نگار دیجیتالی (Model ST-172; Fotronic Co., Melrose, MA) ثبت شد. داده نگار در فاصله ۲ متری از سطح زمین و داخل جایگاه نگهداری گاوها به دور از تماس مستقیم با فن و

### 1. Carry-over effect

مهپاش نصب شد. شاخص دمایی-رطوبتی بر اساس فرمول ذیل محاسبه (۶) و اعداد به دست آمده در جدول ۱ گزارش شده‌اند.

$$THI = (1/8 \times T_{db} + 32) - [(0/55 - 0/0055 \times RH) \times (1/8 \times T_{db} - 26/8)]$$

جدول ۱: میانگین روزانه دمای مخزن خشک ( $T_{db}$ : بیشینه، کمینه و میانگین)، رطوبت نسبی (RH: بیشینه، کمینه، میانگین) و میانگین بیشینه شاخص دمایی-رطوبتی (THI) در طول دوره آزمایش

Table 1. Average daily dry bulb temperature ( $T_{db}$ ; max, min, and mean), relative humidity (RH; max, min, mean), and average maximum temperature-humidity index (THI) over the experimental period

میانگین کل دوره	فراسنجه
Whole period average	Parameter
32.37	بیشینه دمای مخزن خشک، درجه سانتی‌گراد Maximum dry bulb temperature, °C
11.50	کمینه دمای مخزن خشک، درجه سانتی‌گراد Minimum dry bulb temperature, °C
24.49	میانگین دمای مخزن خشک، درجه سانتی‌گراد Average dry bulb temperature, °C
53.34	بیشینه رطوبت نسبی، درصد Maximum relative humidity, %
13.95	کمینه رطوبت نسبی، درصد Minimum relative humidity, %
29.44	میانگین رطوبت نسبی، درصد Average relative humidity, %
75.50	میانگین بیشینه شاخص دمایی-رطوبتی Average maximum temperature-humidity index

دام، طرح آزمایشی و تیمارها: در این پژوهش از تعداد ۵۶ رأس گاو هلشتاین تک شکم‌زا که بر مبنای جیره‌های آزمایشی به صورت گروهی در بهاربندهای مجزا نگهداری می‌شدند، استفاده شد. میانگین تولید شیر و روزهای شیردهی گاوها در زمان شروع آزمایش به ترتیب  $6/2 \pm 43/1$  کیلوگرم و  $13 \pm 63$  روز بود. گاوها بر اساس شیر تولیدی به دو گروه پر تولید (۱۳۴۷۴/۷ کیلوگرم) و متوسط تولید (۱۰۴۳۸/۱ کیلوگرم) تقسیم شده و به طور تصادفی یکی از دو جیره آزمایشی دارای مکمل چربی نخل غنی از اسید پالمیتیک و یا چربی کلسمی را به میزان ۲/۸ درصد ماده خشک جیره دریافت کردند.

جیره‌ها با نسخه پنجم نرم‌افزار جیره‌نویسی CNCPS به گونه‌ای تنظیم شدند که از نظر انرژی و پروتئین متوازن باشند (جدول ۲).

نمونه‌گیری و تجزیه خوراک و شیر: خوراک روزانه در سه نوبت (۰۵:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۷:۰۰) و در حد اشتها به صورت جیره کاملاً مخلوط در اختیار دام‌ها قرار می‌گرفت به گونه‌ای که همیشه بیش از ۱۰ درصد خوراک در آخور باقی بماند. گاوها در هر بهار بند دسترسی آزاد به آب و سنگ نمک داشتند. مقدار مکمل چربی مصرفی روزانه به دو قسمت تقسیم می‌شد و همراه با وعده‌های خوراک‌دهی صبح و بعد از ظهر به صورت سرک عرضه می‌شد و به منظور توزیع یکنواخت آن بلافاصله با خوراک داخل آخور مخلوط می‌شد. به منظور تعیین گوارش‌پذیری مواد مغذی، نمونه مدفوع هر دو هفته یک بار (دو بار و پس از وعده‌های خوراک‌دهی صبح و بعد از ظهر) از طریق مقعد گرفته شد (۱۳). برای تعیین ماده خشک و ترکیبات شیمیایی، نمونه‌هایی از جیره آماده شده (هر هفته تا پایان دوره آزمایشی) بلافاصله پیش از وعده خوراک‌دهی صبح گرفته شده و تا انجام تجزیه آزمایشگاهی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها با استفاده از آسیاب رومیزی مجهز به الک ۱ میلی‌متری آسیاب شدند و ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی با استفاده از سولفیت سدیم و آنزیم آلفا آمیلاز مقاوم به حرارت (۱۰۰ میکرولیتر به ازای ۰/۵ گرم نمونه) و اسیدی، عصاره اتری و خاکستر نامحلول در اسید (به عنوان نشانگر داخلی جهت تعیین گوارش‌پذیری مواد مغذی) در ۳ تکرار تعیین شدند (۱، ۱۳ و ۲۷).

گاوها روزانه ۴ بار در ساعات ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۴:۰۰ دوشیده می‌شدند و نمونه‌گیری از شیر برای تعیین ترکیبات آن در ابتدای ورود گاوها به طرح و هر دو هفته یک بار تا انتهای آزمایش تکرار شد. شیر تولیدی در هر وعده شیردوشی ثبت و از آن نمونه‌گیری (داخل ظروف پلاستیکی ۵۰ سی‌سی از پیش بر چسب زده شده حاوی دی کرومات پتاسیم) می‌شد. نمونه‌های مربوط به هر گاو بر اساس میزان شیر تولیدی همان روز مخلوط شده و برای تعیین میزان چربی و پروتئین با دستگاه میلکواسکن (Model BN 134, Foss Electric, Hillerød, Denmark) به آزمایشگاه شیر دانشگاه صنعتی اصفهان ارسال می‌شد. برای محاسبه تولید چربی و پروتئین، شیر تولیدی هر گاو در درصد چربی و پروتئین آن ضرب شد. برای محاسبه مقدار شیر تولیدی بر مبنای ۳/۵ درصد چربی از فرمول ذیل استفاده شد (۱۵).

تولید چربی (کیلوگرم)  $\times 16/216 +$  تولید شیر (کیلوگرم)  $\times 0/4324 =$  شیر تصحیح شده برای ۳/۵ درصد چربی

نمونه‌گیری و تجزیه خون: نمونه‌گیری از خون (۴ ساعت بعد از وعده خوراک‌دهی صبح از سپاه‌رگ دمی و توسط لوله‌های تحت خلاء حاوی سدیم هپارین) در ابتدای ورود گاوها به طرح انجام شد و هر دو هفته یک بار تا انتهای دوره آزمایشی تکرار شد (۱۴ و ۱۵). جهت جدا سازی پلاسما، نمونه‌ها در ۳۰۰۰ دور به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند (۱۴). تجزیه هماتولوژیکی نمونه‌های خون با استفاده از دستگاه Model K-1000; Black Scientific Inc., ) Automated Sysmex hematology analyzer (Bellport, NY انجام گرفت (۱۵). غلظت‌های پلاسمایی گلوکز، تری‌گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین‌هایی با چگالی زیاد، کم و خیلی کم، نیتروژن اوره‌ای خون، آسپاراتات آمینوترانسفراز، آلانین آمینوترانسفراز، پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین با کیت‌های شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) و دستگاه ALCYON 300i automatic analyzer (Abbott Laboratories Ltd., Chicago, IL) تعیین شدند (۱۴ و ۱۵).

جدول ۲: مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (براساس درصد ماده خشک)

Table 2. Feed ingredients and chemical composition of experimental diets based on dry matter %.

جیره‌های آزمایشی (Experimental diets)		مواد خوراکی
چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat (PF)	
26.59	26.59	سیلاژ ذرت Corn silage
11.47	11.47	یونجه خشک Alfalfa hay
18.04	18.04	دانه جو آسیاب شده Ground barley grain
15.25	15.25	دانه ذرت آسیاب شده Ground corn grain
2.30	2.30	دانه گندم آسیاب شده Ground wheat grain
4.71	4.71	پنبه دانه Whole cotton seed
1.41	1.41	دانه سویای تف داده شده Roasted soybean
9.22	9.22	کنجاله سویای معمولی Regular soybean meal
1.06	1.06	کنجاله سویای عبوری By-pass soybean meal
2.35	2.35	کنجاله کانولا Canola meal

بهباد اخلاقی و همکاران

0.93	0.93	Meat meal	پودر گوشت
0.88	0.88	Fish meal	پودر ماهی
0.05	0.05	Smart-amine	اسمارت آمین
—	2.80	C16:0 enriched palm fat <sup>1</sup>	چربی نخل غنی از اسید پالمیتیک <sup>1</sup>
2.80	—	Ca-salts of palm fat <sup>2</sup>	چربی نخل کلسیمی شده <sup>2</sup>
0.26	0.26	Vitamin-mineral mixture <sup>3</sup>	پیش مخلوط ویتامینی-مواد معدنی <sup>3</sup>
1.10	1.10	Sodium-bicarbonate	جوش شیرین
0.78	0.78	Calcium carbonate	آهک
0.25	0.25	Di-calcium phosphate	دی کلسیم فسفات
0.46	0.46	Salt	نمک
<b>ترکیب شیمیایی</b>			
<b>Chemical composition</b>			
45.20	44.20	Dry matter	ماده خشک
16.60	16.30	Crude protein	پروتئین خام
34.16	33.32	Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده خنثی
22.57	22.44	Acid detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی
43.5	42.80	Non-fibrous carbohydrate	کربوهیدرات‌های غیر الیافی
6.10	6.60	Ether-extract	عصاره اتری
8.90	8.00	Ash	خاکستر
1.74	1.77	NE <sub>L</sub> , Mcal/kg of DM	انرژی خالص شیردهی <sup>4</sup> ، مگا کالری بر کیلوگرم ماده خشک



واکاوی آماری: داده با مدل مختلط نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱؛ ۲۴) واکاوی شد. مدل کلی استفاده شده در این آزمایش عبارت بود از:

$$Y_{ijkl} = \mu + PL_i + FS_j + (PL \times FS)_{ij} + T_k + (PL \times T)_{ik} + (FS \times T)_{jk} + (PL \times FS \times T)_{ijk} + \beta(X_i - \bar{X}) + e_{ijkl}$$

که در این مدل  $Y_{ijkl}$  متغیر وابسته،  $\mu$  میانگین،  $PL_i$  سطح تولید (پر تولید و متوسط تولید)،  $FS_j$  منبع مکمل چربی (چربی نخل غنی از اسید پالمیتیک و چربی نخل کلسیمی شده)،  $(PL \times FS)_{ij}$  بر هم کنش سطح تولید با منبع مکمل چربی،  $T_k$  اثر زمان،  $(PL \times T)_{ik}$  بر هم کنش سطح تولید با زمان،  $(FS \times T)_{jk}$  بر هم کنش منبع مکمل چربی با زمان،  $(PL \times FS \times T)_{ijk}$  بر هم کنش سه طرفه سطح تولید، منبع مکمل چربی و زمان،  $\beta(X_i - \bar{X})$  اثر متغیر همبسته که در آن  $\beta$  ضریب رگرسیون،  $X_i$  عامل همبسته و  $\bar{X}$  میانگین کل عامل همبسته است و  $e_{ijkl}$  اثر خطا بود. هم چنین، اثر دام به عنوان اثر تصادفی در مدل وارد شد. تولید شیر و ترکیبات آن و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون در زمان شروع آزمایش به عنوان عامل همبسته برای واکاوی عملکرد تولیدی و تغییر در فراسنجه‌های خونی استفاده شدند. هم چنین، گزارش‌پذیری مواد مغذی بدون در نظر گرفتن عامل همبسته (به دلیل این که در شروع آزمایش نمونه مدفوع گرفته نشده بود) واکاوی شد. از کم‌ترین سطح آماره BIC (Bayesian Information Criterion) برای انتخاب مناسب‌ترین ساختار کوواریانس مربوط به هر فراسنجه تکرار شونده استفاده شد. مناسب‌ترین ساختار کوواریانس انتخاب شده AUTOREGRESSIVE نوع یک بود. توزیع نرمال داده و همگنی واریانس برای باقی‌مانده‌ها با رویه UNIVARIATE مورد آزمون قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن و پیش از واکاوی آماری با تبدیل داده (گرفتن لگاریتم) آن داده دارای توزیع نرمال شد. به دلیل این که اثرات زمان، سطح تولید  $\times$  زمان، منبع چربی  $\times$  زمان، سطح تولید  $\times$  منبع چربی  $\times$  زمان بر عملکرد تولیدی معنی‌دار نبودند، در جدول نتایج هم گزارش نشدند. هم چنین، به دلیل معنی‌دار شدن اثرات منبع چربی، زمان و منبع چربی  $\times$  زمان برای گزارش‌پذیری مواد مغذی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون فقط همین اثرات در جدول نتایج گزارش شدند. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای توکی مقایسه و تفاوت بین جیره‌های آزمایشی در سطح  $P \leq 0.05$  معنی‌دار و بین  $P > 0.05$  تا  $0.10$   $P$  تمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی و شاخص دمایی-رطوبتی: همان‌طوری که در جدول ۱ نمایش داده شده است میانگین بیشینه شاخص دمایی-رطوبتی، رطوبت نسبی و بیشینه دمای هوا در کل دوره آزمایش به ترتیب ۷۵/۵۰، ۱۳/۹۵ درصد و ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد بود. داده هوا شناسی نشان داد که گاوها در طول انجام آزمایش تنش گرمایی ملایم تا متوسطی را تجربه کرده‌اند (۲). پاسخ‌های فیزیولوژیکی گاوهای شیری بر تولید به تنش گرمایی از نظر کاهش در ماده خشک مصرفی و تولید شیر و همچنین افزایش نیاز به انرژی نگهداری در شاخص دمایی-رطوبتی تقریباً ۷۲ (۲) یا ۶۸ (۴) شروع می‌شود.

**تولید شیر و ترکیبات آن:** میانگین تولید شیر و ترکیبات آن در جدول ۳ آورده شده است. برهم‌کنش بین سطح تولید و منبع چربی بر شیر خام تولیدی، شیر تصحیح شده برای ۳/۵ درصد چربی و چربی تولیدی معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). در گاوهای پر تولید تغذیه شده با مکمل چربی نخل تولید شیر و چربی بیش‌تر از گاوهای پر تولید تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی بود. منبع چربی تأثیری بر تولید شیر و چربی گاوهای متوسط تولید نداشت. سطح تولید و منبع چربی تأثیری بر درصد چربی و پروتئین شیر و نیز تولید پروتئین شیر نداشت. داخل یک گله، فیزیولوژی و سوخت و ساز تک تک گاوها خیلی متفاوت از هم است (۲۳) و ممکن است با برخی تیمارهای جیره‌ای برهم‌کنش داشته باشد. به عنوان نمونه، گاوهای پر تولید نیاز به انرژی بیش‌تری دارند که این امر منجر به تغییر در ماده خشک مصرفی، اندازه مخزن شکمبه، نرخ عبور از شکمبه و تخمیر میکروبی می‌شود (۱۲). هارواتاین و آلن (۲۰۰۶b) کاهش در چربی شیر گاوهای پر تولیدی که با جیره دارای مکمل چربی غیر اشباع تغذیه شدند، گزارش و دلیل احتمالی آن را برهم‌کنش بین محیط شکمبه گاوهای پر تولید و اسیدهای چرب غیر اشباع مکمل چربی عنوان کردند. همچنین، احتمال تفاوت در تفکیک چربی جذب شده بین شیر و ذخایر بدنی وجود دارد هر چند این ایده به خوبی مورد آزمون قرار نگرفته است. تغذیه گاوهای پر تولید با چربی نخل خیلی اشباع در مقایسه با چربی نخل کلسیمی شده در فصلی که تنش گرمایی وجود نداشته سبب افزایش ۱/۷ کیلوگرم در روز در شیر و ۴۰ گرم در روز چربی شیر شده است که بخشی از این تفاوت در تولید شیر تمایل به مصرف خوراک بیش‌تر (۰/۸ کیلوگرم در روز) در گاوهای تغذیه شده با چربی نخل خیلی اشباع نسبت داده شده است (۲۳). همین آزمایش وقتی در تابستان با در نظر گرفتن سطح تولید گاوها تکرار شد برهم‌کنشی بین سطح تولید و منبع چربی (چربی نخل غنی شده از اسید پالمیتیک و چربی نخل معمولی که کلسیمی شده) بر تولید شیر و ترکیبات شیر

مشاهده نشد به جز این که در گاوهای پر تولید تغذیه شده با مکمل چربی نخل کلسیمی شده درصد چربی شیر اما نه تولید آن در مقایسه با گاوهای پر تولید تغذیه شده با چربی نخل غنی شده از اسید پالمیتیک کم تر بود (۲۲). الگوی اسیدهای چرب مکمل چربی بر تولید شیر و درصد چربی شیر تأثیر گذار است. مشاهده شده که تزریق شیردانی مخلوطی از اسیدهای چرب کوتاه و متوسط زنجیر اشباع درصد چربی شیر و تولید آن را افزایش داد اما مکمل اسیدهای چرب بلند زنجیر تأثیری بر آن در مقایسه با گروه شاهد (بدون تزریق چربی) نداشت (۱۱). به طور مشابهی، گزارش شده که مکمل چربی غنی از اسید پالمیتیک تولید چربی شیر را افزایش داد (۷، ۱۸، ۲۶). موزلی و همکاران (۲۰۰۷) با زیاد کردن غلظت اسید پالمیتیک جیره از ۱/۸ به ۵/۲ درصد ماده خشک، افزایش خطی در تولید چربی شیر و نیز افزایش سهم اسید پالمیتیک را در چربی شیر گزارش کردند. در پژوهش‌هایی که اخیراً به انجام رسیده افزایش در درصد و تولید (۴۰ تا ۱۰۰ گرم) چربی شیر با تغذیه مکمل چربی غنی از اسید پالمیتیک مشاهده شده است (۱۶، ۲۱ و ۲۳).

**گوارش پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش: میانگین گوارش پذیری ظاهری مواد مغذی در کل دستگاه گوارش در جدول ۴ آورده شده است.** گوارش پذیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و عصاره اتری تحت تأثیر منبع چربی تغذیه شده قرار نگرفت اما به طور عددی در گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی بیش تر از گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نخل بود. بر هم کنش بین منبع چربی و زمان برای گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی معنی دار بود ( $P = 0/05$ ) به گونه‌ای که گوارش پذیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی در ماه دوم پس از شروع آزمایش در گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نخل در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی کم تر بود. هارواتاین و آلن (۲۰۰۶a) این اثر را به کاهش در نرخ گوارش پذیری و افزایش در نرخ عبور الیاف نامحلول در شوینده خنثی که بالقوه گوارش پذیر هستند، نسبت دادند. در پژوهش‌های پیشین که مکمل چربی اشباع مروریدی با نمک‌های کلسیمی اسیدهای چرب نخل در سطح ۳/۰ تا ۳/۵ درصد ماده خشک جیره مورد مقایسه قرار گرفته، تأثیری بر گوارش پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی چه در گاوهای کم تولید (۱۸ تا ۲۵ کیلوگرم شیر در روز) (۸، ۲۰ و ۲۵) و چه در گاوهای پر تولید (۴۲ کیلوگرم شیر در روز) مشاهده نشده است (۳۰). ناهم‌سو با گزارش‌های پیشین، تغذیه مکمل چربی غنی از اسید پالمیتیک

گوارش پذیری ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده خنثی را در گاوهای پر تولید (۳۷ تا ۴۵ کیلوگرم شیر در روز) افزایش داد (۲۱ و ۲۹).

فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون: میانگین فراسنجه‌های متابولیکی، آنزیمی و مرتبط به ایمنی در جدول ۵ آورده شده است. فراسنجه‌های متابولیکی مانند غلظت پلاسمایی گلوکز و لیپوپروتئین با چگالی کم تحت تأثیر منبع چربی قرار نگرفت که هم‌سو با یافته‌های دیگران بود (۵). غلظت‌های پلاسمایی کلسترول ( $P = 0/03$ )، تری‌گلیسرید ( $P = 0/08$ )، لیپوپروتئین با چگالی زیاد ( $P = 0/08$ )، لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم ( $P = 0/08$ ) و نیتروژن اوره‌ای خون ( $P = 0/07$ ) با تغذیه مکمل چربی نخل افزایش یافت. برهم‌کنش بین منبع چربی و زمان برای نیتروژن اوره‌ای خون تمایل به معنی‌داری داشت ( $P = 0/06$ ) به طوری که گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نخل پیوسته در طول دوره آزمایش (به ویژه در ماه اول و دوم) سطح پلاسمایی زیادتری از نیتروژن اوره‌ای خون را در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی تجربه کردند. یافته‌های این پژوهش ناهم‌سو با نتایج برزوسکا و کوالزیک (۲۰۰۲) است که افزایش غلظت پلاسمایی کلسترول، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین با چگالی زیاد را در گاوهای تغذیه شده با چربی کلسیمی گزارش کردند. آن‌ها افزایش در غلظت پلاسمایی کلسترول و تری‌گلیسرید را به خوراک مصرفی بیش‌تر در گاوهای تغذیه شده با چربی کلسیمی نسبت دادند (۵). به هر حال، امکان ثبت و گزارش ماده خشک مصرفی در آزمایش حاضر میسر نبود تا بر اساس آن علت تفاوت در غلظت پلاسمایی این فراسنجه‌ها بیش‌تر مورد بحث قرار بگیرد. برزوسکا و کوالزیک (۲۰۰۲) افزایش در غلظت پلاسمایی لیپوپروتئین با چگالی زیاد در گاوهای تغذیه شده با چربی کلسیمی را به محافظت اسیدهای چرب بلند زنجیر از زیست‌هیدروژنه شدن شکمبه‌ای و تحویل بیش‌تر آن‌ها در روده نسبت دادند.

جدول ۳: اثر سطح تولید (Production Level; PL) و منبع چربی (Fat Source; FS) بر تولید و ترکیبات شیر گاوهای شیری هلشتاین

Table 3. Effect of production level (PL) and fat source (FS) on milk yield and milk composition of Holstein dairy cows

سطح احتمال معنی داری (P-value)	سطح احتمال معنی داری (P-value)		خطای معیار SE	متوسط تولید (Medium production)		پر تولید (High production)		
	منبع چربی FS	سطح تولید PL		چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat	چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat (PF)	
	منبع چربی PL × FS	منبع چربی FS		منبع چربی FS	منبع چربی FS	منبع چربی FS	منبع چربی FS	
0.03	0.29	<0.001	0.72	39.07 <sup>b</sup>	37.69 <sup>b</sup>	40.78 <sup>b</sup>	44.36 <sup>a</sup>	شیر خام (کیلوگرم در روز) Raw milk yield (kg/d)
0.02	0.08	<0.001	0.94	30.17 <sup>b</sup>	29.09 <sup>b</sup>	32.84 <sup>b</sup>	38.73 <sup>a</sup>	شیر تصحیح شده برای ۳/۵٪ چربی 3.5% FCM yield (kg/d)
0.24	0.17	0.81	0.09	2.76	2.78	2.55	2.92	چربی شیر (درصد) Milk fat (%)
0.02	0.08	0.01	0.04	1.02 <sup>b</sup>	0.97 <sup>b</sup>	1.05 <sup>b</sup>	1.35 <sup>a</sup>	چربی شیر (کیلوگرم در روز) Milk fat (kg/d)
0.48	0.15	0.008	0.03	3.10	3.06	2.97	2.84	پروتئین شیر (درصد) Milk protein (%)
0.11	0.37	0.002	0.02	1.14	1.11	1.21	1.32	پروتئین شیر (کیلوگرم در روز) Milk protein (kg/d)

<sup>a-b</sup> حروف مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح خطای ۵ درصد می باشد.

جدول ۴: اثر منبع چربی جیره ای (Fat Source; FS) بر گوارش پذیری مواد مغذی (درصد) گاوهای شیری هلشتاین

Table 4. Effect of dietary fat supplement on nutrient digestibility of Holstein dairy cows

منبع چربی × زمان FS × T	منبع چربی FS	خطای معیار SE	جیره آزمایشی (Experimental diet)			
			چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat (PF)		
0.24	0.01	0.27	1.60	73.35	70.69	ماده خشک Dry matter
0.72	0.25	0.20	0.56	73.06	71.95	ماده آلی Organic matter
0.86	0.62	0.70	2.24	72.84	71.61	پروتئین خام Crude protein
0.03	0.007	0.46	3.78	62.39	59.34	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber
0.12	0.10	0.88	2.54	78.94	78.39	عصاره اتری Ether-extract

جدول 5: اثر منبع چربی جیره‌ای (Fat Source; FS) بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون گاوهای شیری هلشتاین

Table 5. Effect of dietary fat supplement on blood biochemical parameters of Holstein dairy cows

سطح احتمال معنی‌داری (P-value)			جیره آزمایشی (Experimental diet)			
منبع چربی × زمان FS × T	زمان T	منبع چربی FS	خطای معیار SE	چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat (PF)	
						فراسنجه‌های متابولیکی (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Metabolic parameters (mg/dL)
0.34	0.002	0.19	1.68	60.33	55.66	گلوکز Glucose
0.15	0.21	0.08	2.39	11.58	19.41	تری‌گلیسرید Tri-glyceride
0.90	0.06	0.03	13.98	229.67	293.83	کلسترول Cholesterol
0.73	0.03	0.08	9.74	183.13	215.00	لیپوپروتئین با چگالی زیاد High density lipoprotein
0.75	0.29	0.13	0.09	0.34	0.59	لیپوپروتئین با چگالی کم Low density lipoprotein
0.15	0.21	0.08	0.47	2.31	3.88	لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم Very low density lipoprotein
0.06	0.02	0.07	0.58	15.12	17.08	نیترژن اورده‌ای خون Blood urea nitrogen
						فراسنجه‌های آنزیمی (واحد بر لیتر) Enzymatic parameters (U/L)
0.75	0.006	0.88	15.16	114.58	111.33	آسپارات آمینو ترانسفراز Aspartate aminotransferase
0.10	0.25	0.78	1.19	25.75	26.25	آلانین آمینو ترانسفراز Alanine aminotransferase
						فراسنجه‌های مرتبط با ایمنی (گرم بر دسی‌لیتر) Immune related parameters (g/dL)
0.31	0.30	0.71	0.22	8.65	8.78	پروتئین کل Total protein
0.87	0.55	0.14	0.09	4.25	4.00	آلبومین Albumin
0.19	0.47	0.46	0.32	4.40	4.77	گلوبولین Globulin

افزایش در غلظت پلاسمایی لیپوپروتئین با چگالی زیاد می‌تواند ناشی از افزایش در غلظت پلاسمایی کلسترول باشد به این خاطر که لیپوپروتئین با چگالی زیاد کلسترول اضافی را از سلول‌ها و بافت‌های احشایی جمع‌آوری کرده و به کبد برای دفع از طریق صفرا و ساخت مجدد لیپوپروتئین‌هایی با چگالی خیلی کم باز می‌گرداند (۳). با این وجود، ممکن است تفکیک اسیدهای چرب فراهم شده

توسط این دو منبع چربی متفاوت بوده باشد به این صورت که اسیدهای چرب فراهم شده از طریق منبع چربی کلسیمی بیش تر در بافت‌های احشایی مورد استفاده قرار بگیرد اما اسیدهای چرب فراهم شده از طریق منبع چربی نخل بیش تر توسط بافت پستانی برداشت شوند که احتمالاً چربی شیر بیش تر در گروه گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نخل بر این امر صحنه می‌گذارد. به هر حال، پژوهش‌های بسیار اندکی در این خصوص انجام گرفته و شایسته است این فرضیه در پژوهش‌های بعدی مورد آزمون قرار بگیرد. منبع چربی تأثیری بر فراسنجه‌های آنزیمی (مانند آسپاراتات آمینو ترانسفراز و آلانین آمینو ترانسفراز) و فراسنجه‌های مرتبط با ایمنی (مانند پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین) نداشت.

**شمار سلول‌های خونی:** شمار سلول‌های خونی و شمار تفریقی سلول‌های سفید خون به صورت مطلق یا درصدی در جدول ۶ آورده شده است. شمار سلول‌های خونی مانند پلاکت‌ها، سلول‌های قرمز و سفید خون با منبع چربی تغذیه شده تحت تأثیر قرار نگرفت اما اثر منبع چربی  $\times$  زمان بر شمار پلاکت‌ها معنی‌دار بود به طوری که گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی نخل در ماه دوم آزمایش پلاکت کم‌تری نسبت به گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی داشتند. شمار تفریقی مطلق و درصدی سلول‌های سفید مانند شمار لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها و نسبت نوتروفیل به گرانولوسیت تحت تأثیر منبع چربی قرار نگرفت اما بر هم‌کنش منبع چربی  $\times$  زمان بر شمار مطلق مونوسیت‌ها معنی‌دار بود و گاوهای تغذیه شده با منبع چربی نخل در ماه دوم شمار مونوسیت کم‌تری نسبت به گاوهای تغذیه شده با مکمل چربی کلسیمی داشتند. دلیل این که چرا تغذیه مکمل چربی غنی از اسید پالمیتیک توانسته شمار پلاکت‌ها و مونوسیت‌ها را کاهش بدهد برای ما معلوم نیست و به زعم دانسته ما پژوهشی در این زمینه صورت نگرفته که بتوان نتایج مطالعه حاضر را با آن مقایسه کرد. این که شمار سلول‌های خونی و فعالیت آن‌ها چگونه می‌تواند با الگوی اسیدهای چرب جیره و منبع چربی استفاده شده تحت تأثیر قرار بگیرد شایسته پژوهش‌های جدید و جدی در این زمینه است.

جدول ۶: اثر منبع چربی جیره‌ای (Fat Source; FS) بر شمار سلول‌های خونی گاوهای شیری هلشتاین

Table 6. Effect of dietary fat supplement on complete blood count of Holstein dairy cows

(P-value) سطح احتمال معنی‌داری			خطای معیار SE	(Experimental diet) جیره آزمایشی		
منبع چربی × زمان FS × T	زمان T	منبع چربی FS		چربی کلسیمی نخل Ca-salted of PF	چربی نخل Palm fat(PF)	
						شمار سلول‌های خونی (۱۰ <sup>۹</sup> بر لیتر)
						Complete blood count (10 <sup>9</sup> /L)
0.03	<0.001	0.95	16.08	288.2	286.9	پلاکت‌ها Platelets
0.88	<0.001	0.40	0.12	6.4	6.2	سلول‌های قرمز خون Red blood cells
0.59	0.06	0.88	2.20	10.1	9.7	سلول‌های سفید خون White blood cells (WBC)
						شمار تفریقی سلول‌های سفید (۱۰ <sup>۹</sup> بر لیتر) WBC differential (10 <sup>9</sup> /L)
0.26	0.01	0.77	0.88	3.7	4.1	لنفوسیت Lymphocyte
0.05	0.02	0.78	0.09	0.3	0.2	مونوسیت Monocyte
0.18	0.62	0.62	0.12	0.3	0.2	ائوزینوفیل Eosinophil
0.73	0.13	0.61	0.02	0.05	0.02	بازوفیل Basophil
0.99	0.35	0.70	1.13	5.8	5.2	نوتروفیل/گرانولوسیت Neutrophil/granulocyte
						شمار تفریقی سلول‌های سفید (%) WBC differential (%)
0.98	0.09	0.25	0.25	37.0	41.4	لنفوسیت Lymphocyte
0.51	0.86	0.86	0.51	2.2	2.0	مونوسیت Monocyte
0.30	0.09	0.66	0.37	2.3	2.0	ائوزینوفیل Eosinophil
0.94	0.13	0.79	0.13	0.3	0.2	بازوفیل Basophil
0.89	0.31	0.35	2.85	58.4	54.4	نوتروفیل/گرانولوسیت Neutrophil/granulocyte



### نتیجه گیری

منبع چربی تأثیری بر عملکرد تولیدی گاوهای تک شکم‌زا متوسط تولید نداشت اما مکمل چربی نخل تولید شیر و چربی گاوهای پر تولید تحت تنش گرمایی را افزایش داد. بر اساس نتایج این آزمایش، از هر دو نوع مکمل چربی اشباع و کلسیمی نخل بسته به قیمت و در دسترس بودن می‌توان در تغذیه گاوهای متوسط تولید استفاده کرد اما برای حمایت از تولید بیش‌تر شیر در گاوهای پر تولید تحت تنش گرمایی استفاده از مکمل چربی اشباع نخل توصیه می‌شود.

### منابع

1. AOAC International. 2002. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> ed. AOAC International, Arlington, VA.
2. Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77: 2044–2050.
3. Bauchart, D. 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. J. Dairy Sci. 76: 3864–3881.
4. Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., and Nardone, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. J. Anim. Sci. 4: 1167–1183.
5. Brzoska, F., and Kowalczy, J. 2002. Milk yield, composition and cholesterol level in dairy cows fed rations supplemented with zinc and fatty acid calcium salts. J. Anim. Feed Sci. 11: 411–424.
6. Dikmen, S., and Hansen, P.J. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? J. Dairy Sci. 92: 109–116.
7. Enjalbert, F., Nicot, M.C., Bayourthe, C., and Moncoulon, R. 2000. Effects of duodenal infusions of palmitic, stearic, or oleic acids on milk composition and physical properties of butter. J. Dairy Sci. 83: 1428–1433.
8. Grummer, R.R. 1988. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermentation and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 71: 117–123.
9. Harvatine, K.J., and Allen, M.S. 2006a. Effects of fatty acid supplements on ruminal and total tract nutrient digestion in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 89: 1092–1103.
10. Harvatine, K.J., and Allen, M.S. 2006b. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 89: 1081–1091.

11. Kadegowda, A.K.G., Piperova, L.S., Delmonte, P., and Erdman, R.A. 2008. Abomasal infusion of butterfat increases milk fat in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 2370–2379.
12. Kammes, K.L., Ying, Y., and Allen, M.S. 2012. Nutrient demand interacts with legume maturity to affect rumen pool sizes in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95: 2632–2647.
13. Kargar, S., Ghorbani, G.R., Alikhani, M., Khorvash, M., Rashidi, L., and Schingoethe, D.J. 2012. Lactational performance and milk fatty acid profile of Holstein cows in response to dietary fat supplements and forage: concentrate ratio. *J. Livest. Sci.* 150: 274–283.
14. Kargar, S., Ghorbani, G.R., Fievez, V., and Schingoethe, D.J. 2015. performance , bioenergetic status, and indicators of oxidative stress of environmentally heat-loaded Holstein cows in response to diets inducing milk fat depression. *J. Dairy Sci.* 98: 4772–4784.
15. Karimi, M.T., Ghorbani, G.R., Kargar, S., and Drackley, J.K. 2015. Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98: 6865–6875.
16. Lock, A.L., Preseault, C.L., Rico, J.E., DeLand, K.E., and Allen, M.S. 2013. Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci.* 96: 6650–6659.
17. Moore, C.E., Kay, J.K., Collier, R.J., VanBaale, M.J., and Baumgard, L.H. 2005. Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88: 1732–1740.
18. Mosley, S.A., Mosley, E.E., Hatch, B., Szasz, J.I., Corato, A., Zacharias, N., Howes, D., and McGuire, M.A. 2007. Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90: 987–993.
19. NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7<sup>th</sup> rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
20. Palmquist, D.L. 1991. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 74: 1354–1360.
21. Piantoni, P., Lock, A.L., and Allen, M.S. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 96: 7143–7154.
22. Rico, D.E., Ying, Y., and Harvatine, K.J. 2014a. Comparison of enriched palmitic acid and calcium salts of palm fatty acids distillate fat supplements on milk production and metabolic profiles of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 5637–5644.
23. Rico, D.E., Ying, Y., and Harvatine, K.J. 2014b. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97: 3739–3751.

24. SAS Institute Inc. 2003. SAS User's Guide. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
25. Schauff, D.J., and Clark, J.H. 1989. Effects of prilled fatty acids and calcium salts of fatty acids on rumen fermentation, nutrient digestibilities, milk production, and milk composition. *J. Dairy Sci.* 72: 917–927.
26. Steele, W., and Moore, J.H. 1968. The effects of a series of saturated fatty acids in the diet on milk-fat secretion in the cow. *J. Dairy. Res.* 35: 361–370.
27. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583–3597.
28. Wang, J.P., Bu, D.P., Wang, J.Q., Huo, X.K., Guo, T.J., Wei, H.Y., Zhou, L.Y., Rastani, R.R., Baumgard, L.H., and Li, F.D. 2010. Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93: 4121–4127.
29. Warntjes, J.L., Robinson, P.H., Galo, E., DePeters, E.J., and Howes, D. 2008. Effects of feeding supplemental palmitic acid (C16:0) on performance and milk fatty acid profile of lactating dairy cows under summer heat. *J. Anim. Feed Sci.* 140: 241–257.
30. Weiss, W.P., Pinos-Rodríguez, J.M., and Wyatt, D.J. 2011. The value of different fat supplements as sources of digestible energy for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94: 931–939.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Ruminant Research*, Vol. 5(1), 2017  
<http://ejrr.gau.ac.ir>

## **Effect of production level and source of fat supplement on production performance, nutrient digestibility and blood parameters of heat-stressed primiparous Holstein cows**

**B. Akhlaghi<sup>1</sup>, \* G. R. Ghorbani<sup>2</sup>, M. Alikhani<sup>3</sup>, S. Kargar<sup>4</sup>  
and A. Sadeghi-Sefidmazgi<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student and <sup>2</sup>Professor, Dept. of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology <sup>3</sup>Associate Prof., and <sup>5</sup>Assistant Prof., Dept. of Animal Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Animal Sciences, College of Agriculture, Shiraz University

Received: 11/10/2016; Accepted: 01/31/2017

### **Abstract**

**Background and objectives:** Heat-stressed dairy cows are bioenergetically similar to early-lactation cows in that dietary energy may be insufficient to support maximum milk and production of milk components. Milk yield of heat-stressed dairy cows is usually decreased during the summer; therefore, increasing performance of cows is of particular interest. Fat supplementation is a common practice for increasing energy density in diets fed to high-producing dairy cows without sacrificing fiber content. In a very limited research studies, the use of Ca-salts of unsaturated fatty acids vs. saturated palm fatty acids has been investigated in the diet of heat-stressed dairy cows. Also, it has been shown that response to fat supplement can be related to production level. Hence, the object of this experiment was to investigate the effect of production level, source of fat supplement, and their interaction on milk yield and milk composition, nutrient digestibility, and blood biochemical parameters of heat-stressed primiparous Holstein cows.

**Materials and methods:** Fifty-six primiparous Holstein cows were used in two separated group pens. Animals were blocked into two groups of high- (13474.7 kg) and medium-yielding (10438.1 kg) cows according to milk production and received one of two experimental diets containing either high palmitic acid palm fat or Ca-salts of unsaturated fatty acids both at 2.8 percentage of dietary dry matter. Temperature-humidity index and milk yield were recorded daily, and milk composition, nutrient digestibility, blood parameters, and complete blood count were measured every two weeks.

---

\*Corresponding author: [ghorbani@cc.iut.ac.ir](mailto:ghorbani@cc.iut.ac.ir)

**Results:** The average maximum temperature-humidity index was 75.50 over the experimental period that indicates cows experienced a mild to medium degree of heat stress. Main treatment effects interacted for raw milk yield ( $P = 0.03$ ), 3.5% fat-corrected milk yield ( $P = 0.02$ ), and milk fat yield ( $P = 0.02$ ). Production performance and milk fat yield was greater for high-yielding cows fed palm fat relative to high-yielding cows fed Ca-salts of fatty acids, whereas source of fat supplement did not affect milk yield and milk fat yield in medium-yielding cows. Source of fat supplement did not affect nutrient digestibility. Irrespective of production level, concentration of blood cholesterol was greater for cows fed palm fat relative to cows fed Ca-salts of fatty acids. Also, concentrations of tri-glyceride, high density lipoproteins, very low density lipoproteins, and blood urea nitrogen tended to increase in cows fed palm fat. Source of fat supplement did not affect blood cells count (white blood cells, red blood cells, and platelets) and differential white cell count.

**Conclusion:** Source of fat supplement did not affect production performance of heat-stressed medium-yielding cows but palm fat supplement increased milk and milk fat production in high-yielding cows.

**Keywords:** Production level, Palm fat, Ca-salts of fatty acid, Heat stress, Dairy cow

