Animal Production Research

Vol. 12, No. 2, 2023 (71-84)
doi: 10.22124/AR.2023.22771.1718
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

A study on the lactation curve characteristics of grade and Iranian purebred Holstein cows with the use of raw, fat-corrected, and energy-corrected milk test day records

S. H. Farhangfar[1]*, M. S. Rashidi Toghroljerdi[2], M. B. Montazer Torbati[3], M. B. Sayyad Nezhad[4]

1. Professor, Animal Science Department, Agriculture Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran
2. Former MSc Student, Animal Science Department, Agriculture Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran
3. Assistant Professor, Animal Science Department, Agriculture Faculty, University of Birjand, Birjand, Iran
4. MSc Expert, Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products, Karaj, Iran

(Received: 26-03-2023 – Revised: 16-07-2023 – Accepted: 18-07-2023)

Introduction: In dairy cattle enterprise, there are several economic traits associated with productive and reproductive performance which milk yield is the main source of income for the herd keeper. Knowledge of lactation is considered a useful tool for management decision-making. Based on this, lactation curve modeling can be utilized as an appropriate guide for planning nutrition programs as well as genetic selection schemes. So far, main research has been focused on using raw (unadjusted) milk test day records to model the shape of the lactation curve by applying a variety of linear and non-linear mathematical models and a few research have been carried out to use adjusted milk test day records in terms of fat and protein percentages. The main objective of the present research was to compare lactation curve parameters of Iranian first-parity dairy cows among three types of milk test day records including raw milk (RM), fat-corrected milk (FCM), and energy-corrected milk (ECM).
Materials and methods: The initial data set was provided by the Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products of Iran. Editing of the data was carried out by FOXPRO and Excel software based on some criteria such as age at first calving (was set to be in the range of 18-48 months), minimum (3 kg), and maximum (99.9 kg) of RM. There were a minimum of five test day records for each cow during the lactation period. Final data consisted of a total number of 1,902,071 milk test day records belonging to 226,255 first-parity cows (progeny of 5,094 sires and 178,390 dams) distributed in 797 herds and calved during 1996-2015 were utilized. For a mathematical description of the shape of the lactation curve, Wood's incomplete gamma function was used. The function has three parameters including parameter a (associated with initial milk yield), parameter b (associated with the inclining slope of the lactation), and parameter c (associated with the declining slope of the lactation). Wood's function was fitted to the records of RM, FCM, and ECM of individual cows using SAS software. Based on the estimated parameters, lactation characteristics including peak time (PT), peak yield (PY), and persistency (Per) were subsequently calculated for each cow. Estimated parameters and calculated lactation characteristics were then subjected to a fixed linear model in which the effects of herd, year of calving, the season of calving, age at first calving, genotype group (grade or purebred Holstein), type of milk test day record (RM, FCM or ECM) along with some two-way interactions were included.
Results and discussion: The results showed that FCM had the greatest parameter a as compared with RM and ECM (P<0.0001). The greatest magnitude of the parameters b and c were found for RM (P<0.0001). Later PT and higher Per were observed for ECM (P<0.0001), while the highest PY was detected for RM (P<0.0001). For all types of records, minimum and maximum PY were observed for the cows calving in the spring and autumn

* Corresponding author: hfarhangfar@birjand.ac.ir

seasons, respectively. Later PT was observed for ECM in all calving seasons except autumn. As compared to RM and FCM, cows calved in spring and summer had the highest persistency based on ECM while cows calved in autumn and winter were found to have more persistence based upon RM compared with FCM and ECM. The least-square means of peak time (PT) in grade cows were found to be 77.74, 69.5, and 79.85 d for RM, FCM, and ECM, respectively, while the corresponding figures for purebred Holstein cows were 80.27, 72.89, and 83.15 d, respectively. In grade cows, least-square means of peak time (PY) were found to be 32.02, 29.23, and 30.70 kg for RM, FCM, and ECM, respectively, while the corresponding figures for purebred Holstein cows were 32.51, 29.56, and 31.14 kg, respectively. For both purebred Holstein and grade cows, minimum and maximum persistency (Per) were obtained for FCM and ECM, respectively, which were significantly different from each other (P<0.001). For RM, FCM, and ECM, annual change trends of PT were found to be 2.132, 2.306, and 2.293 d, respectively, while the corresponding figures for PY were 0.408, 0.369, and 0.395 kg, respectively, and for Per were 0.037, 0.036, and 0.035, respectively. All trends were statistically significant (P<0.0001).

Conclusions: The finding of the present research revealed that purebred Holsteins reach the peak time later than grade cows which is an appropriate characteristic of the lactation curve. Based upon energy-corrected milk yield, peak time as well as persistency was found to be greater than those for raw milk and fat-corrected milk yields. Therefore, the use of energy-corrected milk yield could be suggested to be applied as different experimental nutritional treatments are to be compared in terms of the persistency of the cows. All lactation characteristics of Iranian dairy cows were found to be changed favorably over time.

Keywords: Wood's incomplete gamma function, Lactation characteristics, Annual change trend, Iranian dairy cows

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Acknowledgments: The Animal Breeding Center and Promotion of Animal Products of Iran is acknowledged for providing the data used in this study.

How to cite this article:

Farhangfar, S. H., Rashidi Toghroljerdi, M. S., Montazer Torbati, M. B., & Sayyad Nezhad, M. B. (2023). A study on the lactation curve characteristics of grade and Iranian purebred Holstein cows with the use of raw, fat-corrected, and energy-corrected milk test day records. *Animal Production Research*, *12*(2), 71-84. doi: 10.22124/AR.2023.22771.1718

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۲ (۸۴-۷۱)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

مطالعه ویژگی‌های منحنی شیردهی گاوهای زینه و اصیل هلشتاین ایران با استفاده از رکوردهای روز آزمون شیر خام و شیر تصحیح شده برای چربی و انرژی

سیّد همایون فرهنگ فر[1*]، محدّثه‌السادات رشیدی طغرالجردی[2]، محمّد باقر منتظر تربتی[3]، محمّد باقر صیّاد نژاد[4]

۱- استاد، بخش علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، بخش علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- استادیار، بخش علوم دام، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴- کارشناس ارشد، مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی کشور

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷)

چکیده

پژوهش کنونی برای مقایسه خصوصیات منحنی شیردهی گاوهای شیری هلشتاین ایران در زایش اول بر اساس رکوردهای روز آزمون شیر خام (RM)، شیر تصحیح شده برای چربی (FCM) و شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) انجام شد. از ۱,۹۰۲,۰۷۱ رکورد شیر روز آزمون متعلق به ۲۲۶,۲۵۵ رأس گاو (حاصل از ۵,۰۹۴ رأس گاو نر و ۱۷۸,۳۹۰ رأس گاو ماده) در ۷۹۷ گله استفاده شد که طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ زایش داشتند. برای توصیف ریاضی شکل منحنی شیردهی از تابع گامای ناقص وود استفاده شد. تابع مذکور بر رکوردهای RM، FCM و ECM هر یک از گاوها برازش داده شد. میانگین حداقل مربعات زمان رسیدن به اوج شیر در گاوهای زینه برای RM، FCM و ECM به ترتیب ۷۷/۷۴، ۶۹/۵۰ و ۷۹/۸۵ روز و برای گاوهای اصیل هلشتاین به ترتیب ۸۰/۲۷، ۷۲/۹۰ و ۸۳/۱۵ روز برآورد شد. برای هر سه نوع رکورد شیر روز آزمون، کمینه و بیشینه تولید در زمان اوج شیردهی به ترتیب متعلق به گاوهایی بود که در فصول بهار و پاییز زایش داشتند. در هر یک از دو نوع گاو مزبور، کمینه و بیشینه تداوم شیردهی به ترتیب برای FCM و ECM به‌دست آمدند که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار آماری داشتند ($P<۰/۰۰۰۱$). در کل دو جمعیت گاوهای زینه و اصیل هلشتاین و بر اساس استفاده از سه نوع رکورد روز آزمون RM، FCM و ECM، مقدار تغییرات سالانه برای صفت زمان رسیدن به اوج شیردهی به ترتیب ۲/۱۳۲، ۲/۳۰۶ و ۲/۲۹۳ روز در سال، برای صفت تولید شیر در زمان اوج شیردهی به ترتیب ۰/۴۰۸، ۰/۳۶۹ و ۰/۳۹۵ کیلوگرم در سال و برای صفت تداوم شیردهی به ترتیب ۰/۰۳۷، ۰/۰۳۶ و ۰/۰۳۵ در سال برآورد شدند که همه روندهای فنوتیپی مزبور به لحاظ آماری، معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۰۰۱$). بر اساس نتایج به‌دست آمده توصیه می‌شود جهت مقایسه گاوها از نظر صفت تداوم شیردهی از رکوردهای شیر تصحیح شده برای انرژی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تابع گامای ناقص وود، خصوصیات شیردهی، روند تغییرات سالانه، گاوهای شیری ایران

* نویسندهٔ مسئول: hfarhangfar@birjand.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2023.22771.1718

مقدمه

اجرای برنامه‌های انتخاب ژنتیکی، سبب شده است که صنعت پرورش گاوهای شیری در سراسر جهان دگرگون شود به‌گونه‌ای که امروزه، گاوها بیش از دو برابر گاوهای ۵۰ سال پیش، شیر تولید می‌کنند، که بیش از ۵۰ درصد بهبود حاصل، به دلیل انتخاب ژنتیکی بوده است (Penagaricano, 2020). در صنعت پرورش گاو شیری، صفات اقتصادی متعددی وجود دارند که عمدتاً مرتبط با عملکرد تولیدی و تولیدمثلی دام هستند؛ ضمن این که تولید شیر، منبع اصلی درآمد گاودار را تشکیل می‌دهد و از اهمیتی ویژه برخوردار است (Cankaya *et al*., 2011). به همین دلیل، در برنامه اصلاح نژاد گاوهای شیری، صفات تولیدی در تعیین اهداف انتخاب از دیرباز مورد توجه بوده‌اند (Cobuci and Costa, 2012). در صنعت پرورش گاو شیری، آگاهی از منحنی شیردهی، ابزاری ارزشمند برای تصمیم-گیری‌های مدیریتی است (Lopez *et al*., 2015). از این رو، مدل‌سازی منحنی شیردهی می‌تواند به عنوان یک راهنما در برنامه‌ریزی اقدامات مدیریتی یک واحد پرورش گاو شیری استفاده شود (Bangar and Verma, 2017)، که یک ابزار کارآمد برای بهبود ژنتیکی صفات تولید شیر محسوب می‌شود (Bouallegue *et al*., 2015).

شکل یک منحنی شیردهی استاندارد در برگیرنده یک بخش افزایشی با سرعت نسبتاً بالا تا نقطه اوج تولید است و پس از آن، به‌طور آهسته رو به کاهش می‌گذارد (Lombaard, 2006). از این رو، با استفاده از یک تابع ریاضی می‌توان فراسنجه‌های ژنتیکی منحنی شیردهی را تخمین زد و به انتخاب جهت تغییر شکل منحنی، به شکل دلخواه پرداخت؛ ضمن آن که در مدل‌های روز آزمون، جهت تعیین ارزش اصلاحی دام برای صفت تولید شیر، می‌توان از توابع توصیف‌کننده منحنی شیردهی نیز استفاده کرد (Macciotta *et al*., 2005). توابع مورد استفاده در توصیف منحنی شیردهی به‌طور عمده‌ای در تعداد فراسنجه‌ها و درجه ارتباطشان با ویژگی‌های اصلی یک منحنی شیردهی (مانند اوج تولید، زمان اوج تولید و تداوم شیردهی) با یکدیگر متفاوت هستند (Macciotta *et al*., 2005). تداوم شیردهی، یک عامل مهم تعیین‌کننده کل تولید شیر است و چون سبب استفاده بهتر از خوراک و کاهش تنش ناشی از تولید در زمان اوج تولید می‌شود، به عنوان یک مزیت شناخته می‌شود (Grossman *et al*., 1999). میزان کاهش تولید پس از اوج شیردهی به دلیل عدم تعادلی است که بین تکثیر سلولی و حذف سلول‌های ترشحی بافت پستان ایجاد می‌شود. لذا تداوم شیردهی به شدت تحت تأثیر میزان مرگ سلول‌ها در غده پستان گاو قرار دارد (Stefanon *et al*., 2002). گاوهایی که کاهش تولید بیشتری پس از اوج شیردهی دارند دارای تداوم شیردهی پایین‌تری هستند و در نتیجه، کل شیر تولیدی آن‌ها پایین است (Izadkhah *et al*., 2015).

در عمده پژوهش‌های انجام شده پیرامون منحنی شیردهی گاوهای شیری ایران (Atashi *et al*., 1997; Fathi Nasri Izadkhah *et al*., 2011; Izadkhah *et al*., *et al*., 2008; 2015; Ghavi Hossein-Zadeh, 2014; Ghavi Hossein-Zadeh, 2017; Ghavi Hossein-Zadeh, 2019; Arianfar *et al*., 2022) و یا گاوهای شیری در سایر کشورها (Bakri *et al*., Albarran-Portilo and Pollott, 2011; 2022) از رکوردهای روز آزمون شیر خام (تصحیح نشده برای محتویات آن) استفاده شده است، اما می‌توان مقدار شیر خام را فقط برای محتوای چربی و یا محتوای چربی و پروتئین آن تصحیح نمود (Mohammadpanah *et al*., 2014; Mohammadpanah *et al*., 2015). مقدار شیر تصحیح شده برای انرژی، بر اساس درصدهای پروتئین حقیقی و چربی موجود در آن محاسبه می‌شود. مقدار شیر تصحیح شده بر اساس درصد چربی، مبنایی را فراهم می-نماید که مقایسه نااریب بین حیوانات را بر حسب یک معیار استاندارد انتخاب ممکن خواهد ساخت (Mavrogenis and Papachristoforou, 1988)، ضمن آن که انتخاب گاوهای شیری بر اساس شیر تصحیح شده برای انرژی سبب می‌شود تفاوت محتوای چربی و پروتئین شیر آن‌ها برای زمانی که معیار انتخاب، رکوردهای روز آزمون شیر است در نظر گرفته شود. هدف اصلی از پژوهش حاضر، مقایسه آماری ویژگی‌های منحنی شیردهی گاوهای زینه و اصیل هلشتاین ایران با استفاده از رکوردهای روز آزمون شیر خام (RM)، شیر تصحیح شده برای چربی (FCM) و شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) بود. مقایسه آماری ویژگی‌های مزبور بین انواع رکوردهای روز آزمون شیر در هر یک از فصول مختلف زایش گاوها، هدف ویژه این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

داده‌ها: داده‌های مورد استفاده در پژوهش کنونی به وسیله مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی جمع‌آوری شده است. ویرایش داده‌های اولیه با نرم‌افزارهای فاکس‌پرو و اکسل ویرایش ۲۰۱۶ انجام شد. در فایل ارقام، ابتدا گاوهای زایش اول دارای تاریخ‌های تولد، زایمان و رکوردگیری معتبر برای شیر روز آزمون جدا شدند. به کمک نرم‌افزار فاکس‌پرو، اطلاعات شجره‌ای هر حیوان که دربرگیرنده درصد ژن هلشتاین نیز است به فایل رکوردهای شیر روز آزمون افزوده شد. سن نخستین زایش (بر اساس تفاوت بین تاریخ زایش و تاریخ تولد) برای هر حیوان محاسبه شد و به فاصله ۱۸ تا ۴۸ ماه محدود شد. بر اساس اطلاعات درصد ژن هلشتاین، گاوها به دو گروه ژنوتیپی ۱- زینه (با سهم توارث کمتر از ۱۰۰ درصد ژن هلشتاین) و ۲- اصیل هلشتاین (با سهم ۱۰۰ درصد از ژن هلشتاین) تقسیم‌بندی شدند. کمترین تعداد رکورد روز آزمون برای هر گاو برابر با پنج (Bakri *et al.*, 2022) و کمینه و بیشینه مقدار رکورد روز آزمون شیر خام (RM) در دامنه ۳ تا ۹۹/۹ کیلوگرم انتخاب شد (ICAR, 2017). سایر ویرایش‌های صورت گرفته روی داده‌ها شامل موارد زیر بودند: گاوها به لحاظ سن نخستین زایش به دو گروه کمتر یا مساوی ۲۵ ماه و بزرگتر از ۲۵ ماه تقسیم شدند. گاوها بر اساس این که اولین رکورد روز آزمون آنها در چه فاصله‌ای پس از تاریخ زایمان قرار داشت به دو گروه تا ۳۰ روز و بیشتر از ۳۰ روز تقسیم شدند. بر اساس ماه زایش گاوها، چهار گروه فصل زایمان (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) ایجاد شد. دوره شیردهی گاوها (تا روز ۳۰۵) به ۱۰ مرحله شامل: مرحله ۱ (از ابتدا تا ۳۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۲ (۳۱ تا ۶۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۳ (۶۱ تا ۹۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۴ (۹۱ تا ۱۲۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۵ (۱۲۱ تا ۱۵۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۶ (۱۵۱ تا ۱۸۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۷ (۱۸۱ تا ۲۱۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۸ (۲۱۱ تا ۲۴۰ روز پس از زایمان)، مرحله ۹ (۲۴۱ تا ۲۷۰ روز پس از زایمان) و مرحله ۱۰ (۲۷۱ تا ۳۰۵ روز پس از زایمان) گروه‌بندی شد. در نهایت، تعداد ۱۹۰۲۰۷۱ رکورد شیر روز آزمون متعلق به ۲۲۶۲۵۵ رأس گاو شیری زینه و اصیل هلشتاین شکم اول در ۷۹۷ گله استفاده شدکه طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ زایش داشتند. ساختار داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ساختار آماری داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از نظر تعداد حیوانات و رکوردهای روز آزمون شیر

Table 1. Statistical structure of the data used in the present research in terms of number of animals and milk test day records

Characteristics	Statistics
Total Number of Records	1,902,071
Total Number of Cows with Records	226,255
Total Number of Herds	797
Total Number of Calving Year	20
Average Number of Records for each Herd	2,387
Average Number of Records for each Cow	8.41
Average Number of Records for each Year	95,104
Average Number of Cow for each Year	11,313
Total Number of Provinces	8

با استفاده از رکوردهای روز آزمون شیر خام (RM)، مقادیر شیر تصحیح شده برای چربی (FCM) و همچنین شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Ardalan *et al.*, 2011):

$$FCM = 0.4M + 15F$$

$$ECM = 0.327M + 12.95F + 7.2P$$

که در روابط بالا، M، مقدار شیر خام (بر حسب کیلوگرم در روز)، F، مقدار چربی (بر حسب کیلوگرم در روز) و P، مقدار پروتئین (بر حسب کیلوگرم در روز) است. در رابطه نخست، مقدار شیر تصحیح شده برای محتوای چهار درصد چربی، و در رابطه دوم، مقدار شیر بر اساس درصد چربی معادل ۳/۵ و درصد پروتئین برابر با ۳/۲ تصحیح می‌شود. برخی ویژگی‌های آماری سه نوع رکورد روز آزمون شیر در ماه‌های (مراحل) مختلف شیردهی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. بر اساس اطلاعات این جدول، مشاهده می‌شود که

به استثنای مرحله اول شیردهی، در سایر مراحل، میانگین رکورد روز آزمون شیر ECM در حد واسط دو نوع RM و FCM قرار دارد. از لحاظ پراکندگی، کمترین انحراف معیار رکوردهای روز آزمون شیر در هر مرحله شیردهی مربوط به FCM بود.

جدول ۲- برخی آماره‌های توصیفی برای انواع رکوردهای روز آزمون شیر (کیلوگرم) در مراحل مختلف شیردهی

Table 2. Some descriptive statistics of different types of milk test day records (Kg)* over the course of the lactation

Stage of Lactation	RM			FCM			ECM		
	Mean	SD	CV%	Mean	SD	CV%	Mean	SD	CV%
1	27.41	7.010	25.57	25.29	6.682	26.42	27.53	6.955	25.26
2	34.04	7.091	20.83	30.01	7.212	24.03	32.49	7.425	22.85
3	35.40	7.116	20.10	31.12	7.209	23.17	33.79	7.420	21.96
4	35.28	7.223	20.47	31.02	7.173	23.12	33.81	7.420	21.95
5	34.60	7.386	21.35	30.49	7.247	23.77	33.32	7.533	22.61
6	33.60	7.579	22.56	29.72	7.348	24.72	32.52	7.674	23.60
7	32.38	7.725	23.86	28.72	7.361	25.63	31.47	7.726	24.55
8	30.93	7.733	25.00	27.52	7.273	26.43	30.19	7.667	25.40
9	29.27	7.650	26.14	26.20	7.071	26.99	28.77	7.500	26.07
10	27.83	7.529	27.05	25.06	6.866	27.40	27.56	7.330	26.60
Overall	32.24	7.925	24.58	28.65	7.481	26.11	31.29	7.819	24.99

*RM: Raw milk, FCM: Fat corrected milk, ECM: Energy corrected milk

واکاوی داده‌ها: برای توصیف ریاضی شکل منحنی شیردهی، از تابع گامای ناقص وود استفاده شد. تابع مذکور (با سه فراسنجه a، b و c) از معمول‌ترین مدل‌های مورد استفاده در پیش‌بینی مقدار تولید شیر محسوب می‌شود (Grzesiak *et al*., 2021) که به‌صورت زیر نوشته می‌شود (Wood, 1967):

$$y_t = at^b e^{-ct}$$

که در آن، y_t، مقدار صفت در زمان t شیردهی (بر حسب روز)، و فراسنجه‌های a، b و c به ترتیب مرتبط با سطح تولید شیر، شیب منحنی از زمان زایش تا اوج، و شیب منحنی از زمان اوج تا انتهای دوره شیردهی، و e عدد نپر (۲/۷۱۸۲۸) است. تابع وود به دو دلیل مورد استفاده قرار گرفت: اول آن که این تابع، عملکرد نسبتاً خوبی را با کمترین تعداد فراسنجه نشان می‌دهد (Adediran *et al.*, 2012)، دوم آن که تابع مزبور، هیچ‌گاه مقدار منفی از تولید شیر را با مقدار مثبت روز شیردهی ارائه نمی‌دهد (Græsbøll *et al.*, 2016). فراسنجه‌های تابع وود را می‌توان به دو روش حداقل مربعات معمولی (با استفاده از تبدیل لگاریتمی) و یا به روش غیرخطی، برآورد نمود (Bakri *et al*., 2022). تابع وود بر رکوردهای RM، FCM و ECM هر یک از گاوها با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) به‌طور جداگانه برازش داده شد و سپس بر اساس فراسنجه‌های برآورد شده، خصوصیات منحنی شیردهی هر یک از گاوها محاسبه شدند. خصوصیات منحنی شیردهی بررسی شده، زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) بودند که با استفاده از روابط زیر به‌دست آورده شدند (Tekerli *et al*., 2000):

$$PT = b/c$$
$$PY = a(b/c)^b (e)^{-c(b/c)}$$
$$Per = -(b+1)Ln(c)$$

فراسنجه‌های برآورد شده (a, b, c) تابع وود و خصوصیات منحنی شیردهی (PT, PY, Per) گاوها به وسیله یک مدل خطی، واکاوی فنوتیپی شدند. مدل خطی مورد استفاده به شکل زیر بود:

$$y_{ijklmno} = \mu + H_i + Y_j + S_k + A_l + G_m + T_n + (Y_j * T_n) + (S_k * T_n) + (G_m * T_n) + (A_l * T_n) + I_{ijklmno} + M_{ijklmno}(T_n) + e_{ijklmno}$$

که در آن، $y_{ijklmno}$، متغیر پاسخ، H_i، اثر ثابت گله (در ۷۹۷ گروه)، Y_j، اثر ثابت سال زایش (در ۲۰ گروه)، S_k، اثر ثابت فصل زایش (در چهار گروه)، A_l، اثر ثابت سن نخستین زایش (در دو گروه)، G_m، اثر ثابت نوع ژنوتیپ گاو (در دو گروه زینه و اصیل هلشتاین)، T_n، اثر ثابت نوع رکورد روز آزمون شیر (در سه نوع RM, FCM, ECM)، (Y_j*T_n)، اثر ثابت متقابل دو طرفه بین سال زایش و نوع رکورد روز آزمون شیر، (S_k*T_n)، اثر ثابت متقابل بین فصل زایش و نوع رکورد روز آزمون شیر، (G_m*T_n)، اثر ثابت متقابل بین

نوع ژنوتیپ گاو و نوع رکورد روز آزمون شیر، (A_I*T_n)، اثر ثابت متقابل بین سن نخستین زایش و نوع رکورد روز آزمون شیر، $I_{ijklmno}$، متغیر کمکی فاصله اولین روز رکوردگیری از تاریخ زایش گاو، ($M_{ijklmno}(T_n)$، متغیر کمکی مقدار نوع شیر حاصله در رکوردبرداری اول آشیانه شده در درون اثر ثابت اصلی نوع رکورد روز آزمون شیر، و $e_{ijklmno}$، اثر تصادفی باقی مانده مدل است.

مدل آماری ذکر شده به کمک رویه مدل خطی عمومی نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) برازش شد. برای مقایسه میانگین تصحیح شده سطوح مختلف آثار (اصلی و ترکیبی) وارد شده در مدل، از روش توکی-کرامر استفاده شد. برآورد روند فنوتیپی خصوصیات منحنی شیردهی با روش تابعیت وزنی میانگین تصحیح شده صفت بر حسب سال زایش گاو محاسبه شد.

نتایج و بحث

میانگین کل تصحیح شده فراسنجه‌های تابع وود و خصوصیات زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. در بین سه نوع رکورد روز آزمون شیر، مقدار میانگین تصحیح شده فراسنجه a رکوردهای FCM و RM به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقدار را داشتند ($P<۰/۰۱$). از آن جا که فراسنجه a مرتبط با سطح تولید است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پس از تصحیح عوامل محیطی در نظرگرفته شده (در مدل خطی برازش داده شده بر داده‌ها)، مقدار این فراسنجه در رکوردهای شیر تصحیح شده برای چهار درصد چربی، بالاتر از مقدار فراسنجه مزبور در دو نوع رکورد RM و ECM است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بزرگترین و کوچکترین میانگین کل تصحیح شده فراسنجه‌های b و c به ترتیب متعلق به رکوردهای RM و FCM بود ($P<۰/۰۱$) که نشان می‌دهد پس از تصحیح عوامل محیطی در نظر گرفته شده (در مدل خطی برازش داده شده بر داده‌ها)، منحنی‌های شیردهی توصیف شده بر اساس دو نوع رکورد مزبور، دارای شیب‌های بالارونده و پایین‌رونده متفاوتی از یکدیگر هستند، به‌گونه‌ای که منحنی شیردهی ایجاد شده با استفاده از RM در قیاس با منحنی شیردهی ایجاد شده بر اساس FCM، شیب رو به بالای بیشتری (از ابتدای شیردهی تا زمان اوج شیردهی) و همچنین شیب رو به پایین بیشتری (پس از اوج شیردهی) دارد. در بین انواع رکوردهای روز آزمون شیر RM، FCM و ECM، کمترین میانگین کل تصحیح شده زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) متعلق به FCM بود ($P<۰/۰۱$). در بین سه نوع رکورد روز آزمون شیر، ECM بیشترین میانگین کل تصحیح شده PT و Per را داشت که بیانگر اوج شیردهی دیرتر و تداوم شیردهی بالاتر برای منحنی شیردهی ایجاد شده با استفاده از رکوردهای روز آزمون شیر ECM است. با این حال، در رابطه با صفت تولید شیر در زمان اوج شیردهی، بالاترین میانگین کل تصحیح شده متعلق به رکوردهای روز آزمون RM بود. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده پیرامون منحنی شیردهی گاوهای شیری در کشور ایران نظیر تحقیق Naeemipour Younesi *et al* (2018) و یا گاوهای شیری در سایر کشورها نظیر تحقیق Adediran *et al.* (2012)، از رکوردهای خام شیر نمونه‌گیری شده در طول دوره شیردهی استفاده شده است که در این خصوص، با استفاده از انواع مختلف توابع تجربی نظیر تابع گامای ناقص وود (Marumo *et al*., 2022) و یا مدل‌های مکانیستیک نظیر مدل پلوت–گوتوین (Farhangfar *et al*., 2018) برای توصیف ریاضی منحنی شیردهی، استفاده شده است. بنابراین، سابقه استفاده از انواع رکوردهای تصحیح شده شیر (مانند FCM و ECM) بسیار معدود هستند. برای مثال، در تحقیق Ghavi Hossein-Zadeh (2017) از شش مدل استاندارد رشد (شامل توابع برودی، لجستیک، گمپرتز، شوماخر، فون برتالانفی و مورگان) و با استفاده از رکوردهای روز آزمون شیر تصحیح نشده (RM)، شیر تصحیح شده برای چربی (FCM) و شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) برای توصیف منحنی شیردهی گاوهای شیری زایش اول ایران استفاده شد که بیشترین مقدار تولید شیر در زمان اوج شیردهی مربوط به هنگامی بود که از رکوردهای روز آزمون RM استفاده شد که مشابه با نتایج به‌دست آمده در پژوهش کنونی است. همچنین، در تحقیق Ghavi Hossein-Zadeh (2017)، بیشترین زمان رسیدن به اوج شیردهی، برای رکوردهای روز آزمون ECM (و بر اساس کاربرد توابع شوماخر و مورگان) به‌دست آمدند که مشابه با یافته پژوهش کنونی است.

جدول ۳- میانگین کل تصحیح شده* فراسنجه‌های تابع وود، زمان رسیدن به اوج شیردهی (روز)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (کیلوگرم) و تداوم شیردهی برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر

Table 3. Overall adjusted means[1] for Wood's function parameters and peak time (PT, d), peak yield (PY, kg) and persistency (Per) in three types of milk test day records

Type of test day record[2]	a		b		c		PT		PY		Per	
	Mean	SEM[3]	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
RM	16.06^{c}	0.02477	**0.24207^{a}**	0.00066	**0.00320^{a}**	0.000008	79.007^{b}	0.17287	**32.267^{a}**	0.01834	7.28^{b}	0.00236
FCM	**18.37^{a}**	0.02565	0.17352^{c}	0.00068	0.00265^{c}	0.000008	71.195^{c}	0.17898	29.396^{c}	0.01899	7.16^{c}	0.00244
ECM	17.37^{b}	0.02485	0.20706^{b}	0.00066	0.00272^{b}	0.000008	**81.497^{a}**	0.17341	30.921^{b}	0.01840	**7.31^{a}**	0.00237

[1] In each column, differences among means are statistically significant at $P<0.0001$. [2] RM: Raw milk, FCM: Fat corrected milk, ECM: Energy corrected milk. [3] SEM: Standard error of the means.

جدول ۴- میانگین تصحیح شده* فراسنجه‌های تابع وود، زمان رسیدن به اوج شیردهی (روز)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (کیلوگرم) و تداوم شیردهی برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر در فصول مختلف سال

Table 4. Adjusted means[1] for Wood's function parameters, peak time (PT, d), peak yield (PY, kg) and persistency (Per) in three types of milk test day records of different calving seasons

Calving season	Type of test day record[2]	a		b		c		PT		PY		Per	
		Mean	SEM[3]	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
Spring	RM	16.70^{c}	0.03355	**0.2292^{a}**	0.00090	**0.00321^{a}**	0.0000100	74.81^{b}	0.23418	**31.69^{a}**	0.02485	7.21^{b}	0.00320
	FCM	**19.11^{a}**	0.03447	0.1500^{c}	0.00092	0.00241^{c}	0.0000100	71.79^{c}	0.24055	28.78^{c}	0.02553	7.15^{c}	0.00328
	ECM	18.04^{b}	0.03373	0.1872^{b}	0.00090	0.00249^{b}	0.0000100	**83.93^{a}**	0.23543	30.32^{b}	0.02498	**7.32^{a}**	0.00321
Summer	RM	16.62^{b}	0.03171	**0.2211^{a}**	0.00085	**0.00287^{a}**	0.0000100	83.75^{b}	0.22130	**31.95^{a}**	0.02348	7.31^{b}	0.00302
	FCM	**17.90^{a}**	0.03260	0.1788^{c}	0.00087	0.00252^{c}	0.0000100	78.39^{c}	0.22753	29.52^{c}	0.02414	7.25^{c}	0.00311
	ECM	16.63^{b}	0.03186	0.2180^{a}	0.00085	0.00266^{b}	0.0000100	**88.10^{a}**	0.22238	31.17^{b}	0.02360	**7.40^{a}**	0.00304
Autumn	RM	15.47^{c}	0.03050	**0.2545^{a}**	0.00082	**0.00321^{a}**	0.0000001	**81.99^{a}**	0.21286	**32.78^{a}**	0.02259	**7.33^{a}**	0.00291
	FCM	**17.77^{a}**	0.03096	0.1934^{c}	0.00083	0.00288^{c}	0.0000001	69.36^{c}	0.21604	29.90^{c}	0.02292	7.16^{c}	0.00295
	ECM	16.80^{b}	0.03049	0.2249^{b}	0.00082	0.00295^{b}	0.0000001	78.04^{b}	0.21279	31.41^{b}	0.02258	7.20^{b}	0.00291
Winter	RM	15.44^{c}	0.03151	**0.2636^{a}**	0.00084	**0.00353^{a}**	0.0000100	75.47^{a}	0.21988	**32.66^{a}**	0.02333	**7.26^{a}**	0.00300
	FCM	**18.71^{a}**	0.03204	0.1718^{c}	0.00085	0.00280^{b}	0.0000100	65.24^{c}	0.22359	29.38^{c}	0.02373	7.09^{c}	0.00305
	ECM	18.02^{b}	0.03151	0.1982^{b}	0.00084	0.00280^{b}	0.0000100	**76.02^{a}**	0.21989	30.79^{b}	0.02333	7.24^{b}	0.00300

[1] For each calving season, and in each column, differences among means are statistically significant at $P<0.001$. [2] RM: Raw milk, FCM: Fat corrected milk, ECM: Energy corrected milk.
[3] SEM: Standard error of the means.

میانگین تصحیح شده فراسنجه‌های تابع وود و خصوصیات زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر در فصول مختلف زایش گاوهای شیری ایران در جدول ۴ نشان داده شده است. در هر یک از فصول زایش، بیشترین مقدار فراسنجه a مربوط به رکوردهای روز آزمون FCM بود که با سایر رکوردهای روز آزمون، تفاوت معنی‌دار آماری داشت ($P<۰/۰۰۱$). این امر در حالی است که بیشترین مقدار فراسنجه‌های b و c متعلق به رکوردهای روز آزمون RM بود ($P<۰/۰۰۱$). برای گاوهایی که در فصول بهار، تابستان و یا زمستان زایمان داشتند، زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT) آنان بر اساس رکورد روز آزمون ECM بیشتر از سایر انواع رکوردهای روز آزمون بود ($P<۰/۰۰۱$)، ولی در گاوهای زایش کرده در فصل پاییز، بیشترین مقدار PT برای رکورد روز آزمون RM مشاهده شد ($P<۰/۰۰۱$). در همه فصول زایش، مقدار تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) برای رکورد روز آزمون RM بیشتر از انواع دیگر رکورد روز آزمون بود ($P<۰/۰۰۱$). گاوهایی که در فصول بهار یا تابستان زایمان داشتند، تداوم شیردهی آن‌ها بر اساس رکورد روز آزمون ECM بیشترین مقدار را داشت ($P<۰/۰۰۱$)، در حالی که برای گاوهای پاییز و زمستان‌زا، بیشترین مقدار تداوم شیردهی مربوط به رکورد روز آزمون RM بود ($P<۰/۰۰۱$).

در تحقیق Naeemipour *et al.* (2018) روی گاوهای شکم اول هلشتاین ایران که از رکوردهای روز آزمون شیر خام (و تابع گامای ناقص وود) برای توصیف منحنی شیردهی استفاده شد، کمینه و بیشینه زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT) به ترتیب مربوط به گاوهایی بود که در بهار یا زمستان زایش داشتند. همچنین در پژوهش مزبور، کمینه و بیشینه تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) به ترتیب در فصول تابستان و پاییز، و کمینه و بیشینه تداوم شیردهی (Per) برای گاوهای زایش کرده در بهار یا تابستان مشاهده شد. در پژوهش کنونی، کمینه و بیشینه صفات PY و Per در زایش-های بهار و زمستان به‌دست آمد. وجود برخی تفاوت‌ها بین یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج حاصل از تحقیق Naeemipour *et al.* (2018) می‌تواند به دلایل مختلفی نظیر متفاوت بودن تعداد رکوردهای روز آزمون شیر مورد استفاده، نحوه ویرایش داده‌ها و مدل آماری مورد استفاده برای بررسی اثر عوامل مختلف محیطی بر صفات مزبور باشد. افزون بر موارد اشاره شده، متوسط تعداد رکوردهای روز آزمون شیر مورد استفاده برای هر گاو (که می‌تواند بر دقت فراسنجه‌های برآورد شده اثرگذار باشد) در بین تحقیقات انجام شده، بسیار متفاوت است که سبب اختلاف در نتایج حاصله خواهد شد.

میانگین تصحیح شده فراسنجه‌های تابع وود و خصوصیات زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر گاوهای زینه و اصیل هلشتاین در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد برای هر یک از گاوهای زینه یا اصیل هلشتاین، بیشترین و کمترین مقدار فراسنجه a به ترتیب مربوط به رکوردهای روز آزمون FCM و RM بود ($P<۰/۰۰۰۱$). برای دو گروه گاوهای مزبور، بیشترین و کمترین مقدار فراسنجه‌های b و c به ترتیب متعلق به رکوردهای روز آزمون RM و FCM بود ($P<۰/۰۰۱$). در گاوهای زینه و اصیل هلشتاین، زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT) محاسبه شده بر اساس رکورد روز آزمون ECM بیشتر از سایر انواع رکوردهای روز آزمون بود ($P<۰/۰۰۰۱$)، ضمن آن که مقدار تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) برای رکورد روز آزمون RM بیشتر از انواع دیگر رکورد روز آزمون بود ($P<۰/۰۰۰۱$). تداوم شیردهی گاوهای زینه و اصیل هلشتاین بر اساس رکورد روز آزمون ECM بیشترین مقدار را داشت ($P<۰/۰۰۰۱$)، در حالی که کمترین مقدار تداوم شیردهی در گاوهای مزبور مربوط به رکورد روز آزمون FCM بود ($P<۰/۰۰۰۱$).

مقایسه آماری بیشترین مقدار خصوصیات زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) و تداوم شیردهی (Per) بین دو گروه گاوهای زینه و اصیل هلشتاین نشان داد میانگین PT (یا Per) محاسبه شده بر اساس ECM گاوهای اصیل هلشتاین از میانگین PT (یا Per) محاسبه شده بر اساس ECM گاوهای زینه و همچنین میانگین PY محاسبه شده بر اساس RM گاوهای اصیل هلشتاین از میانگین PY محاسبه شده بر اساس RM گاوهای زینه، به‌طور معنی‌داری، بالاتر است ($P<۰/۰۰۰۱$).

جدول ۵- میانگین تصحیح شده فراسنجه‌های تابع وود، زمان رسیدن به اوج شیردهی (روز)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (کیلوگرم) و تداوم شیردهی برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر در گاوهای زینه و اصیل هلشتاین

Table 5. Adjusted means[1] for Wood's function parameters, peak time (PT, d), peak yield (PY, kg), and persistency (Per) in three types of milk test day records of grade and purebred Holstein cows

Genotype	Type of test day record[2]	a		b		c		PT		PY		Per	
		Mean	SEM[3]	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
Grade	RM	16.15^{c}	0.03168	**0.23904^{a}**	0.00085	**0.00322^{a}**	0.000010	77.74^{b}	0.22109	**32.02^{a}**	0.02346	7.26^{b}	0.00302
	FCM	**18.43^{a}**	0.03254	0.17058^{c}	0.00087	0.00266^{c}	0.000010	69.50^{c}	0.27130	29.23^{c}	0.02410	7.14^{c}	0.00310
	ECM	17.46^{b}	0.03178	0.20456^{b}	0.00085	0.00274^{b}	0.000010	**79.85^{a}**	0.22178	30.70^{b}	0.02353	**7.29^{a}**	0.00303
Purebred Holstein	RM	15.97^{c}	0.02606	**0.24511^{a}**	0.00070	**0.00319^{a}**	0.000008	80.27^{b}	0.18188	**32.51^{a}**	0.01930	7.30^{b}	0.00248
	FCM	**18.31^{a}**	0.02669	0.17646^{c}	0.00072	0.00264^{c}	0.000009	72.89^{c}	0.18625	29.56^{c}	0.01976	7.18^{c}	0.00254
	ECM	17.28^{b}	0.02609	0.20956^{b}	0.00070	0.00271^{b}	0.000008	**83.15^{a}**	0.18210	31.14^{b}	0.01932	**7.33^{a}**	0.00249

[1] For each group of genotype, and in each column, differences among means are statistically significant at $P<0.001$. [2] RM: Raw milk, FCM: Fat corrected milk, ECM: Energy corrected milk.
[3] SEM: Standard Error of Mean.

در تحقیق Daltro *et al.* (2019)، از رکوردهای روز آزمون شیر خام (RM) منحنی شیردهی گاوهای نژاد هلشتاین و نژاد Gyr، و همچنین ترکیبات مختلف ژنتیکی حاصل از تلاقی آن‌ها استفاده شد و نتایج نشان داد که میانگین صفات زمان رسیدن به اوج شیردهی، تولید شیر در زمان اوج شیردهی و تداوم شیردهی گاوهای هلشتاین، بالاتر از مقادیر مشاهده شده در گاوهای Gyr و همچنین دورگ‌ها بود که با نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر مطابقت دارد. بر اساس نتایج پژوهش کنونی می‌توان دریافت که مقادیر فراسنجه‌های تابع وود و خصوصیات منحنی شیردهی گاوهای زینه و اصیل هلشتاین با یکدیگر یکسان نیستند و این تفاوت در شکل منحنی شیردهی، در زمانی که ارزیابی ژنتیکی برای صفت تولید شیر اجرا می‌شود، باید درنظر گرفته شود که تنها در برخی از تحقیقات انجام شده روی گاوهای شیری ایران نظیر پژوهش Farhangfar (2018) *et al.*، امر مزبور وجود داشته است.

نتایج حاصل از برآورد روند فنوتیپی (در کل دو جمعیت گاوهای زینه و اصیل هلشتاین) در جدول ۶ ارائه شده است که نشان می‌دهد بر اساس استفاده از سه نوع رکورد روز آزمون RM، FCM و ECM، متوسط تغییرات سالانه برای صفت زمان رسیدن به اوج شیردهی (PT) به ترتیب ۲/۱۳۲، ۲/۳۰۶ و ۲/۲۹۳ روز در سال، برای صفت تولید شیر در زمان اوج شیردهی (PY) به ترتیب ۰/۴۰۸، ۰/۳۶۹ و ۰/۳۹۵ کیلوگرم در سال، و برای صفت تداوم شیردهی (Per) به ترتیب ۰/۰۳۷، ۰/۰۳۶ و ۰/۰۳۵ در سال بود که به لحاظ آماری معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۰۰۱$).

در پژوهش‌های انجام شده پیرامون برآورد روند فنوتیپی صفات زمان رسیدن به اوج شیردهی، تولید شیر در زمان اوج شیردهی و تداوم شیردهی گاوهای شیری ایران، عمدتاً از رکوردهای روز آزمون شیر خام استفاده شده است. در تحقیق Izadkhah *et al.* (2011) روی گاوهای هلشتاین استان خراسان که از رکوردهای روز آزمون شیر خام و تابع نمایی ویلمینک برای توصیف منحنی شیردهی استفاده شد، مقدار روند فنوتیپی برای صفت تداوم شیردهی (که بر اساس مقادیر تولید شیر ۳۰۵ روز و تولید شیر در زمان اوج شیردهی تعریف شده بود) برابر با ۰/۰۵۴ درصد در سال (در بازه زمانی ۱۳۸۸-۱۳۷۹) برآورد شد که به لحاظ آماری، معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). در تحقیق Farhangfar *et al.* (2018) روی گاوهای شیری ایران که از رکوردهای روز آزمون شیر خام و مدل مکانیستیک پلوت–گوتوین برای توصیف منحنی شیردهی استفاده شد، مقدار روند فنوتیپی برای صفات بیشترین ظرفیت تولید شیر و کاهش نسبی تعداد سلول‌های ترشح کننده شیر (به عنوان معیاری از تداوم شیردهی) به ترتیب برابر با ۰/۵۲ (کیلوگرم در سال) و ۰/۰۰۰۰۲۵- در سال (در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۷۶) برآورد شد که به لحاظ آماری، معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۰۰۱$). در تحقیق Saghanezhad *et al.* (2017) روی گاوهای هلشتاین ایران که از رکوردهای روز آزمون خام و تابع گامای ناقص وود برای توصیف منحنی شیردهی استفاده شد، روند مثبت معنی‌دار آماری ($P<۰/۰۵$) برای صفات تداوم شیردهی (تعریف شده مشابه با تحقیق حاضر) و تولید شیر در زمان اوج شیردهی در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۹ وجود داشت، در حالی که برای صفت زمان رسیدن به اوج شیردهی، روند فنوتیپی معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در بازه زمانی مذکور مشاهده نشد.

به‌طور کلی، وجود تغییرات مثبت سالانه برای صفات زمان رسیدن به اوج شیردهی، تولید شیر در زمان اوج شیردهی و تداوم شیردهی در گاوهای شیری ایران (با استفاده از سه نوع رکورد روز آزمون شیر RM، FCM و ECM در تحقیق حاضر) به عنوان یک امر مطلوب، تلقی می‌شود. به دلیل ارتباطی که صفات مزبور با مقدار شیر ۳۰۵ روز دارند (Farhangfar and Rowlinson, 2007, Elahi Torshizi, 2016) می‌توان انتظار داشت که هرگونه افزایش در خصوصیات منحنی شیردهی مورد اشاره، سبب تغییر در مقدار شیر ۳۰۵ روز شوند. ویژگی تداوم شیردهی، از خصوصیات مهم یک گاو شیری محسوب می‌شود که از اهمیت اقتصادی برخوردار است (Dekkers *et al.*, 1998). گاوهایی که منحنی شیردهی تختی داشته باشند به چند دلیل، اهمیت اقتصادی دارند. این نوع گاوها، آسان‌تر تغذیه می‌شوند، فشار متابولیکی وارده بر آن‌ها در هنگام تولید بالا (که سبب اختلالات متابولیکی و تولیدمثلی می‌شود) کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه، می‌توان در تغذیه این گروه از گاوها، نسبت علوفه را در جیره افزایش داد (Solkner and Fuchs, 1987). در واقع، اثر اقتصادی تداوم شیردهی بر هزینه‌های خوراک از آن جا ناشی می‌شود که تولید شیر این گروه از گاوها به‌طور تقریباً یکسانی در کل دوره شیردهی توزیع می‌شود که سبب می‌شود تا سهم انرژی تأمین شده از علوفه (در مقایسه با کنسانتره) بیشتر شود (Dekkers *et al.*, 1998).

در پژوهش کنونی، روند فنوتیپی صفت تداوم شیردهی برای رکورد روز آزمون FCM حد وسط دو نوع رکورد روز آزمون دیگر قرار دارد. این امر نشان می‌دهد هنگامی که مقدار شیر

روز آزمون فقط برای محتوای چربی و یا برای محتوای چربی و پروتئین، تصحیح شود، میزان تغییرات سالانه تداوم شیردهی، کمتر خواهند شد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های پژوهش کنونی نشان داد که گاوهای اصیل هلشتاین، نسبت به گاوهای زینه، دیرتر به اوج شیردهی می‌رسند که یک ویژگی مطلوب است، ضمن آن که برای گاوهای زینه و اصیل هلشتاین، زمان رسیدن به اوج شیردهی، در رکوردهای روز آزمون شیر تصحیح شده برای انرژی (ECM) دیرتر از رکوردهای روز آزمون خام (RM) و تصحیح شده برای چربی (FCM) بود. همچنین تداوم شیردهی گاوهای شیری ایران بر اساس رکوردهای روز آزمون ECM از میانگین بالاتری نسبت به تداوم شیردهی محاسبه شده بر مبنای دو نوع رکورد دیگر شیر (RM و FCM) برخوردار است. بنابراین، با توجه به این که ECM محتوای متفاوت انرژی شیر گاوها را در نظر می‌گیرد، در مواقعی که هدف یک پژوهش، مقایسه گاوها از حیث صفت تداوم شیردهی (به ویژه در بین تیمارهای غذایی مختلف است) است از رکوردهای شیر تصحیح شده برای انرژی استفاده شود. همچنین، نتایج حاصل از برآورد روند فنوتیپی نشان داد که خصوصیات شیردهی زمان رسیدن به اوج شیردهی، تولید شیر در زمان اوج شیردهی و تداوم شیردهی، از تغییرات سالانه مثبت و مطلوبی برخوردار بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

داده‌های مورد استفاده در پژوهش کنونی به وسیله مرکز اصلاح نژاد دام و بهبود تولیدات دامی (وابسته به وزارت جهاد کشاورزی) ارائه شده است که بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولین محترم آن مرکز اعلام می‌نماییم.

جدول ۶- روند فنوتیپی صفات زمان رسیدن به اوج شیردهی (روز در هر سال)، تولید شیر در زمان اوج شیردهی (کیلوگرم در هر سال) و تداوم شیردهی (در هر سال) برای سه نوع رکورد روز آزمون شیر

Table 6. Phenotypic trend for the traits of peak time (d/y), peak yield (kg/y), and persistency (per year) in three types of milk test day records

Trait	Test day record[1]	Estimate	SE	*P*-value	R^2
PT	RM	2.132	0.066	0.0001	0.983
	FCM	2.306	0.092	0.0001	0.972
	ECM	2.293	0.082	0.0001	0.977
PY	RM	0.408	0.013	0.0001	0.983
	FCM	0.369	0.018	0.0001	0.957
	ECM	0.395	0.014	0.0001	0.977
Per	RM	0.037	0.001	0.0001	0.989
	FCM	0.036	0.002	0.0001	0.968
	ECM	0.035	0.001	0.0001	0.975

[1] RM: Raw milk, FCM: Fat corrected milk, ECM: Energy corrected milk

فهرست منابع

Adediran, S. A., Ratkowski, D. A., Donaghy, D. J., & Malau-Aduli, A. E. O. (2012). Comparative evaluation of a new lactation curve model for pasture-based Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(9), 5344-5356. doi:10.3168/jds.2011-4663

Albarran-Portillo, B., & Pollott, G. E. (2011). Environmental factors affecting lactation curve parameters in the United Kingdom's commercial dairy herds. *Archivos de Medicina Veterinaria*, *43*(2), 145-153. doi: 10.4067/S0301-732X2011000200007

Ardalan, M., Dehghan-Banadaky, M., Rezayazdi, K., & Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2011). The effect of rumen-protected methionine and choline on plasma metabolites of Holstein dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, *149*, 639-646. doi: 10.1017/S0021859610001292

Arianfar, M., Rokouei, M., Dashab, G. R., & Faraji-Arough, H. (2022). Investigating the relationship between lactation curve parameters and some economic traits of Iranian Holstein cows. *Animal Production Research*, *11*(1), 1-13. doi: 10.22124/AR.2022.18691.1590 [In Persian]

Atashi, H., Moradi Shahrbabak, M., & Moghimi Esfandabadi, A. (1997). An Investigation on the milk production change trend over lactation period using mathematical functions in Iranian Holstein cows. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *38*(1), 67-76. [In Persian]

Bakri, N. E., Pieramati, C., Sarti, F. M., Giovanini, S., & Djemali, M. N. (2022). Estimates of genetic parameters and genetic trend for Wood's lactation curve traits of Tunisian Holstein-Friesian cows. *Tropical Animal Health and Production*, *54*(4), 1-9. doi: 10.1007/s11250-022-03219-2

Bangar, Y. C., & Verma, M. R. (2017). Non-linear modelling to describe lactation curve in Gir crossbred cows. *Journal of Animal Science and Technology*, *59*(3), 1-7. doi: 10.1186/s40781-017-0128-6

Bouallegue, M., Steri, R., M'hamdi, N., & Hamouda M. B. (2015). Modelling of individual lactation curves of Tunisian Holstein-Friesian cows for milk yield, fat, and protein contents using parametric, orthogonal and spline models. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *24*(1), 11-18. doi: 10.22358/jafs/65648/2015

Cankaya, S., Unalan, A., & Soydan, E. (2011). Selection of a mathematical model to describe the lactation curves of Jersey cattle. *Archiv fur Tierzucht*, *54*(1), 27-35. doi: 10.5194/aab-54-27-2011

Cobuci, J. A., & Costa, C. N. (2012). Persistency of lactation using random regression models and different fixed regression modeling approaches. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *41*(9), 1996-2004. doi: 10.1590/S1516-35982012000900005

Daltro, D. S., Padilha, A. H., Silva, M. V. G. B., Kern, E. L., Santos, D. C. A., Panetto, J. C. C., Gama, L. T., & Cobuci, J. A. (2019). Heterosis in the lactation curves of Girolando cows with emphasis on variations of the individual curves. *Journal of Applied Animal Research*, *47*(1), 85-95. doi: 10.1080/09712119.2019.1575223

Dekkers, J. C., Ten Hag, J. H., & Werrsink, A. (1998). Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livestock Production Science*, *53*(3), 237-252. doi: 10.1016/S0301-6226(97)00124-3

Elahi Torshizi, M. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, *58*(8), 2-14. doi: 10.1186/s40781-016-0089-1

Farhangfar, H., & Naeemipour, H. (2007). Phenotypic study of lactation curve in Iranian Holsteins. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *9*(4), 279-286. doi: 20.1001.1.16807073.2007.9.4.8.9

Farhangfar, H., Nezamdoost, S., Montazar Torbati, M. B., & Asghari, M. R. (2018). Genetic analysis of Pollott-Gootwine mechanistic model parameters for lactation curve of Iranian dairy cows. *Journal of Animal Science Research*, *28*(3), 31-46. [In Persian]

Fathi Nasri, M. H., France, J., Odongo, N. E., Lopez, S., Bannink, A., & Kebreab E. (2008). Modelling the lactation curve of dairy cows using the differentials of growth functions. *Journal of Agricultural Science*, *146*(6), 633-641. doi: 10.1017/S0021859608008101

Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2014). Comparison of non-linear models to describe the lactation curves of milk yield and composition in Iranian Holsteins. *Journal of Agricultural Science*, *152*, 309-324. doi: 10.1017/S0021859613000415

Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2017). Application of growth models to describe the lactation curves for test-day milk production in Holstein cows. *Journal of Applied Animal Research*, *45*(1), 145-151. doi: 10.1080/09712119.2015.1124336

Ghavi Hossein-Zadeh, N. (2019). Comparison of the parameters of the lactation curve between normal and difficult calvings in Iranian Holstein cows. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *17*(1), 1-13. doi: 10.5424/sjar/2019171-13673

Græsbøll, K., Kirkeby, C., Nielsen, S. S., Halasa, T., Toft, N., & Christiansen L. E. (2016). Models to estimate lactation curves of milk yield and somatic cell count in dairy cows at the herd level for the use in simulations and predictive models. *Frontiers in Veterinary Science*, *3*, 1-10. doi: 10.3389/fvets.2016.00115

Grzesiak, W., Zaborski, D., Szatkowska, I., & Królaczyk, K. (2021). Lactation milk yield prediction in primiparous cows on a farm using the seasonal auto-regressive integrated moving average model, nonlinear autoregressive exogenous artificial neural networks and Wood's model. *Animal Bioscience*, *34*(4), 770-782. doi: 10.5713/ajas.19.0939

Grossman, M., Hartz, S. M., & Koops, W. J. (1999). Persistency of lactation yield: A novel approach. *Journal of Dairy Science*, *82*(10), 2192-2197. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75464-0

ICAR (International Committee for Animal Recording). (2017). Introduction to the ICAR Guidelines: Section 2-Guidelines for Dairy Cattle Milk Recording. 27 p.

Izadkhah, R., Farhangfar, H., & Fathi Nasri, M. H. (2011). Application of Wilmink's Exponential Function in Genetic Analysis of 305-d Milk Production and Lactation Persistency in Holstein Cows of Razavi Khorasan. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *3*(3), 297-303. doi: 10.22067/IJASR.V3I3.11307 [In Persian]

Izadkhah, R., Farhangfar, H., & Fathi Nasri, M. H. (2015). Application of Wilmink's exponential function in genetic analysis of peak milk yield and time traits for Holstein cows of Razavi Khorasan. *Journal of Animal Science Research*, *25*(1), 141-150. [In Persian]

Lombaard, C. S. (2006). Hierarchical Bayesian modelling for the analysis of the lactation of dairy animals. Ph.D. Thesis. University of the Free State, Bloemfontein. 256 p.

Lopez, S., France, J., Odongo, N. E., McBride, R. A., Kebreab, E., AlZahal, O., McBride, B. W., & Dijkstra, J. (2015). On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *Journal of Dairy Science*, *98*(4), 2701-2712. doi: 10.3168/jds.2014-8132

Macciotta, N. P. P., Vicario, D., & Cappio-Borlino, A. (2005). Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science*, *88*(3), 1178-1191. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72784-3

Marumo, J. L., Lusseau, D., Speakman, J. R., Mackie, M., & Hambly, C. (2022). Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *105*(2), 1225-1241. doi: doi.org/10.3168/jds.2021-20698

Mavrogenis, A. P., & Papachristoforou, C. H. R. (1988). Estimation of the energy value of milk and prediction of fat-corrected milk yield in sheep and goats. *Small Ruminant Research*, *1*, 229-236. doi: 10.1016/0921-4488(88)90051-X

Mohammadpanah, M., Farhangfar, H., & Bashtani, M. (2014). Phenotypic analysis of energy-corrected test day milk records in first-parity dairy cows. *Journal of Ruminant Research*, *2*(3), 139-163. doi: 20.1001.1.23454253.1393.2.3.9.1 [In Persian]

Mohammadpanah, M., Farhangfar, H., & Bashtani, M. (2015). Genetic evaluation of Iranian first lactation Holstein cows based upon crude and energy-corrected test day milk records. *Animal Production*, *17*(2), 183-197. doi: 10.18869/acadpub.rap.7.13.162 [In Persian]

Naeemipour Younesi, H., Shariati, M. M., & Zerehdaran, S. (2018). Effects of season and age at first caving on phenotypic and genetic characteristics of lactation curve parameters in primiparous Iranian Holstein cows. *Animal Science Journal*, *30*(117), 163-176. doi: 10.22092/ASJ.2018.116054 [In Persian]

Penagaricano, F. (2020). Genetics and genomics of dairy cattle (In: Animal Agriculture, Sustainability, Challenges and Innovations. Edited by: F. W. Bazer, G. C. Lamb and G. Wu), p. 101.

Saghanezhad, F., Atashi, H., Dadpasand, M., Zamiri M. J., & Shokri-Sangari, F. (2017). Estimation of genetic parameters for lactation curve traits in Holstein dairy cows in Iran. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *7*(4), 559-566.

Solkner, J., & Fuchs, W. (1987). A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields. *Livestock Production Science*, *16*(4), 305-319. doi: 10.1016/0301-6226(87)90001-7

Stefanon, B., Colitti, M., Gabai, G., Knight, C. H., & Wilde, C. J. (2002). Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *Journal of Dairy Research*, *69*(1), 37-52. doi: 10.1017/S0022029901005246

Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I., & Akcan, A. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, *83*(6), 1381-1386. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75006-5

Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, *216*,164-165. doi: 10.1038/216164A0