

https://domesticj.ut.ac.ir/article_107100.html

مقاله علمی - ترویجی

مروری بر ساختار و مؤلفه‌های اساسی در صنعت پرورش گاوهای شیری

دانیال نیکزاد^۱ ^۱ دانشجوی دکتری تخصصی ژنتیک و اصلاح نژاد دام و طیور، گروه مهندسی علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران<https://doi.org/10.22059/domesticj.2026.398066.1205>

چکیده

صنعت گاو شیری به عنوان یکی از ارکان امنیت غذایی و اقتصادی جهان، نیازمند هماهنگی میان هفت رکن کلیدی است که شامل ژنتیک، تغذیه، سلامت دام، شیردوشی، مدیریت اقتصادی، پایداری محیط زیستی و آموزش و پژوهش می‌باشد. این مطالعه با نگاهی ساختاری نشان می‌دهد که تعامل بین این مؤلفه‌ها نه تنها بهره‌وری و سودآوری، بلکه پایداری بلند مدت این صنعت را تضمین می‌کند. ژنتیک و اصلاح نژاد با فناوری‌های پیشرو نظیر انتخاب ژنومی و CRISPR، پایه علمی افزایش تولید شیر و مقاومت به بیماری‌ها را فراهم می‌کند. در کنار آن، تغذیه علمی (با تمرکز بر جیره‌های TMR و افزودنی‌های کاهنده متان) تا ۷۰ درصد هزینه‌ها را مدیریت کرده و ردپای کربن را کاهش می‌دهد. سلامت دام با راهکارهایی نظیر واکسناسیون، مدیریت استرس گرمایی و غیره از شیوع بیماری‌ها جلوگیری و رفاه دام را ارتقا می‌دهد. فناوری‌های شیردوشی کیفیت شیر را حفظ و خطای انسانی را به حداقل می‌رساند؛ از طرفی پایداری زیست محیطی با تبدیل چالش‌هایی مانند کود و متان به فرصت، کشت علوفه‌های کم آبر، صنعت را با اهداف زیست محیطی همسو می‌کند. آموزش و پژوهش با پرورش نیروی انسانی متخصص و توسعه فناوری‌های نوین سبب ایجاد پل ارتباطی میان آزمایشگاه و واحدهای دامپروری است. چالش‌های آینده این صنعت از تغییرات اقلیمی تا مقاومت آنتی‌بیوتیکی نیازمند ادغام دانش سنتی و مدرن و حرکت به سوی اقتصاد چرخشی است. تنها با این رویکرد منسجم می‌توان به واحدهای دامپروری گاوهای شیری پایدار دست یافت، بلکه هم نیاز غذایی جامعه را تأمین کند و هم منابع طبیعی را برای نسل آینده حفظ نماید.

کلمات کلیدی: آموزش، اقتصاد، پایداری، گاوهای شیری

*نویسنده مسئول: danielnikzad8@gmail.com

بخش: ژنتیک و اصلاح نژاد دام و طیور دبیر تخصصی: دکتر آرش جوانمرد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۵ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۲/۱۹

رفرنس‌دهی: نیکزاد، د. مروری بر ساختار و مؤلفه‌های اساسی در صنعت پرورش گاوهای شیری. علمی- ترویجی (حرفه‌ای) دامستیک، ۱۴۰۵، ۲۶(۱): ۲۵-۳۵.



AnimSSAUT

مقدمه

نقش ژنتیک و اصلاح نژاد

در هسته مرکزی صنعت گاو شیری، ژنتیک و اصلاح نژاد به عنوان سنگ بنای علمی جای گرفته است که تعیین کننده ظرفیت تولیدی، سلامت و سازگاری گاوها با شرایط محیطی است (Porte-neto *et al.*, 2014). امروزه، پیشرفت‌های شگرف در علوم ژنومی و بیوتکنولوژی، امکان دستیابی به گله‌هایی با عملکرد فوق العاده را فراهم کرده است، به گونه‌ای که تفاوت ژنتیکی میان دام‌ها می‌تواند تا ۳۰ درصد اختلاف (واریانس) در تولید شیر را توجیه کنند (Said *et al.*, 2020). انتخاب ژنتیکی هدفمند از دهه‌ها پیش، با محوریت افزایش تولید شیر، بهبود ترکیبات آن (نظیر تولید و درصد چربی و پروتئین) و مقاومت در برابر بیماری‌ها، به یک استراتژی کلیدی تبدیل شده است. که میانگین تولید شیر سالانه آن‌ها از ۶۰۰۰ به بیش از ۱۲۰۰۰ لیتر به ازای هر رأس در برخی گله‌های مدرن رسیده است. با این حال تمرکز صرف بر افزایش کمیّت شیر بدون توجه به شاخص‌های سلامت، ممکن است به کاهش پایداری سیستم منجر شود. همچنین مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهند که ژنتیک همراه با فناوری‌های بیوتکنولوژی نقش بسزایی در افزایش شایستگی ژنتیکی دام‌ها ایفا می‌کنند (Gengler and Druet, 2001). فناوری‌های نوین ژنتیکی که تحول شگرفی در این حوزه ایجاد کرده‌اند شامل:

انتخاب ژنومی: با تجزیه و تحلیل هزاران نشانگر ژنتیکی در DNA گوساله‌ها، امکان پیش‌بینی پتانسیل تولیدی و سلامتی آن‌ها پیش از بلوغ فراهم شده است. این روش دقت انتخاب را تا ۵۰ درصد افزایش داده و چرخه نسل‌ها را کوتاه می‌کند (Wiggans and Carrillo, 2020).

تلقیح مصنوعی: انتقال ژن‌های برتر از طریق اسپرم گاوهای نر (Elite) به گله‌ها، نرخ پیشرفت ژنتیکی را تسریع و هزینه نگهداری گاو نر را حذف می‌کند (Mohammed, 2018).

ویرایش ژن: فناوری‌هایی نظیر CRISPR-cas9 اُفق‌های جدیدی برای رفع نقایص ژنتیکی نظیر حذف ژن‌های مرتبط با بیماری‌های موروثی یا بهبود صفات مطلوب گشوده‌اند (Sonstegard *et al.*, 2024).

مدیریت داده‌های ژنتیکی نیز نقش حیاتی در پایداری سیستم دارد. پایگاه‌های اطلاعاتی یکپارچه (نظیر سیستم‌های ثبت شیردهی و شجره‌نامه)، امکان ردیابی دقیق تبار دام‌ها، جلوگیری از همخونی و بهینه‌سازی تلقیح را فراهم می‌کنند. برای نمونه، شاخص‌هایی نظیر TPI (Total Performance Index) که

صنعت گاو شیری به عنوان یکی از ارکان امنیت غذایی جهانی و اقتصاد کشاورزی، نقشی حیاتی در تأمین نیازهای پروتئینی جمعیت رو به رشد جهان ایفا می‌کند. با پیش‌بینی افزایش ۵/۸ درصدی تقاضا برای شیر تا سال ۲۰۵۰، این صنعت با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه است که شامل تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع طبیعی، بحران مقاومت آنتی‌بیوتیکی و انتظارات فزاینده مصرف‌کنندگان نسبت به کیفیت محصولات و مسئولیت‌پذیری زیست محیطی می‌باشد (Zolin *et al.*, 2021). در این میان رویکردهای سنتی پرورش گاو شیری دیگر پاسخگوی این پیچیدگی‌ها نیست و حرکت به سوی سیستم‌های مدرن، پایدار و دانش‌بنیان را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. گاو‌داری مدرن، تنها محدود به نگهداری دام و استحصال شیر نیست، بلکه شبکه‌ای پیچیده از علوم مختلف شامل ژنتیک، تغذیه، بهداشت دام، فناوری‌های پیشرفته و مدیریت اقتصادی را در بر می‌گیرد (Ahmadi - khoie *et al.*, 2023). موفقیت در این صنعت، وابسته به تعادل و هماهنگی میان مولفه‌های کلانی است که همانند ستون‌های یک ساختمان، پایداری کل سیستم را تضمین می‌کنند (Stone, 2020).

از انتخاب ژنتیکی گاوهای برتر برای افزایش بهره‌وری شیر تا مدیریت هوشمندانه منابع خوراکی، از پیشگیری از بیماری‌ها تا کاهش ردپای کربن، هر یک از این اجزا در زنجیره‌ای به هم پیوسته قرار دارند که نادیده گرفتن هر حلقه، می‌تواند به کاهش کیفیت محصول، افزایش هزینه‌ها و حتی تهدید سلامت عمومی منجر شود. امروزه، چالش‌هایی نظیر تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع طبیعی و رقابت در بازار، گاو‌داران را ناگزیر به اتخاذ راهبردهایی کرده است که همزمان بهره‌وری اقتصادی، رفاه دام و حفاظت از محیط زیست را مد نظر قرار دهند (Grout *et al.*, 2020). این امر تنها از طریق ادغام دانش بومی با دستاوردهای علمی روز، آموزش نیروی انسانی متخصص و به کارگیری فناوری‌های نوین محقق می‌شود. هدف از تدوین این مطالعه علمی-ترویجی، نه تنها تبیین نقش هر رکن، بلکه تجزیه و تحلیل همگنشی سیستماتیک میان آن‌ها می‌باشد. چرا که موفقیت پایدار در صنعت گاو شیری تنها در سایه هماهنگی ژنتیک برتر با تغذیه دقیق، فناوری‌های مدرن با مدیریت اقتصادی هوشمند و پژوهش‌های کاربردی با آموزش نیروی انسانی متخصص محقق می‌شود (Pattison and Lingreen, 2004).

کم کیفیت) جلوگیری می‌کند و با بهبود بازدهی خوراک، تولید شیر را تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد (Tangorra and Calcante, 2024). سیستم گوارشی گاوها، به ویژه فعالیت میکروبی شکمبه، نقش کلیدی در تبدیل خوراک به انرژی و پروتئین شیر ایفا می‌کند. همچنین تغذیه و مدیریت مبتنی بر فیدومیکس (Feedomics) به پیشرفت و پایداری گله کمک شایانی می‌کند، همان طور که در تصویر (۲) نشان داده شده است (Liu et al., 2022). استفاده از افزودنی‌های نوین نظیر پروبیوتیک‌ها و مخمرها که موجب بهبود جمعیت میکروبی شکمبه و افزایش تجزیه فیبر می‌شود، آنزیم‌های اگزوزن (نظیر سلولازها) که منجر به افزایش قابلیت هضم سلولز در علوفه‌های با کیفیت پایین می‌گردد و همچنین نیترات‌ها یا جلبک‌های دریایی که کاهش تولید متان تا ۳۰ درصد از طریق مهار آنزیم‌های تولیدکننده گاز در شکمبه را به همراه دارد. این فناوری‌ها نه تنها بازدهی خوراک را افزایش می‌دهند، بلکه به کاهش ردپای کربن در صنعت گاوهای شیری کمک شایانی می‌کنند (Durge et al., 2022).

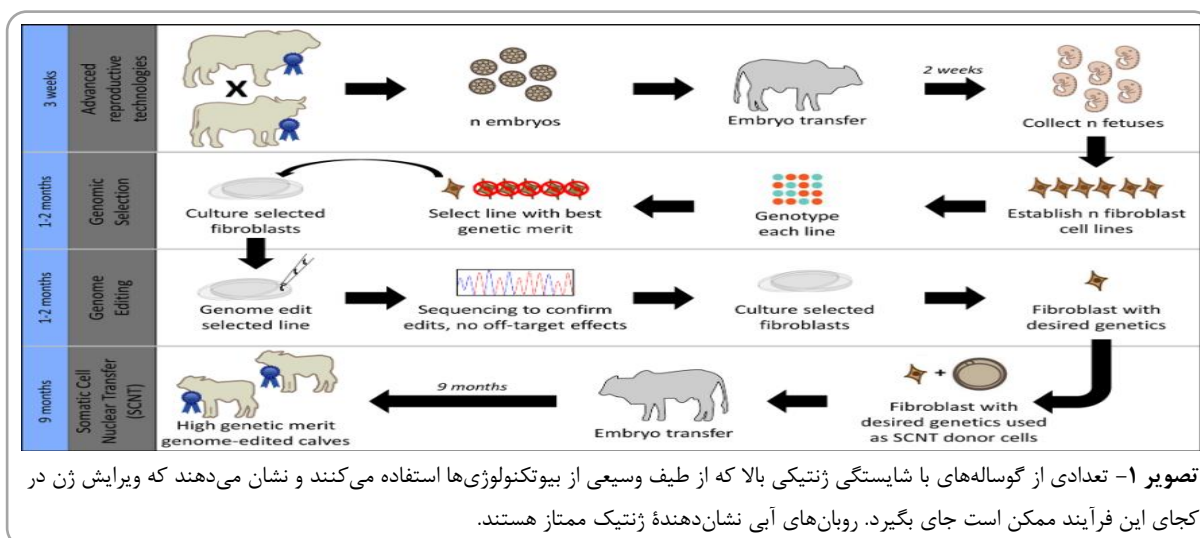
نقش سلامت و بهداشت دام

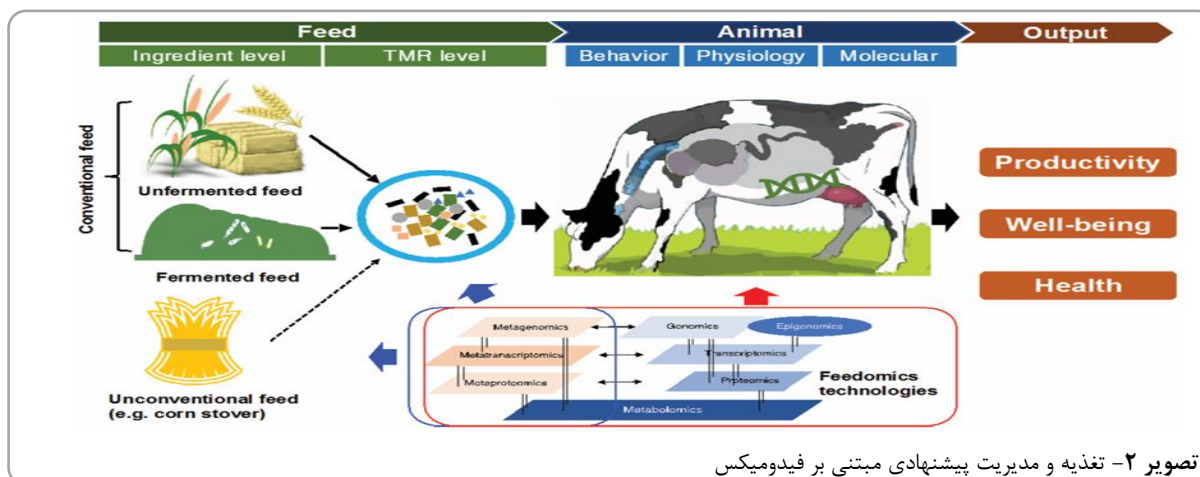
سلامت گاوهای شیری نه تنها یک مسئله اخلاقی در پرورش دام، بلکه عاملی تعیین‌کننده در بهره‌وری اقتصادی، کیفیت شیر و کاهش ریسک‌های بهداشت عمومی است (Maji et al., 2024). بیماری‌ها و استرس‌های محیطی می‌توانند تولید شیر را تا ۳۰ درصد کاهش داده و هزینه‌های درمانی را به طور چشمگیری افزایش دهند. بنابراین مدیریت پیشگیرانه بهداشت و رفاه دام، به عنوان یک استراتژی کلیدی در گاوداری‌های مدرن شناخته می‌شود (Capper and Cady, 2020).

همان شاخص عملکرد کل می‌باشد، در نژاد هلشتاین ترکیبی از تولید شیر، طول عمر و ساختار بدنی را ارزیابی کرده و به گاوداران در انتخاب دام‌های برتر کمک می‌کند (Gutierrez-Reinoso et al., 2021). در نهایت، برنامه‌های اصلاح‌نژادی باید در تعادل با مسئولیت اخلاقی و تنوع زیست محیطی قرار گیرند. تکیه بیش از حد بر یک نژاد خاص ممکن است آسیب‌پذیری سیستم را در برابر بیماری‌ها یا تغییرات اقلیمی افزایش دهد. بنابراین، ادغام تجارب قبلی با فناوری‌های نوین و پیشرفته، کلید دستیابی به گله‌های مقاوم، پربازده و سازگار با چالش‌های آینده می‌باشد (Adefila et al., 2024).

تأثیر تغذیه و مدیریت خوراک

مدیریت علمی تغذیه و خوراک، نه تنها به عنوان بزرگ‌ترین هزینه عملیاتی در صنعت گاوهای شیری (حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه‌ها)، بلکه به عنوان عاملی تعیین‌کننده در سلامت دام، کیفیت شیر و سودآوری اقتصادی شناخته می‌شود. یک سیستم تغذیه کارآمد، باید همزمان نیازهای فیزیولوژیک گاوهای شیری در مراحل مختلف تولید (نظیر شیردهی، خشکی یا انتقال) را برآورده کند و از نظر اقتصادی و زیست محیطی پایدار باشد (Chase and Fortina, 2023). گاوهای شیری به دلیل متابولیسم بالا و تولید شیر، به جیره‌های دقیقاً محاسبه شده نیاز دارند که شامل ترکیبی از علوفه‌ها (نظیر یونجه و سیلوی ذرت)، کنسانتره (حاوی غلات، پروتئین گیاهی و چربی)، مواد معدنی (کلسیم و فسفر) و ویتامین‌ها (به ویژه ویتامین D و E) است. سیستم TMR (Total Mixed Ration) با هدف تأمین یکنواخت مواد مغذی برای همه دام‌ها طراحی شده است. این سیستم از انتخاب‌گری دام‌ها (انتخاب بخش‌های خوش خوراک جیره و باقی گذاشتن اجزای





تصویر ۲- تغذیه و مدیریت پیشنهادی مبتنی بر فیدومیکس

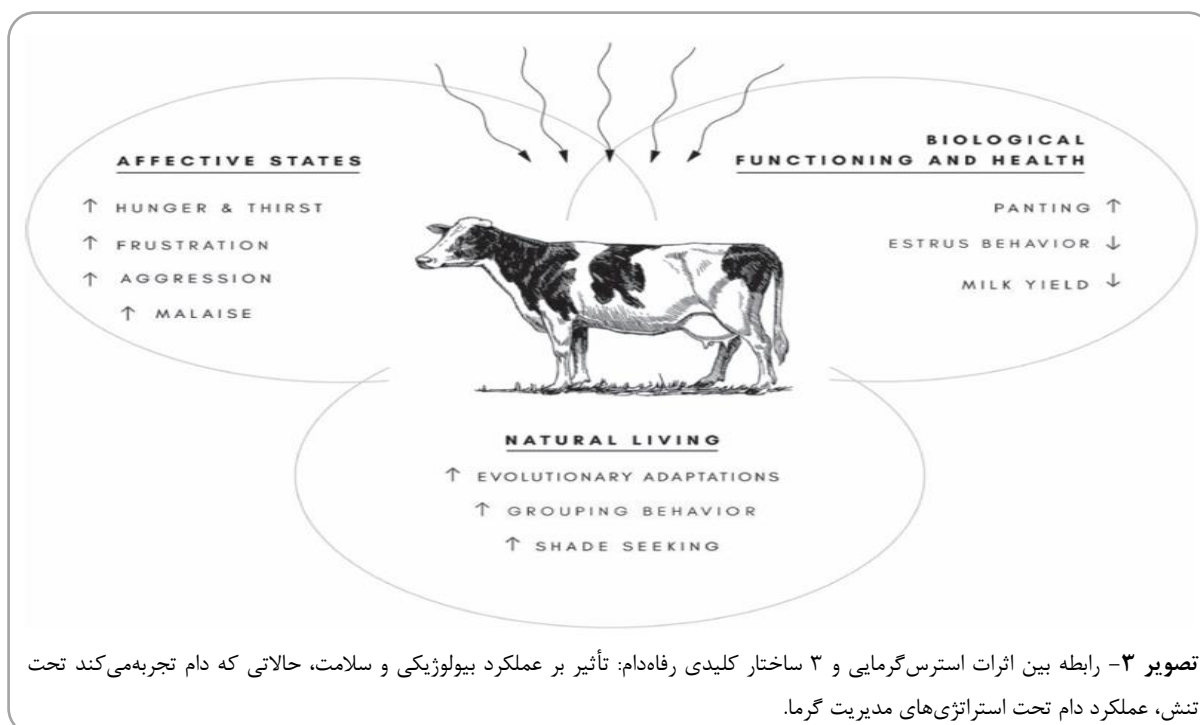
از تخمیر در شکمبه می‌شود (Clay and Visseren-hamakers, 2022). همچنین فناوری‌های نوینی در زمینه پایش سلامت دام وجود دارد که شامل موارد ذیل می‌باشد:

حسگرهای پوشیدنی: نظارت لحظه‌ای بر دمای بدن، فعالیت حرکتی و چرخه نشخوار گاوها از طریق گردن‌بند یا گوشواره‌های هوشمند، کاهش ۴۰ درصدی تشخیص دیرهنگام بیماری‌ها را به دنبال خواهد داشت.

سیستم‌های تصویربرداری حرارتی: شناسایی زود هنگام التهاب پستان (ورم‌پستان) یا آسیب‌های مفصلی.

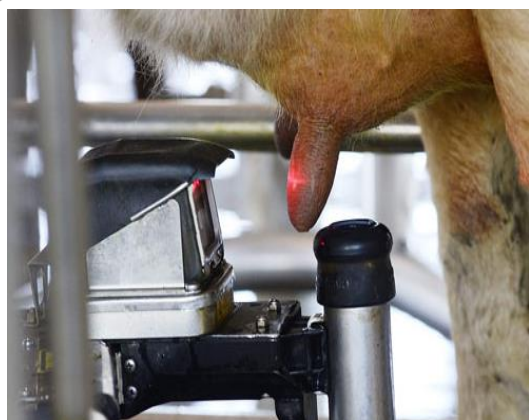
آزمایشات سریع شیر: اندازه‌گیری سلول‌های سوماتیک توسط Somatic Cell Counter و پاتوژن‌ها در شیر به صورت روزانه برای تشخیص سریع عفونت‌ها.

در این راه، پیشگیری از بیماری‌ها از واکسناسیون تا قرنطینه بسیار مهم است. برنامه‌های واکسناسیون، کنترل انگل‌ها و مدیریت قرنطینه که سبب جداسازی دام‌های تازه وارد به مدت ۲ الی ۳ هفته می‌شود کمک شایانی به این امر می‌کند. گاوهای شیری به ویژه نژادهای پر تولید نظیر هلشتاین، به شدت به استرس گرمایی حساس می‌باشند (تصویر ۳). افزایش دمای محیط، مصرف خوراک را تا ۲۰ درصد کاهش داده و تولید شیر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (Sheldon *et al.*, 2020). راهکارهای مقابله با این پدیده شامل، خنک‌سازی فعال که با نصب سیستم‌های مه‌پاش و فن‌های صنعتی در بهاربندها و سالن‌های انتظار شیردوشی میسر می‌شود. راهکار دیگر تعدیل جیره غذایی است که سبب افزایش چربی جیره به عنوان منبع انرژی متراکم و کاهش فیبر نامحلول برای کم کردن حرارت ناشی



تصویر ۳- رابطه بین اثرات استرس گرمایی و ۳ ساختار کلیدی رفاه‌دام: تأثیر بر عملکرد بیولوژیکی و سلامت، حالاتی که دام تجربه می‌کند تحت تنش، عملکرد دام تحت استراتژی‌های مدیریت گرما.

مدیریت آلاینده‌ها: فیلتراسیون شیر برای حذف ذرات خارجی و پاستوریزاسیون اولیه در گاوداری جهت کاهش بار میکروبی.



تصویر ۴- نمای شماتیک از یک ربات شیردوش و نحوه فعالیت آن.

ذخیره‌سازی و انتقال شیر یکی از مهمترین ارکان واحدهای صنعتی گاوشیری می‌باشد که در آن برای بهبود عملکرد این مهم باید از فناوری‌های پیشگیری از فساد بکار گرفته شود، تانک‌های خنک‌کننده سبب توقف رشد باکتری‌هایی نظیر *شرشیاکلای* می‌شود، از طرفی سیستم پایش هوشمند که سبب اتصال تانک‌های ذخیره به سیستم‌های IOT (Internet of things) برای پایش مداوم دما و هشدار خودکار در صورت خرابی تجهیزات می‌گردد، زنجیره سرد یکپارچه که در آن از تانک‌های عایق‌بندی شده استفاده می‌شود و موجب تسهیل حمل و نقل برای حفظ کیفیت شیر تا رسیدن به کارخانه‌های فرآوری می‌گردد (Chakurkar et al., 2017). از طرفی نکته‌ای که حائز اهمیت است، اتوماسیون و مدیریت داده‌ها می‌باشد که برای این کار از نرم‌افزارهای مدیریت گله جهت یکپارچه‌سازی داده‌های شیردوشی (نظیر تولید روزانه هر گاو) با اطلاعات ژنتیکی، سلامتی و تغذیه برای تصمیم‌گیری هوشمند بکار گرفته می‌شود و از طرفی استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی بیماری‌ها که سبب تجزیه و تحلیل الگوهای شیردوشی (نظیر کاهش ناگهانی تولید شیر) برای تشخیص زودهنگام بیماری‌ها یا ناهنجاری‌های متابولیک می‌شود، کمک بسیار زیادی در جهت مدیریت داده‌ها می‌کند. همچنین مورد دیگری که برای بهبود عملکرد مدیریت داده‌ها حائز اهمیت است گزارش‌های تحلیلی می‌باشد که سبب ترسیم نمودار تولید شیر یا مقایسه عملکرد فصلی جهت بهینه‌سازی مدیریت می‌شود (Dilaver, 2025).

چالش‌های نوظهور در این زمینه شامل مقاومت آنتی‌بیوتیکی و تغییرات اقلیمی است، به طوری که جایگزینی آنتی‌بیوتیک‌ها با فاژتراپی (استفاده از ویروس‌های باکتری‌خوار) یا پروبیوتیک‌ها برای مقابله با مقاومت دارویی و گسترش بیماری‌های نوظهور نظیر تب دره ریفت (Rift Valley Fever) به دلیل گرمایش جهانی و نیاز به بازنگری در برنامه‌های بهداشتی از جمله راهبردهای آن است. مدیریت بهداشت دام، فراتر از درمان بیماری‌ها، نیازمند نگاهی جامع به عوامل استرس‌زای محیطی، رفاه دام و ادغام فناوری‌های نوین است. یک سیستم بهداشتی کارآمد، با کاهش تلفات، بهبود کیفیت شیر و افزایش طول عمر مفید گاو، سودآوری گاوداری را تضمین می‌کند. غفلت از این اصول علاوه بر خسارات اقتصادی، می‌تواند به بحران‌هایی در زنجیره تأمین غذا و سلامت عمومی منجر شود (Van soest et al., 2015).

مدیریت شیردوشی و فناوری‌های نوین

شیردوشی، فرآیندی حیاتی در صنعت گاوهای شیری است که نه تنها بر کمیّت و کیفیت محصول نهایی، بلکه بر سلامت پستان گاو و سودآوری اقتصادی تأثیر مستقیم می‌گذارد. امروزه ادغام فناوری‌های پیشرفته در این فرآیند، تحولی چشمگیر در این صنعت ایجاد کرده و استانداردهای بهداشتی، رفاه دام و بهره‌وری را ارتقا بخشیده است (Soutelino et al., 2020). از جمله این فناوری‌ها می‌توان به ربات‌های شیردوشی خودکار (Automated milking systems) که این سیستم‌ها با استفاده از حسگرهای لیزری و دوربین‌های هوشمند امکان شیردوشی ۲۴ ساعته را فراهم کرده و همان طور که در تصویر (۴) نمایش داده شده است، به صورت خودکار پستان گاو را شناسایی، تمیز و خرجنگی‌ها را نصب می‌کنند. ربات‌ها همچنین داده‌هایی نظیر حجم شیر، هدایت الکتریکی (نشانهگر التهاب پستان) و رفتار گاو را ثبت می‌کنند (Hansen et al., 2020). از دیگر عواملی که به بازدهی هرچه بهتر این صنعت کمک می‌کند، کنترل کیفیت شیر می‌باشد که برای کنترل این موضوع اجرای موارد اشاره شده ذیل ضروری است:

آزمایش‌های سریع در محل: اندازه‌گیری سلول‌های سوماتیک به صورت لحظه‌ای برای تشخیص زود هنگام ورم‌پستان و جلوگیری از ورود شیر آلوده به چرخه تولید.

پایش ترکیبات شیر: استفاده از دستگاه‌های مادون قرمز نزدیک (Near infrared) برای تجزیه و تحلیل درصد چربی، پروتئین، و اوره در شیر بلافاصله پس از دوشش.

استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت مالی امری حیاتی به شمار می‌رود که شامل موارد ذیل است:

نرم‌افزارهای حسابداری تخصصی: ردیابی لحظه‌ای هزینه‌ها و درآمدها، پیش‌بینی جریان نقدی و تجزیه و تحلیل سودآوری هر گاو به صورت جداگانه.

بلاکچین در زنجیره تأمین (ذخیره‌سازی اطلاعات): افزایش شفافیت از گاوداری تا مصرف‌کننده نهایی برای جلب اعتماد بازار.

هوش مصنوعی در پیش‌بینی بازار: تجزیه و تحلیل داده‌های کلان (نظیر تغییرات قیمت خوراک یا تقاضای شیر) برای تنظیم استراتژی‌های تولید.

مدیریت اقتصادی گاو شیری، هنر تعادل میان کاهش هزینه‌ها، افزایش درآمدها و پذیرش مسئولیت‌های اجتماعی است. همچنین، ادغام فناوری‌های دیجیتال و نوین با دانش سنتی، نه تنها سودآوری را بهبود می‌بخشد، بلکه تاب‌آوری گاوداری را در برابر بحران‌های زیست محیطی و اقتصادی افزایش می‌دهد. آینده این صنعت در گرو تبدیل داده‌ها به دارایی‌ها می‌باشد، جایی که هر تصمیم، از انتخاب نژاد تا قیمت‌گذاری، بر پایه تجزیه و تحلیل‌های دقیق و پیش‌بینی‌کننده استوار می‌شود (Gheorghie-irimia et al., 2023).

تعادل میان تولید و حفاظت از منابع طبیعی

صنعت گاو شیری در نقش حیاتی خود در تأمین غذا، به عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر تغییرات اقلیمی و تخریب محیط زیست شناخته می‌شود. براساس گزارش فائو، این صنعت مسئول انتشار حدود ۱۴/۵ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهانی (به ویژه متان و نیتروس‌اکسید) و مصرف گسترده منابع آب و خاک است (تصویر ۵). بنابراین، حرکت به سوی گاوداری سبز که در آن تولید شیر با کمترین ردپای اکولوژیکی انجام می‌شود، نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت برای بقای این صنعت در قرن بیست و یکم است (Rotz et al., 2020). از مهمترین عوامل مؤثر در پایداری زیستی، مدیریت پسماند می‌باشد که برای تحقق این امر استفاده از رویکردهای ذیل اثرگذار می‌باشد:

تولید بیوگاز: استفاده از هاضم‌های بی‌هوازی (Anaerobic Digesters) برای تبدیل کود گاوی به بیوگاز (متان) و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۶۰ درصد، این سیستم علاوه بر تأمین انرژی گاوداری، خاکستر باقی‌مانده (بیوجار) را به عنوان کود غنی شده در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد.

اقتصاد و مدیریت گاوداری و راهبردهای سودآوری و پایداری

صنعت گاو شیری، در کنار جنبه‌های فنی و زیستی، نیازمند مدیریت هوشمندانه منابع مالی، نیروی انسانی و بازاریابی است تا بتواند در فضای رقابتی امروز به حیات اقتصادی خود ادامه دهد. در این بخش به تجزیه و تحلیل مولفه‌های کلانی پرداخته می‌شود که سودآوری گاوداری را در بلند مدت تضمین می‌کنند، از کنترل هزینه‌های تولید تا انطباق با نوسانات بازار. یکی از مهمترین عواملی که موجب مدیریت کنترل هزینه‌های واحد صنعتی می‌شود، تجزیه و تحلیل هزینه‌ها از تولید تا فروش می‌باشد به طور مثال، خوراک ۶۰ الی ۷۰ درصد، نیروی کار ۱۵ الی ۲۰ درصد، سلامت دام ۱۰ درصد و انرژی ۵ درصد از هزینه‌های اصلی را تشکیل می‌دهند. از طرفی شاخص هزینه تولید هر لیتر شیر با تقسیم کل هزینه‌های سالانه بر حجم شیر تولیدی محاسبه می‌شود (Koutouzidou et al., 2022). کاهش تولیدی محاسبه می‌شود (Cost of production) COP از طریق بهینه‌سازی تغذیه و فناوری‌های کم مصرف، کلید رقابت‌پذیری است. موضوع دیگری که حائز اهمیت است وجود درآمدهای چندگانه می‌باشد که عبارت‌اند از فروش شیر خام (که ۸۰ درصد درآمد را تأمین می‌کند)، فروش گوساله‌های نر، فروش فرآورده‌هایی نظیر پنیر، ماست، کشک و غیره و از طرفی عقد قراردادهای بلند مدت با کارخانجات لبنیات برای کاهش ریسک نوسانات قیمت شیر، که تمام موارد ذکر شده هم سبب درآمدزایی شده و هم ریسک‌های احتمالی را کاهش می‌دهد (Mederos et al., 2022). عامل مهم دیگری که در این امر بسیار مهم است، بازاریابی و زنجیره تأمین استراتژی‌های قیمت‌گذاری می‌باشد که شامل، استفاده از مکانیسم‌های قراردادهای آتی برای محافظت در برابر نوسانات قیمت شیر در بازار و همچنین ارزش‌گذاری بر پایه کیفیت شیر (سلول‌های سوماتیک پایین، عدم وجود آنتی‌بیوتیک در شیر)، همچنین توسعه بازارهای نوین که عبارت است از هدف‌گذاری بازارهای خاص (شیر ارگانیک، محصولات بدون لاکتوز) با استفاده از گواهی‌نامه‌های بین‌المللی و همچنین فروش مستقیم به مصرف‌کننده از طریق پلتفرم‌های آنلاین و یا بازارهای محلی (Musagaliev and Shodiev, 2023). از طرف دیگر می‌توان با بیمه کردن دام‌ها و محصولات دامی و ایجاد صندوق ذخیره مالی برای مواجهه با شوک‌های اقتصادی (نظیر افزایش ناگهانی قیمت خوراک) ریسک‌ها را پوشش داد و آن را مدیریت نمود. در جهت راهبردهای سودآوری و مدیریت واحد صنعتی گاوشیری

و تأثیر آن در تبدیل گاوداری سنتی به سیستمی پایدار و رقابت‌پذیر پرداخته می‌شود. از عوامل مؤثر بر آموزش و پژوهش، برنامه‌های آموزشی تخصصی می‌باشد، مانند دوره‌های آموزشی در زمینه‌های ژنومیکس دام، تغذیه و مدیریت بیماری‌ها برای گاوداران و پرسنل فنی. از طرف دیگر، کارگاه‌های عملی استفاده از شیردوش‌های اتوماتیک، حسگرهای پوشیدنی و نرم‌افزارهای مدیریت گله نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Brunt *et al.*, 2023). استفاده از سیستم‌های آموزش مجازی جهت دسترسی گاوداران، پرسنل و علاقه‌مندان که دسترسی به حضور در مراکز آموزشی ندارند و در مناطق دورافتاده هستند سبب می‌شود تا به آخرین یافته‌های علمی دست یابند. همچنین استفاده از واقعیت مجازی برای شبیه‌سازی مدیریت بحران‌های بهداشتی نظیر شیوع تب‌برفکی کمک شایانی به مدیریت بحران‌های احتمالی می‌کند (Nguyen *et al.*, 2024). باید توجه کرد که پژوهش‌ها و آموزش‌ها کاربردی و اثر بخش باشند. در این راستا، اولویت‌های پژوهشی شامل کاهش تولید متان از طریق اصلاح میکروبیوم شکمبه، توسعه نژادهای مقاوم به گرمایش محیط با استفاده از نشانگرهای ژنتیکی و همچنین طراحی جیره‌های غذایی مبتنی بر ضایعات کشاورزی جهت کاهش هزینه‌ها می‌باشند. مهمترین و اصلی‌ترین موضوعی که باید به آن پرداخت، پیوند دانشگاه و صنعت می‌باشد که برای این امر مهم، استفاده از مواردی همچون (۱) ایجاد کلاسترهای تحقیقاتی میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های فناوری و گاوداری‌های پیشرو و (۲) اجرای پروژه‌های مشترک نظیر بهینه‌سازی مصرف آب در گاوداری‌های شیری کمک بسزایی برای تحقق این موضوع انجام می‌دهند.

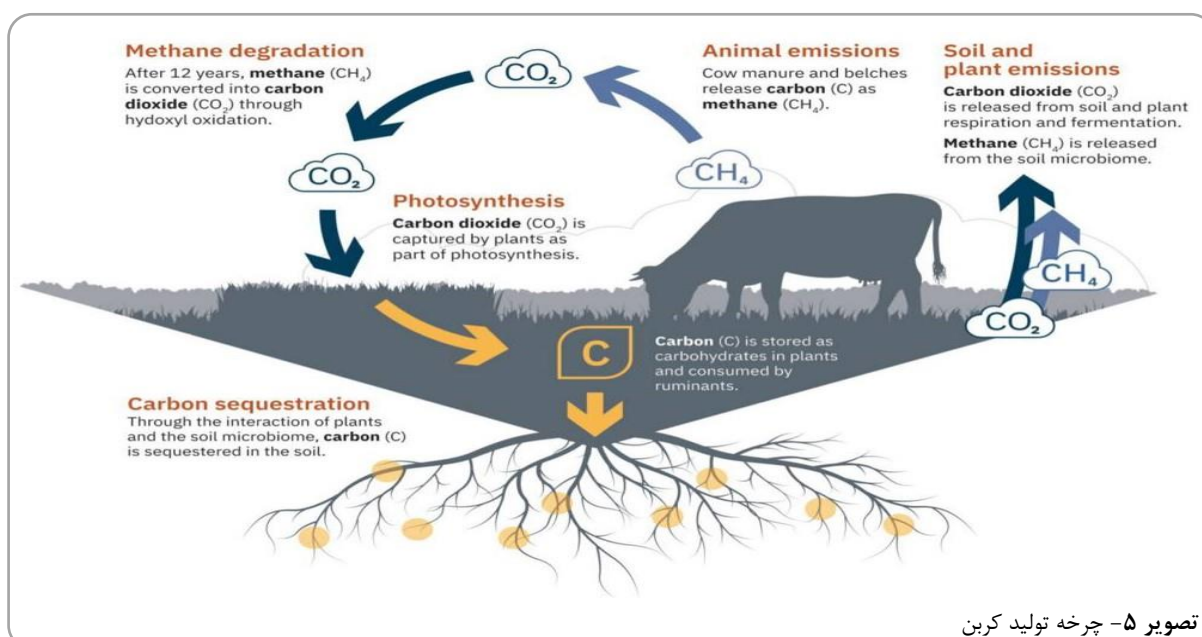
کمپوست‌سازی هوشمند: فرآوری کود با افزودن مواد کربنی (نظیر کاه) برای تولید کمپوست غنی از نیتروژن و فسفر که جایگزین کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار می‌شود.

تصفیه پساب: استفاده از سیستم‌های تالاب‌های مصنوعی یا فیلترهای زیستی برای حذف نیترات و فسفات از آب‌های آلوده به ارادار دام.

از دیگر عواملی که در جهت پایداری محیط زیست بسیار حائز اهمیت است، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که برای اجرای این امر مهم استفاده از پنل‌های خورشیدی جهت تأمین برق مورد نیاز، بکارگیری ژنراتورهای بیوگاز جهت تولید همزمان برق و حرارت و همچنین کربن‌زدایی از زنجیره تأمین که سبب بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل شیر و خوراک برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، بسیار کارساز و تسهیل‌کننده بر انجام این امر می‌شود (Jahangir *et al.*, 2022).

نقش آموزش و پژوهش

آموزش و پژوهش به عنوان محرکه نوآوری و پایداری در واحد صنعتی گاوشیری می‌باشد. صنعت گاو شیری در حال حاضر، با چالش‌های پیچیده‌ای از تغییرات اقلیمی تا تقاضای فزاینده برای محصولات لبنی روبه‌رو است. پاسخگویی به این چالش‌ها بدون اتکا به دانش روز و نوآوری‌های پژوهشی غیرممکن است. آموزش نیروی انسانی و پژوهش‌های کاربردی، نه تنها بهره‌وری را افزایش می‌دهند، بلکه پل ارتباطی میان فناوری‌های پیشرفته و اجرای عملی آن‌ها در گاوداری‌ها هستند (Ritter *et al.*, 2021). در مطالعه حاضر به نقش محوری آموزش و پژوهش



نتیجه‌گیری کلی

اساس و پایه صنعت گاو شیری، ترکیبی از علوم ژنتیک، تغذیه، بهداشت، فناوری و مدیریت است که در تعامل با یکدیگر، بهره‌وری و پایداری این صنعت را تضمین می‌کنند. هرگونه بی‌توجهی به این مؤلفه‌ها نه تنها سودآوری واحدهای دامپروری را کاهش می‌دهد، بلکه ممکن است به بحران‌های زیست محیطی و بهداشت عمومی منجر شود. بنابراین، ادغام تجارب عملی با فناوری‌های نوین راهبرد کلیدی برای آینده این صنعت می‌باشد. در واقع، صنعت گاو شیری به عنوان سیستمی پیچیده و چند بُعدی، تنها در سایه هماهنگی میان هفت رکن اساسی ژنتیک، تغذیه، سلامت دام، فناوری‌های شیردوشی و آموزش و پژوهش می‌تواند بهره‌وری، سودآوری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی خود را تضمین کند. این صنعت در گذار از شیوه‌های سنتی به مدل‌های مدرن، با چالش‌هایی همچون تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت، محدودیت منابع طبیعی و انتظارات فزاینده بازار روبه‌رو است که حل آن‌ها نیازمند رویکردی منسجم و مبتنی بر نوآوری است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که هیچ یک از مؤلفه‌های اساسی صنعت گاو شیری در انزوای عمل نمی‌کنند. برای مثال ژنتیک برتر بدون تغذیه مبتنی بر علم به حداکثر پتانسیل خود نمی‌رسد، فناوری‌های پیشرفته شیردوشی بدون نیروی انسانی آموزش دیده با شکست مواجه می‌شوند و تلاش‌های کاهش ردپای کربن بدون حمایت مالی و سیاست‌گذاری پایدار، ناکام می‌ماند. بنابراین موفقیت این صنعت در گرو ایجاد همبستگی سیستماتیک میان علوم پایه، مهندسی، اقتصاد و اکولوژی می‌باشد. آینده صنعت گاو شیری در گرو دو تحول کلیدی است: (۱) ادغام فناوری‌های دیجیتال در تمامی حلقه‌های زنجیره تولید، از انتخاب ژنومی تا بازاریابی هوشمند و (۲) گذار به اقتصاد چرخشی با محوریت بازیافت منابع و کاهش وابستگی به نهاده‌های خارجی. صنعت گاو شیری نه تنها یک فعالیت اقتصادی، بلکه بخشی از حیات امنیت غذایی جامعه و حفاظت از اکوسیستم می‌باشد. حفظ جایگاه این صنعت مستلزم ایجاد توازن پایدار میان تولید، سودآوری و مسئولیت‌پذیری زیست محیطی است، توازن که تنها با عبور از مرزهای دانش و عمل جمعی محقق خواهد شد.

منابع

- Ahmadi-Khoie, A. and Orghici, G. (2023). "Challenges and new trends in rural modern cattle farms." *Research Journal of Agricultural Science*, 55, 2.
- Adefila, A.O., Ajayi, O.O., Toromade, A.S. and Sam-Bulya, N.J. (2024). "Integrating traditional knowledge with modern agricultural practices: A

ارکان مهم دیگری که سبب پیشرفت هر چه بهتر آموزش و انتقال دانش می‌شود، استفاده از فناوری‌های نوین در انتقال دانش می‌باشد که شامل سیستم‌های تصمیم‌یار (Decision Support Systems) که مبتنی بر هوش مصنوعی هستند، می‌باشد؛ به گونه‌ای که داده‌های گله را نظیر تولید شیر و سلامت دام را تجزیه و تحلیل و توصیه‌های عملیاتی ارائه می‌دهد. مورد دیگر پلتفرم‌های اشتراک دانش می‌باشد که همان شبکه‌های اجتماعی تخصصی برای گاوداران، دانشجویان و تکنسین‌ها جهت تبادل تجربیات نظیر مقابله با استرس گرمایی و مقابله با بیماری‌ها و پایگاه‌های داده‌های آنلاین نظیر Feedi Pedia برای مقایسه ارزش غذایی علوفه‌ها می‌باشد. بنابراین، تمام موارد اشاره شده می‌توانند کمک بسیار زیادی در جهت افزایش دانش و علوم کاربردی در این زمینه داشته باشند.

چالش‌های آموزش و پژوهش در گاوداری

چالش‌های آموزش و پژوهش در گاوداری‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

شکاف دانشی: عدم تطابق محتوای آموزشی دانشگاهی با

نیازهای واقعی گاوداری‌ها و راهکار آن بازنگری در سرفصل‌های درسی با مشارکت فعال گاوداران.

محدودیت مالی: کمبود بودجه برای اجرای پروژه‌های

پژوهشی بلند مدت و راهکار آن جذب سرمایه از بخش خصوصی از طریق قراردادهای تحقیق و توسعه.

مقاومت در برابر تغییر: وابستگی برخی از گاوداران

قدیمی به روش‌های تجربی که در سابق کسب کرده‌اند و راه‌حل آن استفاده و نمایش گاوداری‌هایی است که از دانش روز استفاده کرده‌اند و مزیت‌هایی که به موجب آن کسب کرده‌اند تا بتوان از این طریق، سایر گاوداران را به استفاده از فناوری‌های نوین و دانش روز سوق داد.

آموزش و پژوهش، ستون فقرات تحول در صنعت گاوهای

شیری از سیستم سنتی به سیستم مدرن است. سرمایه‌گذاری در این حوزه تنها محدود به افزایش تولید شیر نیست، بلکه شامل تربیت نسل جدیدی از گاوداران آشنا با فناوری‌های نوین و پژوهشگران متعهد به حل چالش‌های زیست محیطی است. آینده این صنعت در گرو ایجاد اکوسیستمی پویا می‌باشد که در آن هر کشف علمی در آزمایشگاه به سرعت به ابزاری کاربردی در گاوداری تبدیل می‌شود. بدون چرخه دانش، دستیابی به گاوداری پایدار و پاسخگو به نیازهای قرن بیست و یکم غیر ممکن خواهد بود (Gaworski et al., 2021).

- A case study with students and their contributions." *Processes*, 9(8), 1357.
- Hansen, B.G., Bugge, C.T. and Skibrek, P.K. (2020). "Automatic milking systems and farmer wellbeing—exploring the effects of automation and digitalization in dairy farming." *Journal of Rural Studies*, 80, pp.469-480.
- Jahangir, M.H., Montazeri, M., Mousavi, S.A. and Kargarzadeh, A. (2022). "Reducing carbon emissions of industrial large livestock farms using hybrid renewable energy systems." *Renewable Energy*, 189, 52-65.
- Koutouzidou, G., Ragkos, A. and Melfou, K. (2022). "Evolution of the Structure and Economic Management of the Dairy Cow Sector." *Sustainability*, 14(18), 11602.
- Liu, X., Tang, Y., Wu, J., Liu, J.X. and Sun, H.Z. (2022). "Feedomics provides bidirectional omics strategies between genetics and nutrition for improved production in cattle." *Animal Nutrition*, 9, 314-319.
- Stone, A.E., 2020. "Symposium review: The most important factors affecting adoption of precision dairy monitoring technologies." *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5740-5745.
- Said, S., Agung, P.P., Putra, W.P.B. and Kaiin, E.M. (2020). "The role of biotechnology in animal production." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 492(1), 012035.
- Sonstegard, T.S., Flórez, J.M. and Garcia, J.F. (2024). "Commercial perspectives: Genome editing as a breeding tool for health and well-being in dairy cattle." *JDS communications*.
- Sheldon, I.M., Molinari, P.C., Ormsby, T.J. and Bromfield, J.J. (2020). "Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria." *Theriogenology*, 150, 158-165.
- Soutelino, M.E.M., Valle, M.D., Feres, C.P., de Souza Ramos, L.F.C., Chenard, M.G., da Cunha, I.M., Júnior, M.A.A. and Helayel, M.A. (2022). "Economic and production aspects of milking management in dairy farming." *Acta Veterinaria Brasilica*, 16(2).
- Tangorra, F.M. and Calcante, A. (2024). "Potential Economic and Environmental Benefits of Automating Milking and Total Mixed Ration (TMR) Feeding on a Dairy Farm." In *International Mid-Term Conference of the Italian Association of Agricultural Engineering*. Cham: Springer Nature Switzerland. 935-943.
- Van Soest, F.J.S., Mourits, M.C.M. and Hogeveen, H. (2015). "European organic dairy farmers' preference for animal health management within the farm management system." *Animal*, 9(11), 1875-1883.
- Mohammed, A. (2018). "Artificial Insemination and its Economical Significance in Dairy Cattle." *Int J Res Stud Microbiol Biotechnol*, 4(1), 30-43.
- Maji, C., Patel, N.R., Suthar, A. and Das, B. (2024). "Animal welfare and public health in relation to milk hygiene." In *The Microbiology, Pathogenesis and sociocultural framework for sustainable development.* *Journal of Sustainable Agriculture and Development*.
- Brito, L.F., Bédère, N., Douhard, F., Oliveira, H.R., Arnal, M., Peñagaricano, F., Schinckel, A.P., Baes, C.F. and Miglior, F. (2021). "Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world." *Animal*, 15, 100292.
- Brunt, M.W., Haley, D.B., LeBlanc, S.J. and Kelton, D.F. (2023). "Perceived role of the veterinarian in promoting dairy cattle welfare." *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1325087.
- Chase, L.E. and Fortina, R. (2023). "Environmental and economic responses to precision feed management in dairy cattle diets." *Agriculture*, 13(5), 1032.
- Capper, J.L. and Cady, R.A. (2020). "The effects of improved performance in the US dairy cattle industry on environmental impacts between 2007 and 2017." *Journal of Animal Science*, 98(1), 291.
- Clay, A.S. and Visseren-Hamakers, I.J. (2022). "Individuals matter: Dilemmas and solutions in conservation and animal welfare practices in zoos." *Animals*, 12(3), 398.
- Chakurkar, P., Shikalgar, S. and Mukhopadhyay, D. (2017). "An Internet of Things (IOT) based monitoring system for efficient milk distribution." In *2017 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3)*. 1-5. IEEE.
- Durge, A., Tiwari, J., Nair, P.M., Singh, A.K., Yadav, S.K., Chouraddi, R., Anand, V.M. and Yadav, S. (2022). "A review on the role of exogenous fibrolytic enzymes in ruminant nutrition." *Current Journal of Applied Science and Technology*, 41(36), 45-58.
- Dilaver, H. and Dilaver, K.F. (2025). Role of Artificial Intelligence in Increasing Milk Production on Dairy Farms." *International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing*, 1-5.
- Grout, L., Baker, M.G., French, N. and Hales, S. (2020). "A review of potential public health impacts associated with the global dairy sector." *GeoHealth*, 4(2), 2019GH000213.
- Gengler, N. and Druet, T. (2001). "Impact of biotechnology on animal breeding and genetic progress." In *Biotechnology in Animal Husbandry*. Dordrecht: Springer Netherlands. 33-45.
- Gutierrez-Reinoso, M.A., Aponte, P.M. and Garcia-Herreros, M. (2021). "Genomic analysis, progress and future perspectives in dairy cattle selection: a review." *Animals*, 11(3), 599.
- Gheorghie-Irimia, R.A., Sonea, C., Tapaloaga, D., Gurau, M.R., Ilie, L.I. and Tapaloaga, P.R. (2023). "Innovations in Dairy Cattle Management: Enhancing Productivity and Environmental Sustainability." *Annals of Valahia University of Targoviste. Agriculture*, 15(2).
- Gaworski, M., de Cacheleu, C., Inghels, C., Leurs, L., Mazarguil, C., Ringot, B. and Tzu-Chen, C. (2021). "The topic of the ideal dairy farm can inspire how to assess knowledge about dairy production processes:

- Zoonosis of Milk Borne Diseases*. Academic Press. 359-385.
- Musagaliev, A.J. and Shodiev, B.T. (2023). "Issues of Efficient Usage of Pastures in the Development of the Cattle Farming Network." *Uttar Pradesh Journal Of Zoology*, 44(1), 81-87.
- Medeiros, I., Fernandez-Novio, A., Astiz, S. and Simões, J. (2022). "Historical evolution of cattle management and herd health of dairy farms in OECD countries." *Veterinary Sciences*, 9(3), 125.
- Nguyen, A., Francis, M., Windfeld, E., Lhermie, G. and Kim, K. (2024). "Developing an immersive virtual farm simulation for engaging and effective public education about the dairy industry." *Computers & Graphics*, 118, 173-183.
- Pattison, N. and Lindgreen, A. (2004). "Successes and failures in the dairy industry: South west England and north west France." *British Food Journal*, 106(6), 422-435.
- Porto-Neto, L.R., Reverter, A., Prayaga, K.C., Chan, E.K., Johnston, D.J., Hawken, R.J., Fordyce, G., Garcia, J.F., Sonstegard, T.S., Bolormaa, S. and Goddard, M.E. (2014). "The genetic architecture of climatic adaptation of tropical cattle." *Plos One*, 9(11), e113284.
- Rotz, C.A., Stout, R.C., Holly, M.A. and Kleinman, P.J. (2020). "Regional environmental assessment of dairy farms." *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3275-3288.
- Ritter, C., Russell, E.R., Weary, D.M. and von Keyserlingk, M.A. (2021). "Views of American animal and dairy science students on the future of dairy farms and public expectations for dairy cattle care: A focus group study." *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7984-7995.
- Wiggans, G.R. and Carrillo, J.A. (2022). "Genomic selection in United States dairy cattle." *Frontiers in Genetics*, 13, 994466.
- Zolin MB, Cavapozzi D, Mazzarolo M. (2021). "Food security and trade policies: evidence from the milk sector case study." *British Food Journal*. 17;123(13), 59-72.

Publisher Note

Animal Science Students Scientific Association, Campus of Agriculture and Natural Resources at the University of Tehran

Submit Your Manuscript:

https://domesticstj.ut.ac.ir/contacts?_action=loginForm



Scientific-Extensional Article

An overview of the structure and basic components of the dairy cattle breeding industry

Daniel Nikzad^{1*}

¹ Ph.D. Student of Animal and Poultry Breeding & Genetics, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

<https://doi.org/10.22059/domesticj.2026.398066.1205>

Abstract

The dairy industry, as one of the main pillars of global food and economic security, requires coordination between seven key pillars, including genetics, nutrition, animal health, milking, economic management, environmental sustainability, and education and research. This study shows, with a structural perspective, that the interaction between these components ensures not only productivity and profitability, but also the long-term sustainability of this industry. Genetics and breeding with leading technologies such as genomic selection and CRISPR provide the scientific basis for increasing milk production and disease resistance. In addition, scientific nutrition (with a focus on TMR diets and methane-reducing additives) manages up to 70% of costs and reduces the carbon footprint. Animal health, with solutions such as vaccination, heat stress management, etc., prevents the spread of diseases and improves animal welfare. Milking technologies maintain milk quality and minimize human error. On the other hand, environmental sustainability aligns the industry with environmental goals by turning challenges such as fertilizer and methane into opportunities, cultivating low-water forages. Education and research, by cultivating specialized human resources and developing new technologies, create a bridge between the laboratory and the dairy farm. The future challenges of this industry, from climate change to antibiotic resistance, require the integration of traditional and modern knowledge and a move towards a circular economy. Only with this integrated approach can sustainable dairy farming be achieved that both meets the food needs of society and preserves natural resources for future generations.

Keyword(s): Dairy cow, Education, Economy, Sustainability



*Corresponding Author E-mail: danielnikzad8@gmail.com

Section: Animal and Poultry Breeding & Genetics

Associate Editor: Dr. Arash Javanmard

Received: 06 Jul 2025

Revised: 15 Nov 2025

Accepted: 06 Dec 2025

Published online: 09 May 2026

Citation: Nikzad, D. An overview of the structure and basic components of the dairy cattle breeding industry. *Professional Journal of Domestic*, 2026; 26(1): 25-35.