مروری جامع بر اثرات استفاده از مخمر بر تنظیم تخمیر در شکمبه، بهبود راندمان تولید و سلامت در نشخوارکنندگان

احسان اسکوئیان*[۱]، محمد فاصله جهرمی[۱]، پریسا شکریزدان[۱]، مرضیه حاج‌محمدی[۱،۲]، مهدی سالاری‌پور[۱،۳]، محمدرضا احمدی[۱،۴]، هیلا تقوی[۵]، مجتبی معین جهرمی[۱]

۱- گروه تحقیق و توسعه مجموعه خوشه صنعتی آرکا و شرکت دانش بنیان توسعه مکمل زیست فناور آریانا، مشهد، ایران.

۲- دکتری تغذیه دام، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- دانشجوی دکتری تغذیه دام، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۴- کارشناسی ارشد ژنتیک و اصلاح نژاد دام، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۵- دانشکده دامپزشکی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.

دریافت مقاله: ۹ آبان ۱۴۰۰، بازنگری: ۹ بهمن ۱۴۰۰، پذیرش نهایی: ۱۸ بهمن ۱۴۰۰

چکیده

با توجه به نیاز روزافزون جوامع بشری به تولیدات دامی، مزارع پرورش دام به سمت صنعتی شدن پیش رفته است. لذا با افزایش تولید، استفاده از منابع کربوهیدراتی با قابلیت تخمیر بالا در جیره دام‌ها افزایش یافته است. از طرفی عدم سازگاری دستگاه گوارش نشخوارکنندگان به این نوع سیستم تغذیه‌ای باعث بروز بیماری‌های متابولیکی مختلف و کاهش عمر اقتصادی گله می‌شود. همچنین تحقیقات نشان داده است که افزودن آنتی‌بیوتیک به خوراک گاوها باعث افزایش رشد، کاهش ضریب تبدیل، بهبود عملکرد تولید و تولید مثل می‌شود. اما استفاده طولانی مدت از آنتی‌بیوتیک‌ها باعث افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی در دام و مصرف‌کنندگان محصولات دامی می‌شود. به همین خاطر یافتن جایگزینی مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌ها نظیر پروبیوتیک‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از مخمر در تغذیه نشخوارکنندگان سبب استقرار و حفظ تعادل جمعیت باکتری‌های مفید، افزایش هضم فیبر، بهبود عملکرد شکمبه، تنظیم pH شکمبه و کاهش شیوع بیماری‌های متابولیکی می‌شود. همچنین نشان داده شده است که جیره حاوی مخمرها، عملکرد تولید شیر، تداوم شیردهی و کیفیت شیر را بهبود می‌بخشد. پروبیوتیک‌ها می‌توانند با رقابت بر سر مواد غذایی، تولید ترکیبات ضد میکروبی، خنثی نمودن سموم تولید شده توسط این میکروارگانیسم‌ها، میزان ابتلا به عفونت‌های روده‌ای و التهاب را کاهش دهند. همچنین حضور ترکیبات مؤثری مانند بتاگلوکان‌ها و مانان‌ها در دیواره سلولی مخمر مسمومیت با سموم قارچی را به‌ویژه در نشخوارکنندگان کاهش می‌دهد و با تحریک سیستم ایمنی و تولید آنزیم‌های هضمی نقش مهمی را در بهبود رشد و سلامت دام، تولید مثل، و تولید ایفا می‌کنند.

واژگان کلیدی: *تخمیر شکمبه‌ای، راندمان تولید، فلور میکروبی شکمبه، مخمر، نشخوارکنندگان*

* پست الکترونیک نویسنده مسئول مکاتبه: e.oskoueian@gmail.com

مقدمه

امروزه در مزارع صنعتی پرورش دام، برای افزایش راندمان تولید از منابع کربوهیدراتی با قابلیت تخمیر بالا در جیره‌ها استفاده می‌شود. تعادل میکروبی دستگاه گوارش نشخوارکنندگان کارآیی لازم برای این نوع سیستم تغذیه‌ای را نداشته و با گذشت زمان حیوانات از جمله گاوها به بیماری‌های متابولیکی مختلفی دچار شده و عمر اقتصادی آنها کاهش می‌یابد. استفاده آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره گاوها سبب افزایش سرعت رشد، کاهش ضریب تبدیل، بهبود تولید و تولید مثل شده و عمر اقتصادی گله می‌شود. اما وجود بقایای آنتی‌بیوتیکی در فرآورده‌های دامی سبب افزایش مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود (۱).

امروزه پیدایش میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها تهدید جدی برای سلامت انسان به شمار می‌آید و عامل اصلی این مشکل استفاده بیش از حد آنتی‌بیوتیک‌ها در خوراک دام و طیور است. بر اساس گزارش سازمان دامپزشکی مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت پرورش دام و طیور در ایران ۱۶ برابر استاندارد جهانی بوده که این مقدار معادل کل مصرف این اقلام دارویی در اروپا است (۲، ۳).

امروزه بسیاری از کشورها استفاده از آنتی‌بیوتیک را به‌عنوان محرک رشد از جیره حیوانات حذف نموده و از جایگزین‌هایی نظیر پروبیوتیک‌ها استفاده می‌کنند. بر اساس تعریف سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (Food and Agriculture Organization) و سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که در صورت مصرف کافی در بهبود سلامت میزبان مؤثر هستند (۴). پروبیوتیک‌ها با رقابت بر سر مواد غذایی و تولید ترکیبات ضد میکروبی، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را مهار می‌کنند. در میان پروبیوتیک‌ها، مخمرها دارای مواد مغذی ارزشمندی بوده و از نظر اقتصادی دارای قابلیت تولید تجاری هستند. مخمرها یکی از پرکاربردترین میکروارگانیسم‌ها در صنایع غذایی بوده که جهت تولید مخمر زنده، دیواره سلولی مخمر، عصاره مخمر و پپتون مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). دیواره سلولی مخمرها شامل اجزاء مهمی از جمله گلوکان‌ها، مانوپروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک هستند (۲). دیواره سلولی مخمر با تحریک سیستم ایمنی و تولید آنزیم‌های هضمی به بهبود رشد و سلامت دام کمک کرده و همچنین در افزایش عملکرد تولید، کیفیت شیر و گوشت نقش مهمی ایفا می‌کند. در نتیجه استفاده از مخمر به‌عنوان پروبیوتیک در تغذیه دام، علاوه بر تأمین سلامت حیوان می‌تواند سبب بهبود راندمان تولید و ضریب تبدیل نیز شود (۱).

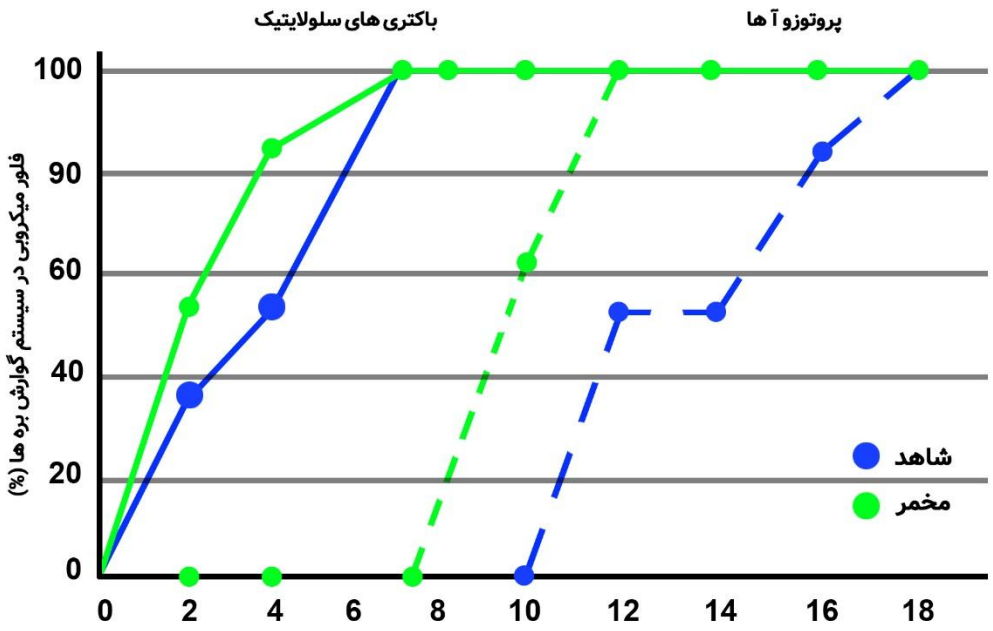
مخمرها که جز شاخه آسکومیست‌ها (*Ascomycota*) و رده‌ی ساکارومیکوتا (*Saccharomycota*) طبقه‌بندی می‌شوند پرمصرف‌ترین نوع پروبیوتیک‌ها در تغذیه دام می‌باشند. مخمرها جز یوکاریوت‌ها بوده و به‌طور طبیعی در فلور میکروبی دستگاه گوارش موجودات، گیاهان، آب و مواد غذایی یافت می‌شوند. در صنعت از مخمرها در تولید الکل، صنایع غذایی، پروتئین‌های تک‌سلولی، تولید ویتامین، تولید پروتئین‌های نوترکیب و کنترل بیولوژیک استفاده می‌شود (۵). امروزه مخمرهایی نظیر ساکارومایسس بولاردی (*Saccharomyces boulardii*)، ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*)، دبرومایس هانسنئی (*Debaryomyces hansenii*)، تورولاسپورا دلبروکی (*Torulaspora delbrueckii*)، کلویورومایس لاکتیس (*Kluyveromyces lactis*)، یاروویا

لیپولیتیکا (*Yarrowia lipolytica*)، کلویورومایسس مارکسیانوس (*Kluyveromyces marxianus*)، کلویورومایسس لوددراء (*Kluyveromyces lodderae*) در صنعت دام و طیور به‌عنوان پروبیوتیک کاربرد دارند (۲، ۵). تحقیقات نشان داده است که مخمرها معمولاً ۲ تا ۴ ساعت بعد از تغذیه فعالیت خود را در شکمبه آغاز می‌کنند (۶) و از طریق مکانیسم‌های مختلف سبب بهبود راندمان رشد و تولید در نشخوارکنندگان می‌شوند (۱، ۷). از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به تکامل فلور میکروبی و تسریع رشد شکمبه، تنظیم pH شکمبه، کاهش تولید و تجمع اسید لاکتیک، کاهش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا (نظیر اشریشیاکُلی (*Escherichia coli*)، سالمونلا (*Salmonella*)، کامپیلوباکتر (*Campylobacter*)، کاهش تولید متان و افزایش نسبت اسید استیک به پروپیونیک بدون کاهش چربی شیر، کاهش تولید آمونیاک در شکمبه، افزایش تجزیه‌پذیری فیبر در شکمبه، افزایش سطح سیستم ایمنی، تحریک رشد از طریق افزایش دسترسی به مواد مغذی نظیر ویتامین‌ها، مواد معدنی، آنزیم‌ها و اسیدهای آمینه اشاره نمود.

مخمرها با وجود خصوصیات برتر دارای معایبی از قبیل کمبود در محتوای کربوهیدرات، اسیدهای آمینه گوگردی پایین و نوکلئوتیدهای بالا (۴) و همچنین محتوای نسبتاً بالای نیتروژن غیر پروتئینی به شکل اسیدهای نوکلئیک به‌ویژه RNA (۱۳-۲۳ درصد نیتروژن کل) می‌باشد. از دیگر مشکلات استفاده از مخمرها در جیره غذایی داشتن دیواره سلولی مخمر با بیش از ۵۰ درصد وزن سلولی است که باعث کاهش قابلیت هضم مواد مغذی می‌شود (۲).

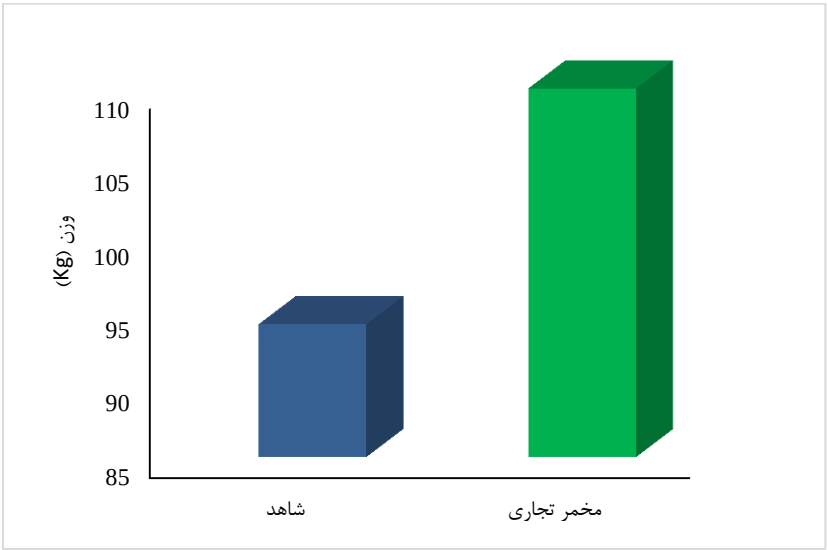
بحث و نتیجه‌گیری

اثرات مخمر در تکامل فلور میکروبی شکمبه: شکمبه نشخوارکنندگان در ابتدای تولد تکامل نیافته و عاری از میکروارگانیسم‌ها است. میکروارگانیسم‌های مختلف در طول زمان در شکمبه تکامل می‌یابند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که بزاق و مدفوع مادر در انتقال میکروارگانیسم‌ها به گوساله‌های جوان نقش مؤثری دارد اما در سیستم‌های پرورش گاو به شکل صنعتی گوساله‌ها دقایقی بعد از تولد از مادر جدا شده و این امر مانع از انتقال میکروارگانیسم‌های مفید و تسریع تکامل فلور میکروبی شکمبه می‌شود. از طرفی استفاده از جایگزین‌های شیر و یا قطع سریع شیر و تغذیه با جیره‌های آغازین قبل از تکامل شکمبه نیز عملاً تکامل فلور میکروبی شکمبه را با مشکل مواجه می‌کند (۷). در سیستم‌های پرورش فشرده این عوامل باعث شده تا تکامل فیزیکی و میکروبی شکمبه با تأخیر مواجه شود و در نتیجه احتمال ابتلا به بیماری‌های مختلف متابولیکی و میکروبی افزایش یابد. در حقیقت تکامل سریع ساختار و فلور میکروبی شکمبه نقش به‌سزایی در بهبود سیستم ایمنی و سلامت گوساله‌ها ایفا می‌کند (۸). بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از مخمر در جیره نشخوارکنندگان جوان باعث تسریع استقرار باکتری‌های مفید در شکمبه شده که این امر به نوبه خود سبب بهبود جمعیت قارچ‌ها و پروتوزوآها و به‌طور کلی تسریع تکامل فلور میکروبی شکمبه می‌شود (شکل ۱) (۹، ۱۰). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تکامل فلور میکروبی در گوساله‌ها سبب بهبود مورفولوژی پرزهای روده، ضخامت دیواره شکمبه و کاهش شیوع اسهال در این گوساله‌ها می‌شود. در نتیجه این حیوانات ضریب تبدیل، افزایش وزن و عملکرد بهتری از خود نشان خواهند داد (شکل ۲) (۱۰).



شکل ۱- اثر استفاده از مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری (*Saccharomyces cerevisiae*) در تکامل فلور میکروبی شکمبه گوساله ها (از تولد تا هفتاد روزگی) (۱۰)

سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.



شکل ۲- اثر استفاده از مخمر ساکارومایسس سرویزیه تجاری (*Saccharomyces cerevisiae*) در وزن نهایی در زمان از شیرگیری گوساله ها (از تولد هفتاد روزگی) (۱۱)

سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.

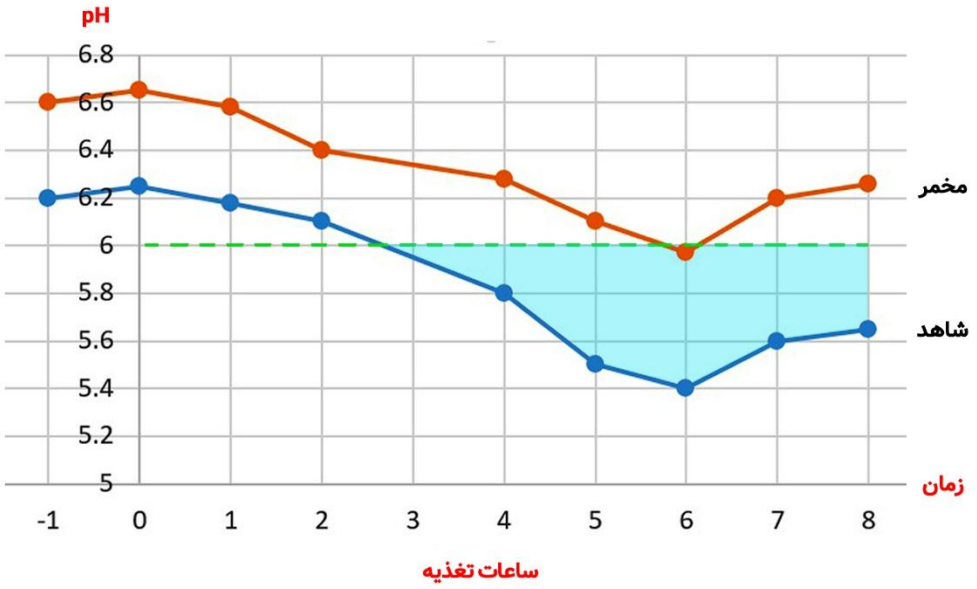
اثر مخمر بر تنظیم pH شکمبه: تغذیه نشخوارکنندگان با مقادیر بالای کربوهیدرات سبب افزایش تولید اسیدهای ارگانیک از جمله اسید لاکتیک می‌شود که توسط باکتری‌هایی نظیر

استرپتوکوکس بوویس (*Streptococcus bovis*)، سلنوموناس رومینانتیوم (*Selenomonas ruminantium*)، میتسوکلا مولتیاسیدوز (*Mitsuokella multiacidus*) تولید می‌شود. در شرایط فوق باکتری‌های مصرف‌کننده لاکتیک اسید نظیر مگاسفرا السدنی (*Megasphaera elsdenii*) و سلنوموناس رومینانتیوم (*S. ruminantium*) توان مصرف حجم بالای اسید لاکتیک تولیدی را نخواهند داشت از این رو اسیدیته شکمبه به شدت کاهش خواهد یافت.

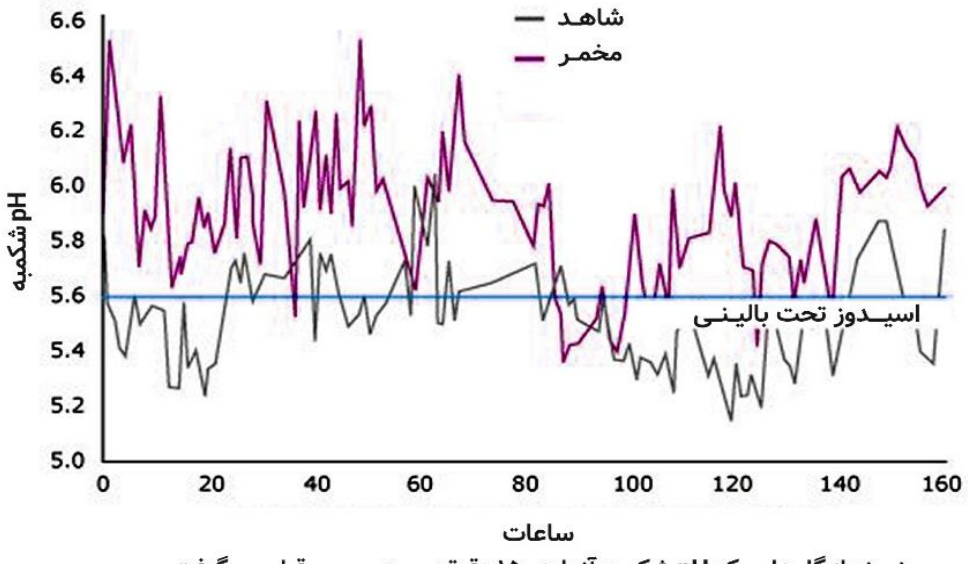
اسید لاکتیک به خاطر داشتن ضریب یونیزاسیون (pKa) پایین (۳/۷) در مقایسه با ضریب یونیزاسیون اسیدهای چرب فرار دیگر نظیر اسید استیک، پروپیونیک و بوتیریک (۴/۸-۴/۹) یکی از اصلی‌ترین عوامل اسیدوزیس در شکمبه می‌باشد. کاهش pH شکمبه موجب کاهش جمعیت میکروبی شکمبه به‌ویژه باکتری‌های تجزیه‌کننده سلولز نظیر فیبروباکتر سوکسینوجنز (*Fibrobacter succinogenes*)، رومینوکوکوس آلبوس (*Ruminococcus albus*) و فلاووفاسینس (*Ruminococcus flavfaciens*) می‌شود در نتیجه تجزیه بخش فیبری غذا به درستی صورت نخواهد گرفت. در اسیدوز تحت حاد، باکتری‌های گرم منفی تخریب شده و اندوتوکسین‌ها یا لیپوپلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی آنها آزاد می‌شود که پس از راه‌یابی به خون سبب بروز التهاب می‌گردد. علاوه بر آن، در شرایط اسیدی شکمبه رشد باکتری‌هایی نظیر آلیسونلا هیستامینیفورمانز (*Allisonella histaminiformans*) افزایش یافته که سبب تولید هیستامین از اسید آمینه هیستیدین می‌شود و میزان بروز لنگش در دام را نیز افزایش می‌دهد (۷، ۱۱). به طور کلی می‌توان گفت کاهش اسیدیته شکمبه برای مدت طولانی تأثیر منفی بر مصرف خوراک، متابولیسم میکروبی و تجزیه مواد غذایی داشته که در نتیجه منجر به کاهش رشد، افزایش التهاب، کاهش چربی شیر، شیوع اسهال و بروز لنگش می‌شود (۱۳، ۱۲). معمولاً ۱۰ تا ۴۰ درصد از گاوهای پرتولید موجود در گله با اسیدوزیس تحت حاد (SARA*) درگیر هستند که این نوع اسیدوزیس علائم کلینیکی بارزی نداشته اما می‌تواند منجر به ضررهای اقتصادی در گله شود. در نتیجه تنظیم pH شکمبه یکی از فاکتورهای اساسی در تغذیه گاوهای پرتولید به شمار می‌آید (۷).

نتایج آزمایشاتی که توسط رابینسون صورت گرفته نشان می‌دهد که استفاده از مخمرها pH شکمبه را از ۶/۳۶ به ۶/۴۶ افزایش می‌دهد و همچنین غلظت اسید لاکتیک را ۸/۱ درصد کاهش داده و تولید اسیدهای چرب فرار را تا ۵/۴ درصد افزایش می‌دهد (۱۱). در تحقیقی نیز نشان داده شده است که استفاده از مخمر در تغذیه گاوهای شیری pH را به میانگین ۶/۵±۰/۰۷ افزایش داده و زمان اسیدوز تحت حاد را نیز کاهش می‌دهد (۱۲). متاآنالیز ۱۵۷ آزمایش در مورد اثرات مخمر بر روی عملکرد شکمبه نشان می‌دهد که استفاده از مخمر pH شکمبه را ۰/۰۳ افزایش، تولید اسیدهای چرب فرار را نیز ۲/۱۷ میلی‌مولار افزایش و غلظت اسید لاکتیک را ۰/۹ میلی‌مولار کاهش می‌دهد (۱۴).

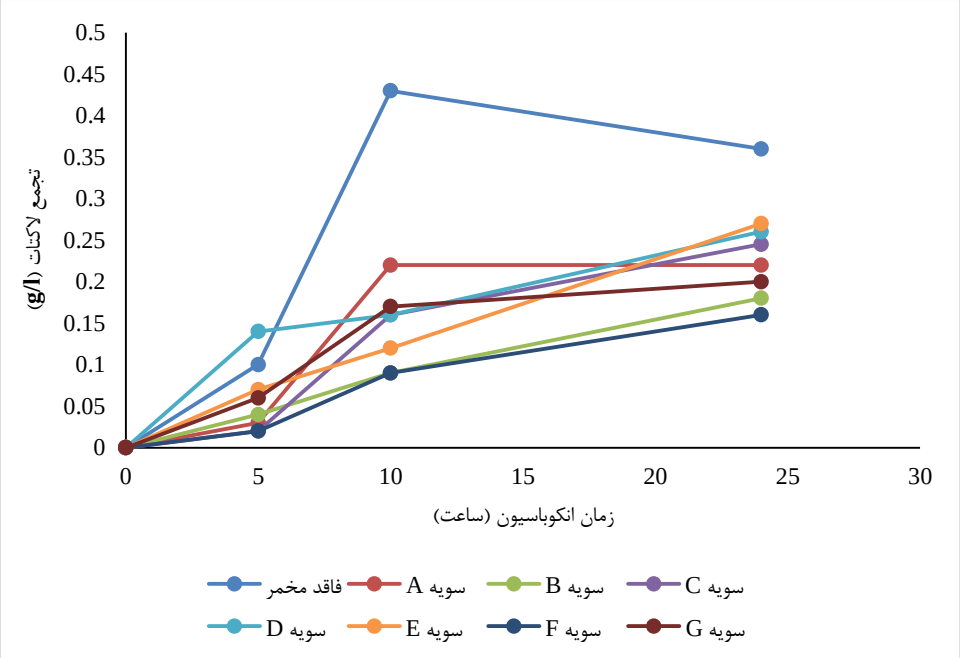
* Sub-acute Ruminal Acidosis



شکل ۳- اثر استفاده از مخمر ساکارومایسس سرویزیه بر کنترل pH شکمبه در گاو شیری (۱۴)
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.



شکل ۴- اثر مخمر ساکارومایسس سرویزیه در جلوگیری از اسیدوز تحت حاد و تغییرات pH شکمبه در گاوهای شیری (۱۵)
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.



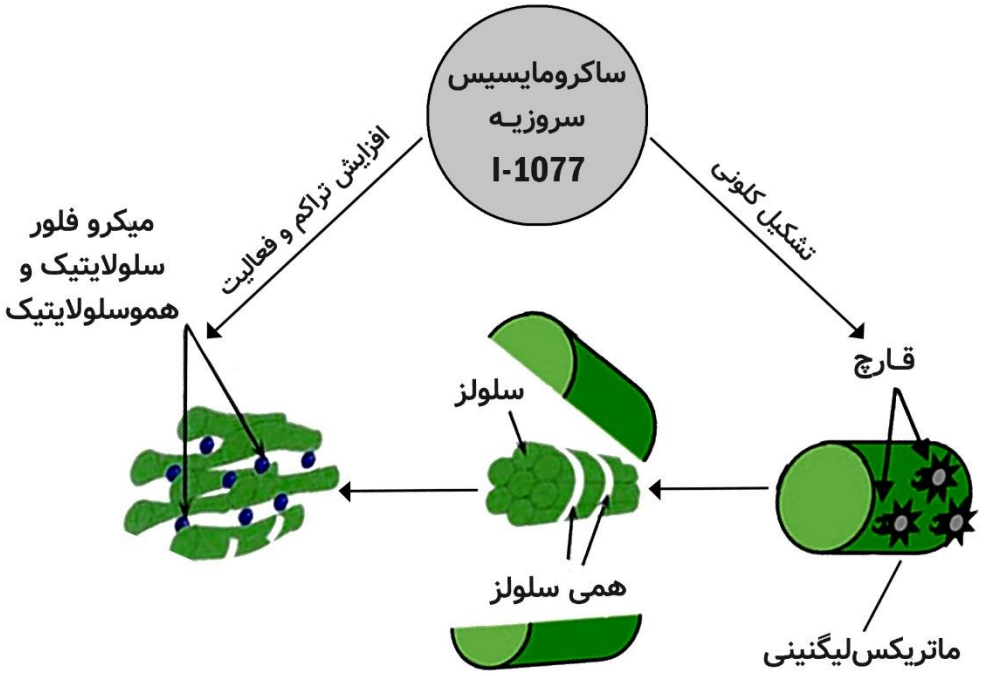
شکل ۵- اثر استفاده از سویه‌های مختلف مخمر بر تولید اسیدلاکتیک در مایع شکمبه (سه گاو فیستوله گذاری شده) در شرایط *in vitro* (۷) سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.

مخمرها با باکتری‌های استروپتوکوکوس بوویس (*S. bovis*) بر سر منابع کربوهیدراتی رقابت و جمعیت آنها را کاهش می‌دهد. از طرفی مخمرها با افزایش دسترسی اسیدهای آمینه، پپتیدها، ویتامین‌ها و اسیدهای ارگانیک باعث تحریک و افزایش جمعیت باکتری‌های مصرف‌کننده لاکتیک اسید نظیر مگاسفرا السدنی (*M. elsdenii*) و سلنوموناس رومینانتیوم (*S. ruminantium*) شده و از این طریق اسید لاکتیک را کاهش داده و pH شکمبه را تنظیم می‌کند (شکل ۱ و ۲) (۱۴، ۷).

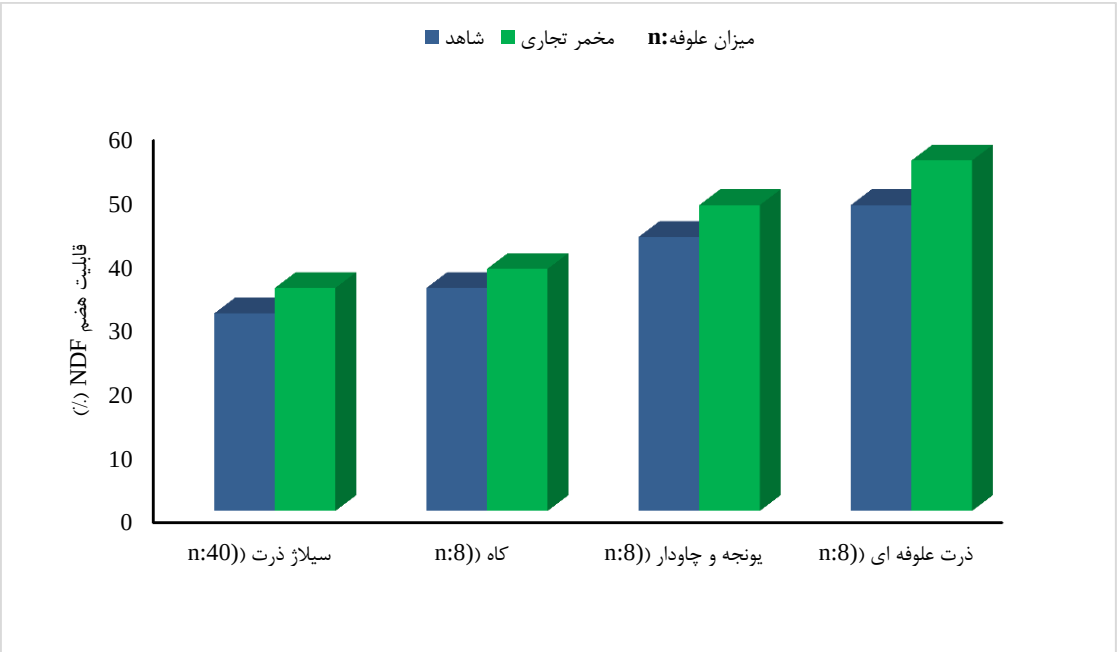
مخمرها همچنین از طریق افزایش جمعیت پروتوزوآها در تنظیم pH ایفای نقش می‌کنند. پروتوزوآها ذرات نشاسته را بلعیده و دسترسی باکتری‌های تجزیه‌کننده نشاسته را به این ترکیبات کاهش می‌دهند. نشاسته بلعیده شده توسط پروتوزاها به کندی تخمیر شده و به اسیدهای چرب (به غیر از اسیدلاکتیک) تبدیل می‌شود. همچنین پروتوزوآها می‌توانند از اسید لاکتیک به‌عنوان منبع انرژی استفاده کنند و از این طریق به کاهش غلظت اسید لاکتیک در شکمبه کمک کنند (۷). استفاده از مخمر همچنین در رفتار تغذیه‌ای (Eating Behavior) گاوها و میزان نشخوار در نشخوارکنندگان تأثیرگذار است به‌طوری که گاوهایی که با مخمر تغذیه شدند به طور میانگین هر ۴/۳ در مقایسه با گاوهای تغذیه شده بدون مخمر ۳/۳ساعت برای مصرف خوراک به آخور مراجعه کردند. همچنین مدت زمان نشخوار نیز در گاوهایی که با مخمر تغذیه شده بودند بیشتر از گاوهایی بود که مخمر دریافت نکردند (۱۶).

اثرات مخمر بر تجزیه فیبر جیره: سلولز و همی‌سلولز بخشی از ترکیبات دیواره سلولی بوده که دارای ساختار پیچیده و غیر محلول هستند. غلظت این ترکیبات در جیره نشخوارکنندگان به طور میانگین ۳۰۰ گرم در کیلوگرم است. مخمرها با افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده سلولز از جمله قارچ‌هایی نظیر نئوکالیمستیکس (*Neocallimastix frontalis*) نقش مؤثری در تجزیه فیبر در شکمبه داشته و تحریک و گسترش توده

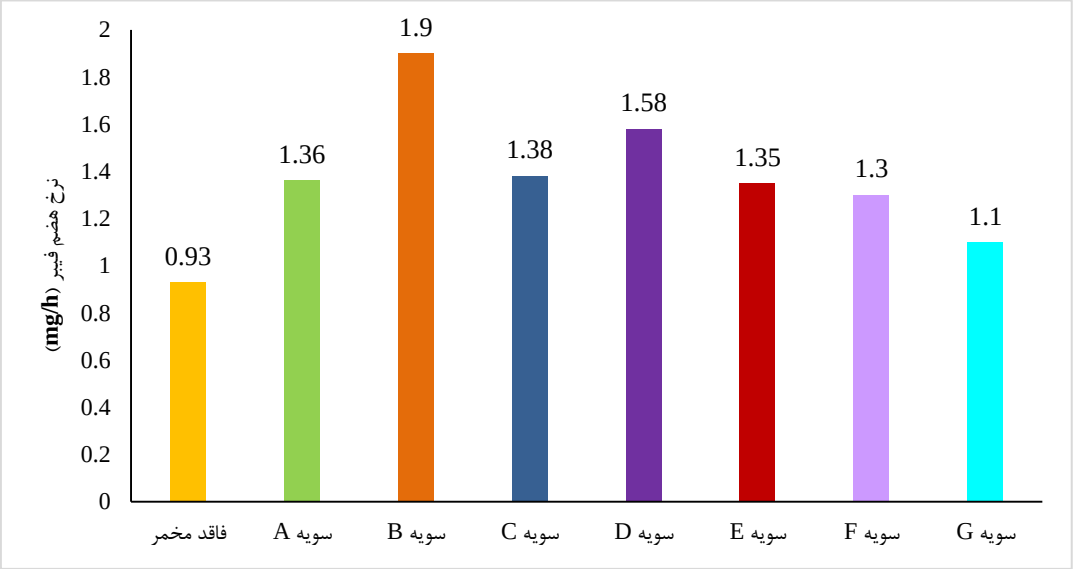
آنهـا تجزیـه فیبـر را در شـکمبه افـزایش مـی‌دهنـد (۷، ۱۷).



شکل ۶- مکانیسم اثر مخمر ساکارومایسس سرویزیه (CNCM I-1077) در افزایش جمعیت و فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌های سلولایتیک در تجزیه فیبر جیره (۱۷)



شکل ۷- اثر استفاده از مخمر ساکارومایسس سرویزیه (CNCM I-1077) بر قابلیت هضم NDF در جیره گاوهای شیری (۱۷)
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.



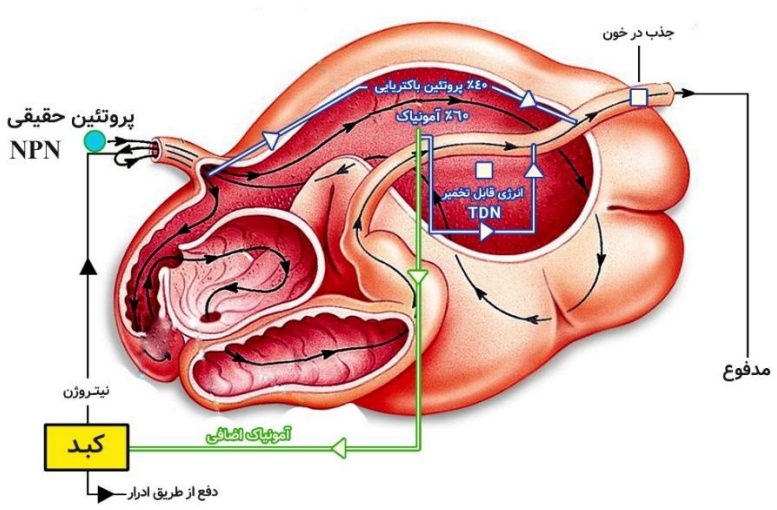
شکل ۸- اثر سویه‌های مختلف مخمر بر راندمان تجزیه فیبر در مایع شکمبه (سه گاو فیستوله گذاری شده) توسط میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده فیبر در شرایط آزمایشگاهی (*in vitro*) (۷)
سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.

همچنین مخمرها رشد باکتری‌های سلولایتیک نظیر فیبروباکتر سوکسینوجنز (*F. succinogenes*)، رومینوکوکوس آلبوس (*R. albus*) و رومینوکوکوس فلاووفاسینس (*R. flavfaciens*)، بوتیریویبریو فیبریسولونس (*Butyrivibrio fibrisolvens*) را نیز بهبود می‌دهد (۱۸). همچنین بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از مخمر در تغذیه نشخوارکنندگان سبب استقرار، افزایش جمعیت و حفظ تعادل جمعیت باکتری‌های سلولایتیک در شکمبه می‌شود و به دنبال آن فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پلی‌ساکاریدازها و گلیکوزید هیدرولازها نیز متعاقباً افزایش می‌یابد (۱۸). همچنین مشخص شده است که مخمرها با حذف اکسیژن و ایجاد محیط بی‌هوازی و بهبود پتانسیل اکسایش و کاهش (Redox Potential) شرایط را برای رشد باکتری‌های سلولایتیک مساعد می‌کنند. علاوه بر این مخمرها از طرق دیگر نظیر فراهم آوردن ویتامین، اسیدهای آمینه، پپتیدها در افزایش جمعیت باکتری‌های سلولایتیک مؤثرند (۱۸). نتایج مطالعه‌ای که بر روی گوسفندان انجام شد نیز نشان داد که استفاده از مخمر تجزیه‌پذیری ماده خشک و فیبر را در شکمبه گوسفند افزایش می‌دهد (۱۹). در نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که افزودن مخمر می‌تواند تا ۱۱ درصد تجزیه‌پذیری NDF جیره را در گاوهای شیری افزایش دهد (۲۰).

اثر مخمر بر نیتروژن آمونیاکی شکمبه:

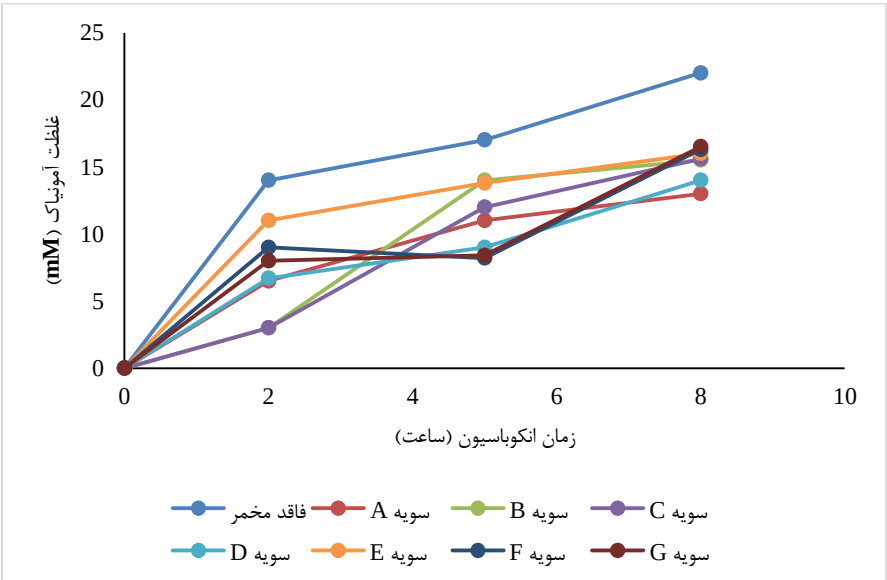
تجزیه میکروبی پروتئین‌ها، پپتیدها و اسیدهای آمینه در شکمبه تولید آمونیاک می‌نماید (شکل ۴). به‌طور معمول ۶۰ درصد پروتئین خوراک در شکمبه به آمونیاک تبدیل می‌شود که باعث هدر روی منابع پروتئین با ارزش خوراک خواهد شد. مازاد آمونیاک میکروارگانیسم‌های شکمبه توسط ادرار و مدفوع دفع می‌شود. سپس آمونیاک تبدیل به N_2O شده که این گاز جز گازهای گلخانه‌ای محسوب شده به‌طوری که ۲۹۶ برابر بیشتر از دی اکسید کربن و ۱۲ برابر بیشتر از متان در گرم شدن زمین نقش

دارد (۲۱).



شکل ۹- متابولیسم پروتئین در شکمبه نشخوارکنندگان (۲۱)

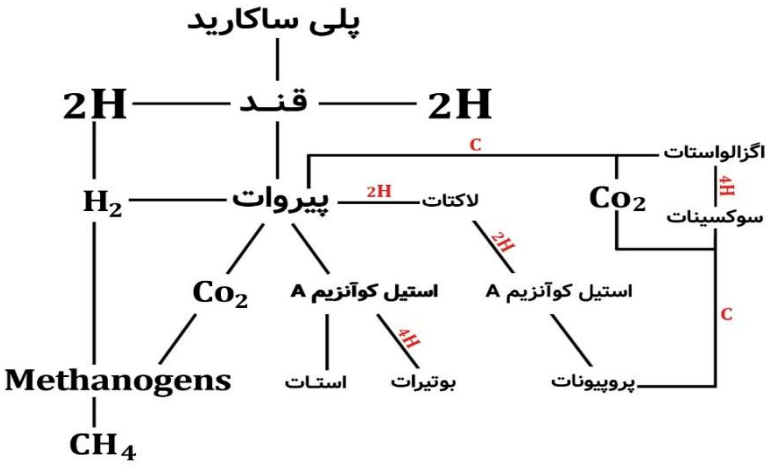
تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که برخی از مخمرها با کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین در شکمبه باعث کاهش تولید آمونیاک شده و از این طریق راندمان و عملکرد شکمبه را بهبود می‌دهند (شکل ۱۰). نتایج یک بررسی نشان می‌دهد که برخی از مخمرها با مهار باکتری‌های تولیدکننده آمونیاک (Hyper-Ammonia Producing Bacteria) نظیر کلستریدیوم استیکلندای (*Clostridium sticklandii*)، پپتواسترپتوکوکوس انیروبیوس (*Peptostreptococcu anaerobius*)، کلستریدیوم آمینوفیلوم (*Clostridium aminophilum*) مانع از تجزیه پروتئین و تولید آمونیاک در شکمبه شده و این امر از طریق رقابت در مصرف مواد غذایی بین مخمر و باکتری‌های تجزیه‌کننده پروتئین و یا از طریق تولید پپتیدهای ضد میکروبی که توسط مخمر تولید می‌شود صورت می‌پذیرد (۲۲).



شکل ۱۰- اثر استفاده از سویه‌های مختلف مخمر در تولید نیتروژن آمونیاکی در شکمبه در شرایط *in vitro* بررسی شود (۷).
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.

اثر مخمر بر متابولیسم هیدروژن و تولید متان: در شکمبه عمدتاً هیدروژن تولیدی در طی فرآیند تخمیر توسط باکتری‌های متانوژن و با استفاده از دی‌اکسیدکربن به متان تبدیل می‌شود (شکل ۶). متانوژن‌ها یک چرخه ضروری برای حذف هیدروژن در شکمبه بوده که این امر سبب افزایش تجزیه فیبر در شکمبه می‌شود (۲۳).

میزان متان تولیدی در گاو روزانه حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ لیتر بوده که حدود ۸ تا ۱۲ درصد از انرژی خوراک را هدر می‌دهد. علاوه بر آن متان ناشی از تخمیر در دستگاه گوارش حیوانات حدود ۱۸ تا ۲۰ درصد گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد (۲۴). ثابت شده است استفاده از مخمرها در جیره بسته به نوع مخمر با تغییر چرخه مصرف هیدروژن از متانوژن‌ها به باکتری‌های تولید کننده اسید استیک تولید متان را کاهش می‌دهند. بر اساس یکی دیگر از گزارشات موجود استفاده از مخمر می‌تواند حدوداً ۲۰ درصد از تولید متان در نشخوارکنندگان را کاهش دهد (۲۵).



شکل ۱۱- چرخه تجزیه کربوهیدرات‌ها و تولید هیدروژن، دی اکسید کربن و متان در شکمبه (۲۳)

اثرات مخمر بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای نشخوارکنندگان: برخی مخمرها با داشتن خواص ضد میکروبی جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا را در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان کاهش می‌دهند. این کاهش از راه‌های مختلفی مانند حذف رقابتی (Competitive Exclusion)، اتصال به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و غیر فعال نمودن آنها و یا تجزیه سموم تولید شده توسط میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا صورت می‌گیرد. افزودن مخمر به جیره گوسفندهای آلوده به باکترهای بیماری‌زا نظیر اشریشیاکُلی (*E. coli*) و لیستریا مونوسیتوژنز (*Listeria monocytogenes*) رشد و تکثیر این باکتری‌ها را تا ۵۰ درصد کاهش داده است (۲۶). علاوه بر آن استفاده از مخمر در گوساله‌ها نشان داده که جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا کلستریدیوم و سالمونلا را به‌طور چشمگیری کاهش داده است و اسهال ناشی از آنها را نیز مهار کرده است (۲۷). از میان مخمرها ساکارومایسس بولاردی (*S. boulardii*) به‌طور ویژه در کاهش جمعیت کلستریدیوم دیفیسیل (*Clostridium difficile*) و سموم تولید شده توسط این میکروارگانیسم در گوساله‌های مبتلا به

کلستریدیزیس (*clostridiosis*) مؤثر بوده است. علاوه بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، قارچ‌هایی نظیر آفلاتوکسین (Aflatoxins)، تریکوتسین (Tricothecenes)، زیرالنون (Zearalenones)، فیومنسین (Fumonisins) و اوکراتوکسین (Ochratoxins) نیز با تولید سموم سلامت نشخوارکنندگان را تهدید می‌کنند، مشخص شده است که مخمرها با مهار این گونه از قارچ‌ها و یا مهار سموم آنها از طریق تولید ترکیبات ضد قارچی و ترکیباتی حاصل از بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدها احتمال مسمومیت با سموم قارچی را به‌ویژه در نشخوارکنندگان جوان کاهش می‌دهند (۷، ۲۸).

خصوصیات یک مخمر خوب برای نشخوارکنندگان: یک سویه مخمر مناسب باید از خصوصیاتی مانند توانایی زنده‌مانی در شرایط شکمبه و دستگاه گوارش نشخوارکنندگان، مؤثر در تجزیه فیبر، مؤثر در حفظ تعادل pH، مؤثر در حذف اکسیژن در شکمبه، کاهش تولید آمونیاک در شکمبه، کاهش تولید متان در شکمبه، خواص ضد میکروبی علیه اشریشیاکُلی (*E. coli*)، کلستریدیا (*Clostridia*) و سالمونلا (*Salmonella*) برخوردار باشد تا جز سویه‌های بی‌خطر به‌شمار رود و بتوان آن را در خوراک نشخوارکنندگان استفاده کرد (۷، ۲۴، ۲۶، ۲۹).

اثرات مخمر در بهبود کمی و کیفی تولیدات دامی: به علت کیفیت پایین علوفه در ایران، برای تأمین انرژی در خوراک گاوهای پرتولید بیشتر از جیره‌های حاوی کربوهیدرات‌های با قابلیت تخمیر بالا (NFC بیش از ۴۰ درصد و NDF کمتر از ۳۲ درصد) نظیر غلات استفاده می‌شود. تغذیه با جیره حاوی غلات بالا تولید اسیدهای ارگانیک را افزایش می‌دهد در صورتی که این میزان بیش از حد باشد منجر به تجمع این اسیدهای ارگانیک به‌ویژه اسید لاکتیک در شکمبه شده که کاهش pH و در نتیجه اسیدوز تحت حاد را به دنبال خواهد داشت (۳۰). اسیدوز باعث به هم خوردن تعادل میکروبی، تجزیه باکتری‌های گرم منفی، آزاد شدن لیپوپلی‌ساکاریدها و انتقال آن به داخل گردش خون می‌شود که واکنش‌های شدید التهابی را در بدن به دنبال دارد. اسیدوز تحت حاد در صنعت گاو شیری منجر به ضررهای اقتصادی فراوانی نظیر کاهش مصرف خوراک، کاهش تولید شیر، کاهش چربی شیر، اسهال، لنگش، افت راندمان تولید مثل و کاهش عمر اقتصادی در گاوهای شیری خواهد شد.

نتایج متاآنالیز بیش از ۱۵۷ آزمایش نشان می‌دهد که استفاده از مخمر در گاوهای شیری تولید شیر را ۱/۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن و تولید چربی شیر را ۰/۰۵ درصد افزایش می‌دهد. استفاده از مخمر پیک تولید، تداوم شیردهی، تولید پروتئین و لاکتوز شیر را نیز بهبود می‌دهد (۱، ۳۱). نتایج اخیر یک متاآنالیز بر روی ۳۶ آزمایش نشان می‌دهد که استفاده از مخمر به طور متوسط ۱/۱۸ کیلوگرم در روز (تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی) به ازای هر گاو افزایش تولید شیر را نشان می‌دهد. میزان چربی شیر ۰/۰۶ کیلوگرم در روز و پروتئین شیر ۰/۰۳ کیلوگرم در روز به ازای هر گاو افزایش نشان می‌دهد (۳۲).

افزایش ماده خشک در گاوهای تازه‌زا به افزایش پیک و تداوم شیردهی کمک زیادی نموده و احتمال بالانس منفی انرژی را در حیوان کاهش می‌دهد و از این طریق به کاهش روزهای باز (Open Days) نیز کمک می‌کند. از طرفی مخمر با کاهش مصرف خوراک در انتهای دوره شیردهی هزینه تولید را کاهش داده و وضعیت بدنی (Body Condition Score) مناسبی برای دروه خشکی و زایمان فراهم می‌آورد (۳۱).

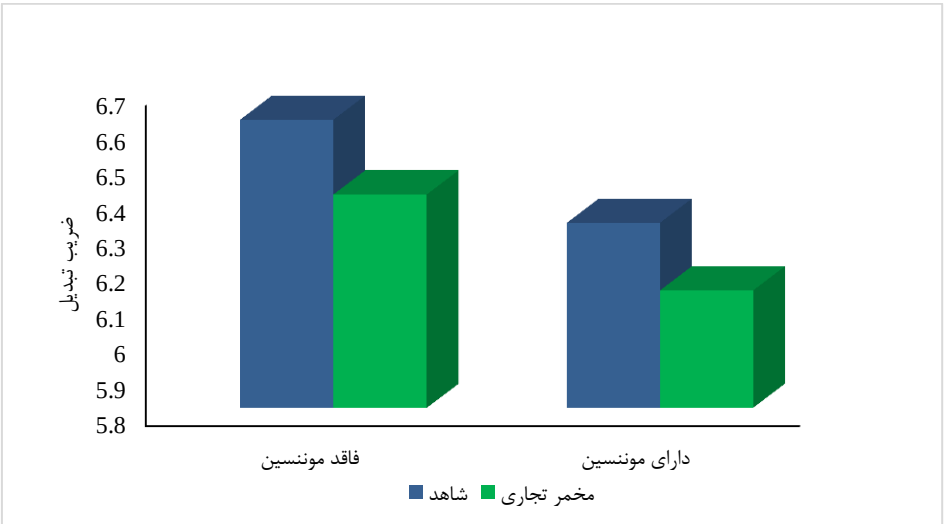
جدول ۱- مقایسه ۳ نوع مخمر تجاری در ۱۹ آزمایش بر تولید شیر و مصرف خوراک در گاوهای شیری (۳۲).

پارامترها (٪ تغییر نسبت به کنترل)	نام مخمر تجاری			SEM
	Yea-Sacc USA	Biomate YC-20 Canada	Diamond V XP USA	
تعداد آزمایش مورد بررسی	۶	۶	۷	
عملکرد تولید شیر (کیلوگرم در روز)	۲/۷	۲/۶	۳/۶	۲/۲
تولید چربی شیر (کیلوگرم در روز)	۳/۴	۴	۲/۹	۲/۹
تولید پروتئین شیر (کیلوگرم در روز)	۲/۸	۱/۲	۲/۴	۱/۹
افزایش مصرف خوراک (کیلوگرم در روز)	۳/۴	-۰/۸	۱/۸	۳

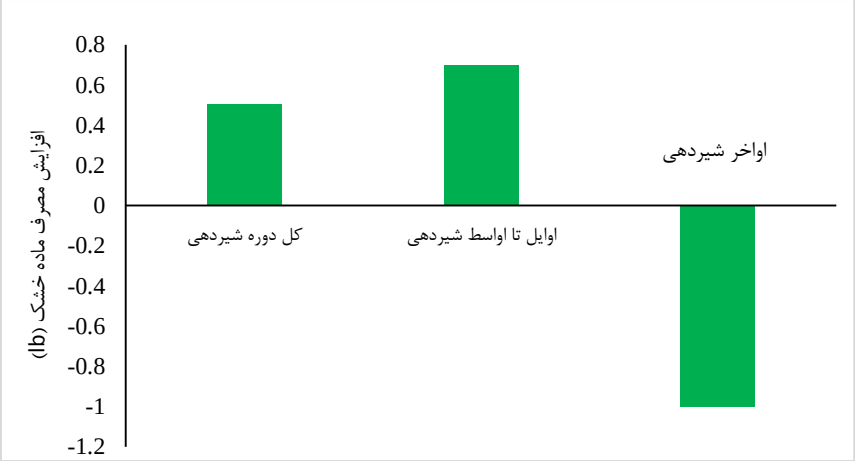
سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.

تحقیقات نشان داده است که استفاده از مخمرهای کلویورومایسس مارکسیانوس (*K. marximanus*)، ساکارومایسس سرویزیه (*S. cerevisiae*) و ساکارومایسس اوواروم (*Saccharomyces uvarum*) نیز در خوراک گوسفند مصرف ماده خشک را ۸ تا ۱۹ درصد و وزن را ۱۹ تا ۲۶ درصد افزایش داده است. همچنین مشخص شد که استفاده از این مخمرها به میزان $۱/۵-۲\times۱۰^{۹}$ سلول به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در گوسفندان فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، بتاگلوکوزیداز، زایلاناز و کربوکسی متیل سلولاز مایع شکمبه را نیز افزایش می‌دهد (۳۳).

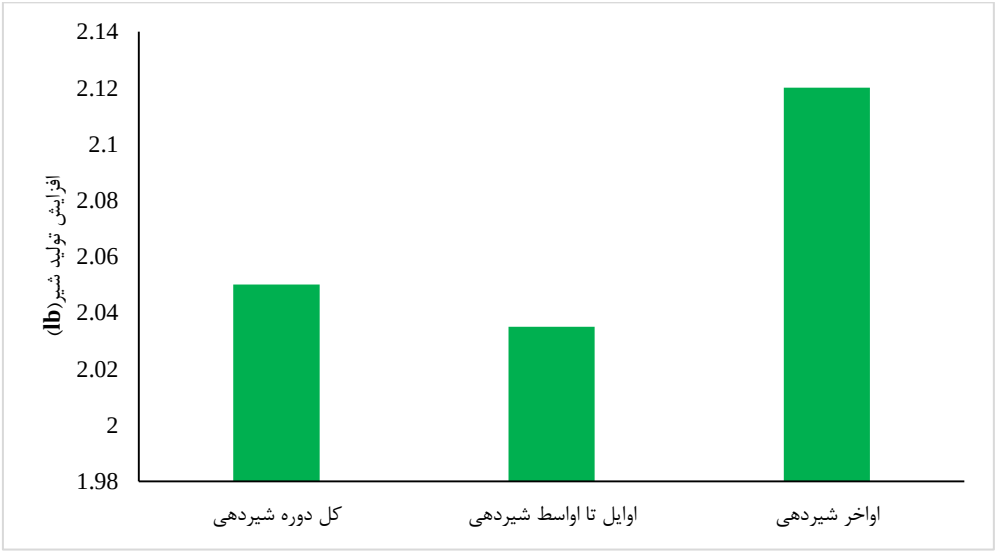
متاآنالیز بیش از ۳۲ آزمایش بر روی یک مخمر تجاری نشان می‌دهد که استفاده از مخمر در طول دوره شیردهی ماده خشک مصرفی را به‌طور متوسط ۲۵۰ گرم به ازای هر گاو در روز افزایش می‌دهد. مصرف ماده خشک در اوایل تا اواسط شیردهی حدود ۳۰۰ گرم به ازای هر گاو در روز افزایش می‌یابد. مشخص شده است که افزایش مصرف ماده خشک در ۱۰۰ روز ابتدای دوره شیردهی نقش مهمی در بهبود پیک تولید و تداوم شیردهی در حیوان دارد (۳۴).



شکل ۱۲- اثر استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) در بهبود ضریب تبدیل گوشت در گاو گوشتی (۳۴)
سطح معنی‌داری کمتر از ($P< 0.05$) می‌باشد.



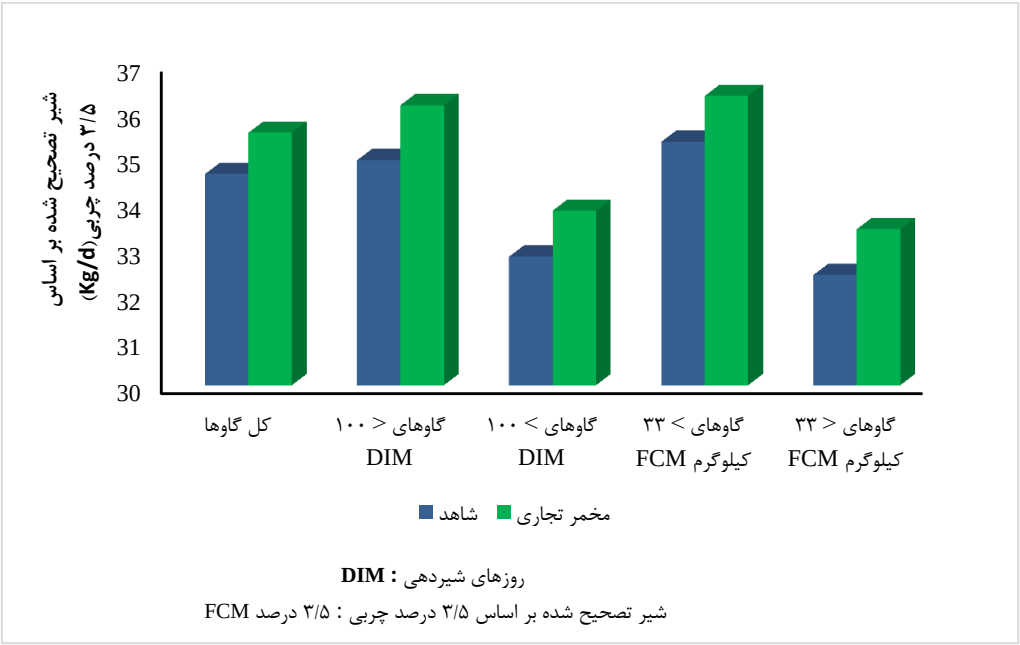
شکل ۱۳- متاآنالیز بیش از ۳۲ آزمایش در بررسی اثر استفاده از مخمر دیموند وی (*Diamond V Yeast*) مصرف ماده خشک در گاوهای شیری (تصحیح شده بر اساس کنترل) (۳۵).
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.



شکل ۱۴- متاآنالیز بیش از ۳۲ آزمایش در بررسی استفاده از مخمر دیموند وی (*Diamond V Yeast*) بر تولید شیر (تصحیح شده بر اساس کنترل (۳۵).
سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.

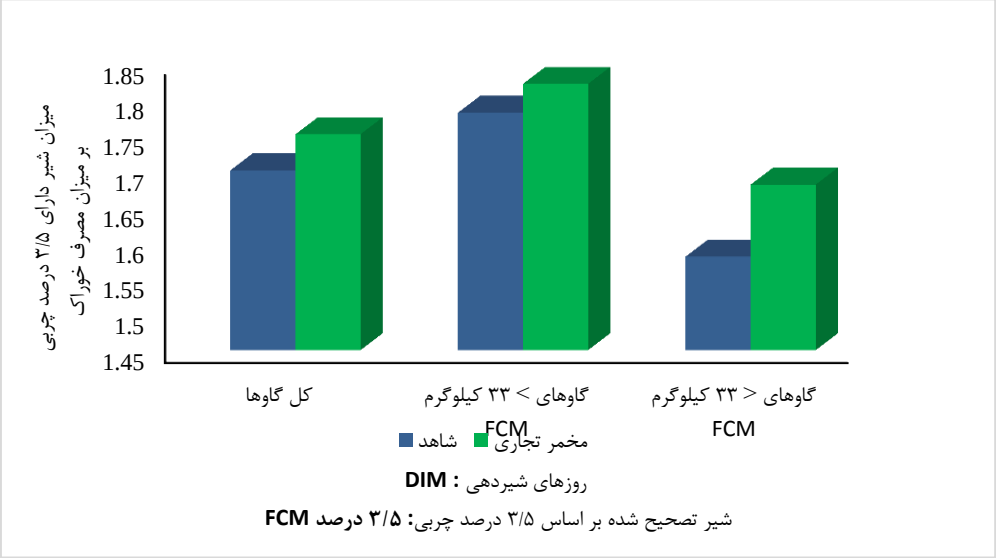
تحقیقات نشان داده است که گاوهایی که با مخمر تغذیه می‌شوند به میزان یک کیلوگرم تولید شیر روزانه را در طول دوره شیردهی افزایش می‌دهد. در انتهای دوره شیردهی نیز مصرف مخمر به طور متوسط تولید شیر روزانه را یک کیلوگرم افزایش داده است در حالی که در این زمان مقداری از انرژی خوراک در حیوان صرف جنین می‌شود (۳۵). مصرف مخمر ضریب تبدیل غذایی را نیز بهبود می‌دهد به‌طوری که با نزدیک شدن به انتهای دوره شیردهی در گاوهایی که در خوراک آنها از مخمر استفاده شده بود تولید شیر روزانه یک کیلوگرم افزایش داشته درحالی که در این برهه میزان ماده خشک مصرفی نیم کیلوگرم کاهش خواهد داشت (۳۴). علاوه بر گاو شیری، استفاده از مخمر در گوساله‌ها نیز اثرات قابل توجهی بر راندمان رشد و افزایش وزن گوساله‌ها دارد. آزمایشی که بر

روی ۱۲۰ گوساله هلشتاین انجام گرفت نشان داد که افزودن مخمر به جیره استارتر گوساله‌ها از روز ۱۰ تا ۷۷ افزایش وزن روزانه را در گوساله‌ها تا قبل از ۳۵ روزگی بهبود می‌بخشد. همچنین بعد از شیرگیری افزایش وزن و مصرف خوراک گوساله‌هایی که از مخمر استفاده می‌کردند نیز به طور معنی‌داری بالا بود (۳۶).



شکل ۱۵- متاآنالیز ۱۴ آزمایش و ۱۶۱۵ گاو که اثر استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه (CNCM I-1077) بر تولید شیر (تصحیح شده بر اساس چربی) تقسیم‌بندی شده بر اساس روزهای شیرواری و تولید شیر (۳۷)

سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.



شکل ۱۶- متا آنالیز ۱۴ آزمایش و ۱۶۱۵ گاو که اثر استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه (CNCM I-1077) را بر تولید شیر (تصحیح شده بر اساس چربی) به ازای هر کیلو گرم ماده خشک مصرفی (۳۷)

سطح معنی‌داری کمتر از (P< 0.05) می‌باشد.

جدول ۲- نتایج متاآنالیز ۱۴ آزمایش و ۱۶۱۵ گاو بر روی اثر استفاده از مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه (CNCM I-1077) بر تولید شیر،

راندمان خوراک، پروتئین و چربی شیر (۳۷)

	تیمارها			
	شاهد	مخمر تجاری	P-value	R-square
تولید شیر (kg/day)	۳۳/۰۴ [b]	۳۴/۱۹ [a]	< ۰/۰۰۰۱	۰/۹۵
FCM[1] ٪ ۳/۵ (kg/day)	۳۴/۵۸ [b]	۳۵/۵۴ [a]	< ۰/۰۰۰۱	۰/۹۳
بازده خوراک[2]	۱/۷۰	۱/۷۵	۰/۰۰۰۶	۰/۹۶
محتوای پروتئین حقیقی شیر (٪)	۳/۰۳	۲/۹۹	۰/۰۰۱۳	۰/۷۹
بازده پروتئین حقیقی شیر (kg/day)	۱/۰۰ [b]	۱/۰۲ [a]	< ۰/۰۰۰۱	۰/۹۴
محتوای چربی شیر (٪)	۳/۸۰	۱/۷۵	۰/۰۳۲۶	۰/۷۶
بازده چربی شیر (kg/day)	۱/۲۵	۱/۲۸	۰/۰۰۸	۰/۹۰

۱- شیر تصحیح شده بر اساس ۳/۵ درصد چربی شیر

۲- میزان شیر دارای۳/۵ درصد چربی بر میزان مصرف خوراک

[a, b] درج حروف غیرمشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌داری می‌باشد (P< ۰/۰۰۰۱).

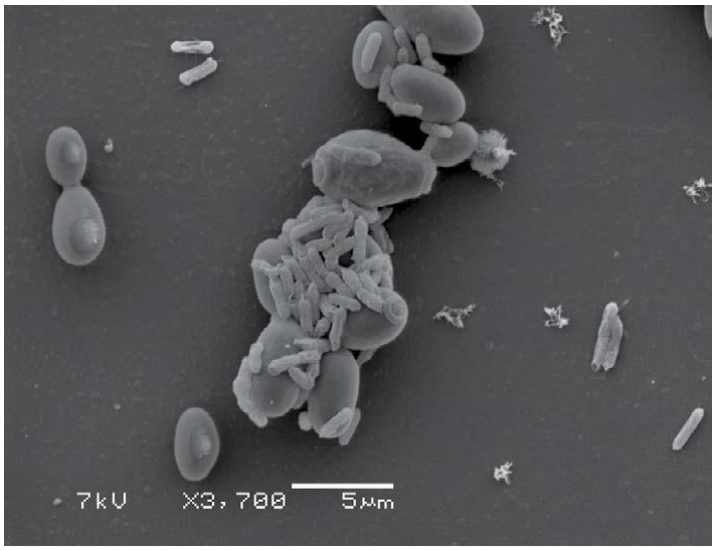
اثرات مخمر در بهبود سلامت دام: برای مشاهده اثرات مفید پروبیوتیک‌ها می‌بایست روزانه حدود 10^6 تا 10^7 CFU از میکروارگانیسم‌ها توسط حیوان مصرف شود. برخی از مخمرها با تولید پلی‌آمین‌ها (Putrescine، Spermidine و Spermine) در رشد، تمایز و متابولیسم سلول‌ها، همانندسازی DNA، رونویسی و ترجمه تأثیر گذارند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که پلی آمین‌ها با تحریک سلول‌های اپیتلیال روده، باعث افزایش سرعت رشد و تمایز آنها شده در نتیجه سطح جذب را افزایش داده و توان سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی این سلول‌ها را تقویت می‌کنند (۳۷).

مخمرها همچنین آنزیم‌هایی نظیر پروتئازها، هیدرولازها و کربوکسی پپتیدازها و آمینوپپتیدازها تولید می‌کنند. نتایج بررسی‌های اخیر نشان داده که این آنزیم‌ها رسپتورهای روده‌ای Toxin A را در روده تجزیه نموده و این امر باعث عدم اتصال کلستریدیوم دیفیسیل (*C. difficile*) (عامل عفونت روده در گوساله‌ها) به دیواره روده می‌شود (۳۸). علاوه بر آن وجود آنزیم اینورتاز (Invertase) نیز که باعث تبدیل سوکروز به گلوکوز و فروکتوز شده و باعث شده تا میکروارگانیسم‌های مفید موجود در دستگاه گوارش از این منبع کربنی به راحتی استفاده کنند (۳۹). مخمرها با تحریک سلول‌های انتروسیت روده منجر به افزایش تولید آنزیم‌هایی نظیر لاکتاز، سوکراز، مالتاز، گلوکوامیلاز، آمینو پپتیداز، الکالاین فسفاتاز می‌شود. این آنزیم‌های اندوژنوس (Endogenous Enzymes) تجزیه و جذب مواد غذایی را توسط دستگاه گوارش بهبود می‌بخشند (۴). مایکوسین‌ها ترکیبات گلیکوپروتئینی هستند که باعث تخریب دیواره سلولی باکتری‌های بیماری‌زا شده و دارای گیرنده‌های اختصاصی بر روی دیواره باکتری‌ها هستند. تولید مایکوسین‌ها در مخمرهای موجود در جنس کلویورومایسس (*Kluyveromyces*)، ساکارومایسس (*Saccharomyces*)، زیگو ساکارومایسس (*Zygosac-charomyces*) گزارش شده است (۴۰). مشخص شده است که دیواره سلولی مخمرها حاوی بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدها بوده که حدوداً ۲۰ تا ۵۰ درصد آن از مانوپروتئین (مانان الیگوساکاراید + پروتئین ها)، ۳۰ تا ۶۰ درصد بتاگلوکان و ۱ تا ۶ درصد کیتین تشکیل شده است (۴۱). همچنین مشخص شده است که به‌طور میانگین ۱۵ تا ۲۰ درصد وزن مخمر

خشک از دیواره سلولی تشکیل شده است. از سوی دیگر مشخص شده است که ساختار سه بعدی و میزان مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها در دیواره مخمر اثر معنی‌داری بر میزان جذب میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا دارد. از این رو به نظر می‌رسد که بتاگلوکان و مانان الیگوساکاریدها با قرارگیری در ساختار دیواره مخمر و تشکیل فضایی خاص، توانایی اتصال به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را دارند.

میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا به موکوس دیواره روده متصل شده و کلونیزه می‌شوند که این امر عفونت و ایجاد التهاب روده را به‌دنبال دارد. مشخص شده است که این اتصال توسط پروتئین متصل‌کننده کربوهیدرات‌ها (Carbohydrate-Binding Proteins) یا فیمبریا یا پیلی (Fimbriae) موجود در دیواره میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا صورت می‌گیرد. این ضمائم روی سطح باکتری‌ها قرار داشته و باکتری‌ها به دیواره سلولی اپیتلیال روده متصل می‌شوند. مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها موجود در مخمر تمایل شدیدی به اتصال به این ضمائم داشته از این رو مانع چسبیدن و کلونیزه شدن این میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در دیواره روده می‌شوند.

آزمایشات بسیاری نشان داده است که بتاگلوکان‌ها و مانان‌های موجود در دیواره سلولی مخمر با بلوکه کردن رسپتورهای مانوزی (عوامل اتصال پاتوژن‌ها به دیواره اپیتلیال روده) میزان ابتلا به عفونت‌های روده‌ای و التهاب را کاهش می‌دهند (۴۲). مخمر با اتصال و مهار پاتوژن‌های نظیر کلستریدیوم دیفیسیل (*C. difficile*)، اشریشیاکلی (*E. coli*)، ویبریو کلرا (*Vibrio cholerae*)، سالمونلا (*Salmonella*) و شیگلا (*Shigella*) همچنین خنثی نمودن سموم تولید شده توسط این میکروارگانیسم‌ها از بیماری‌های دستگاه گوارش جلوگیری می‌کند (۴۳).



شکل ۱۷- توانایی چسبیدن مخمر ساکارومایسس بولاردی (*Saccharomyces boulardii*) به باکتری بیماری‌زای دستگاه گوارش سالمونلا تیفی‌موریوم (*Salmonella typhimurium*) (۴)

مخمر ساکارومایسس بولاردی (*S. boulardii*)، آنزیم‌های سرین پروتئاز با وزن مولکولی 120 kDa و 54 kDa تولید می‌کند که می‌تواند سموم تولید شده توسط کلستریدیوم دیفیسیل (*C. difficile*) در روده را مهار کند. این مخمر همچنین با تولید آنزیم فسفاتاز، سموم میکروبی نظیر لیپوپولیساکارید در اشریشیاکُلی (*E. coli*) دفسفریلاسیون نموده و سم‌زدایی می‌کند (۴). مخمر ساکارومایسس سرویزیه (*S. cerevisiae*) همچنین توانایی باند شدن به باکتری‌های بیماری‌زای دستگاه گوارش نظیر اشریشیاکُلی (*E. coli*) و سالمونلا تیفی‌موریوم (*S. Typhimurium*) را داشته و منجر به غیر فعال شدن این میکروارگانیسم‌ها و انتقال آنها از روده به کبد، طحال و غدد لنفاوی می‌شود (۴۴). فواید استفاده از گونه‌های مخمر در جدول ۳ به‌صورت خلاصه آورده شده است.

جدول ۳- فواید استفاده از گونه‌های مختلف مخمرتجاری بر عملکرد دام

	حیوانات مختلف			رفرنس‌ها
انواع مخمر	گاو	گوساله	گوسفند و بز	
ساکارومایسس سرویزیه (*S. cerevisiae*)	افزایش تولید شیر، تداوم شیردهی، بهبود کیفیت شیر (چربی و پروتئین) حفظ تعادل جمعیت باکتری‌های سلولایتیک کاهش مسمومیت با سموم قارچی تنظیم pH شکمبه و کاهش اسیدوز	افزایش وزن روزانه در گوساله‌ها تکامل سریع ساختار و فلور میکروبی بهبود سیستم ایمنی گوساله تسریع تکامل فلور میکروبی شکمبه بهبود ضریب تبدیل، افزایش وزن روزانه	بهبود مصرف ماده خشک افزایش وزن روزانه بهبود عملکرد دستگاه گوارش بهبود تجزیه‌پذیری ماده خشک کاهش تولید اسید لاکتیک و بروز اسیدوز	۳۳، ۱۹، ۱۰، ۱۷،۸، ۱۳، ۳۱، ۱۷،۱۶،۲۵،۲۸،۱ ۲، ۳۹، ۱۰
ساکارومایسس بولاردی (*S. boulardii*)		مهار باکتری مضر و سم‌زدایی سموم تولید شده توسط باکتری‌ها کاهش بروز بیماری اسهال در گوساله		۴
اوواروم (*S. uvarum*)			بهبود مصرف ماده خشک افزایش وزن روزانه	۳۳
یاروویا لیپولیتیکا (*Y. lipolytica*)		بهبود مصرف خوراک، عملکرد رتیکولورومن، وضعیت متابولیک و عملکرد رشد گوساله شیرخوار		۳۹

توروﻻسپورا دلبروکی (*T. delbrueckii*)	بهبود قابلیت هضم پروتئین خوراک	۳۹
کلویورومایسس (*Kluyveromyces*)	بهبود مصرف ماده خشک افزایش وزن روزانه تولید مایکوسین‌ها تخریب دیواره سلولی باکتری‌های بیماری‌زا	۳۳
دبرومایسس هانسنئی (*D. hansenii*)	تاثیر بر پارامترهای ایمونولوژیک یک اکسیدان فعال قدرت چسبندگی به دستگاه گوارش	۶

نتیجه‌گیری

ارزیابی نتایج متعدد نشان داد که پروبیوتیک‌ها می‌توانند با رقابت بر سر مواد غذایی و تولید ترکیبات ضد میکروبی، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را مهار و با خنثی نمودن سموم تولید شده توسط این میکروارگانیسم‌ها از بیماری‌های دستگاه گوارش جلوگیری می‌کند. همچنین حضور ترکیبات مؤثری مانند بتاگلوکان‌ها و مانان‌ها در دیواره سلولی مخمر مسمومیت با سموم قارچی (مایکوتوکسین‌ها) را در دام کاهش می‌دهد و از این طریق سلامت دام و عملکرد تولید بهبود می‌یابد. همچنین نشان داده شد که افزودن مخمر به جیره نشخوارکنندگان باعث استقرار باکتری‌های مفید در شکمبه، بهبود جمعیت قارچ‌ها و پروتوزوآها، بهبود عملکرد شکمبه (تنظیم pH شکمبه و کاهش تولید آمونیاک) و تسریع تکامل فلور میکروبی شکمبه در نشخوارکنندگان می‌شود و به‌طور کلی از طرق مختلفی می‌تواند سبب بهبود راندمان رشد و ضریب تبدیل، عملکرد تولید، تولید مثل و تقویت سیستم ایمنی در نشخوارکنندگان شود.

References

1- Vohra A, Syal P, Madan A. Probiotic Yeasts in Livestock sector. Anim. *Feed Sci. Technol*. 2016.

2- Kumura H, Tanoue Y, Tsukahara M, Tanaka T, Shimazaki K. Screening of dairy yeast strains for probiotic applications. *J. Dairy Sci*. 2016; 87 (12): 6-4050.

3- Salamat News. Antibiotic. [Internet]. [Available from: http://www.salamatnews.com/news/ updated 2007 May 2; cited 2022 Nov.

4- Vohra A, Satyanarayana T. Probiotic yeasts. Microorganisms in sustainable agriculture and biotechnology: *Springer Sci. Rev*. 2012; p. 411-33.

5- Roto SM, Rubinelli PM, Ricke SC. An introduction to the avian gut microbiota and the effects of yeast-based prebiotic-type compounds as potential feed additives. *Front. vet. sci*. 2015; 2.

6- Koul V, Kumar U, Sareen VK, Singh S. Mode of action of yeast culture (YEA-SACC 1026) for stimulation of rumen fermentation in buffalo calves. *J. Sci. Food Agric*. 1998; 77(3): 407-413.

7- Chaucheyras-Durand F, Walker N, Bach A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2008; 145(1): 5-26.

8- Collado MC, Sanz Y. Quantification of mucosa-adhered microbiota of lambs and calves by the use of culture methods and fluorescent in situ hybridization coupled with flow cytometry techniques. *Vet. Microbiol*. 2007; 121(3): 299-306.

9- Lesmeister K, Heinrichs A, Gabler M. Effects of supplemental yeast (Saccharomyces cerevisiae) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal

dairy calves. *J. Dairy Sci*. 2004; 87(6): 1832-1839.

10- Magalhães V, Susca F, Lima F, Branco A, Yoon I, Santos J. Effect of feeding yeast culture on performance, health, and immunocompetence of dairy calves. *J. Dairy Sci*. 2008; 91(4): 149-509.

11- Robinson P. Yeast products for growing and lactating ruminants: A literature summary of impacts on rumen fermentation and performance. Cooperative Extension University Of California, Davis. 2010.

12- Thrune M, Bach A, Ruiz-Moreno M, Stern M, Linn J. Effects of Saccharomyces cerevisiae on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows: Yeast supplementation on rumen fermentation. *Livest. Sci*. 2009; 124(1): 261-5.

13- Desnoyers M, Giger-Reverdin S, Bertin G, Duvaux-Ponter C, Sauvant D. Meta-analysis of the influence of Saccharomyces cerevisiae supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci*. 2009; 92(4): 1620-32.

14- Julien C, Marden J, Moncoulon R, Auclair E, Bayourthe C, Crovetto G, editors. Ruminal redox potential in dairy cows regarding diet composition and live yeast supplementation: a modelling approach. Energy and protein metabolism and nutrition 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition Conference 2010, September 6-10, 2010; Parma, Italy: *Wageningen Academic Publishers*, 2010; 1-13.

15- Bach A, Iglesias C, Devant M. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2007; 53(1): 136-146.

16- DeVries T, Chevaux E. Modification of the feeding behavior of dairy cows through live yeast supplementation. J. Dairy Sci. 2014; 97(10): 6499-6510.

17- Chaucheyras-Durand F, Martin C, Chevaux E, Forano E. Use of yeast probiotics in ruminants: Effects and mechanisms of action on rumen pH, fibre degradation, and microbiota according to the diet: In tech, Access Publisher; 2012.

18- Chaucheyras-Durand F, Ameilbonne A, Bichat A, Mosoni P, Ossa F, Forano E. Live yeasts enhance fibre degradation in the cow rumen through an increase in plant substrate colonization by fibrolytic bacteria and fungi. *J. Appl. Microbiol*. 2016; 120(3): 560-570.

19- Mousa KM, El-Malky O, Komonna O, Rashwan S. Effect of live dried yeast supplementation on digestion coefficients, some rumen fermentation, blood constituents and some reproductive and productive parameters in Rahmani sheep. *Am. J. Sci*. 2012; 8: 291-303.

20- Bitencourt LL, Silva JRM, Oliveira BMLd, Dias Júnior GS, Lopes F, Siécola Júnior S, *et al.* Diet digestibility and performance of dairy cows supplemented with live yeast. *Sci. Agric*. 2011; 68(3): 301-7.

21- Leng R, Nolan J. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci*. 1984; 67(5): 1072-89.

22- Chaucheyras-Durand F, Masséglia S, Fonty G. Effect of the microbial feed additive Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077 on protein and peptide degrading activities of rumen bacteria grown in vitro. *Curr. Microbiol*. 2005; 50(2): 96-101.

23- Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, Gouet P. In vitro H2 utilization by a ruminal acetogenic bacterium cultivated alone or in association with an archaea methanogen is stimulated by a probiotic strain of Saccharomyces cerevisiae. *Appl. Environ. Microbiol*. 1997; 3466(9): 61-65.

24- Newbold C, Wallace R, McIntosh F. Mode of action of the yeast Saccharomyces cerevisiae as a feed additive for ruminants. *Br. J. Nutr*. 1996; 76(02): 249-261.

25- Lynch H, Martin S. Effects of Saccharomyces cerevisiae culture and Saccharomyces cerevisiae live cells on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. *J. Dairy Sci*. 2002; 85(10): 2603-2608.

26- Newbold C, Olvera-Ramirez A, editors. The use of yeast-based probiotics to meet new challenges in ruminant production. *J. Anim. Sci*. 2006: Amer soc Animal Science 1111North Dunlap Ave, Savoy, IL 61874 USA.

27- Galvão KN, Santos JE, Coscioni A, Villasenor M, Sischo WM, Berge ACB. Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal Escherichia coli. *Reprod. Nutr. Dev*. 2005; 45(4): 427-440.

28- Ringot D, Lerzy B, Chaplain K, Bonhoure J-P, Auclair E, Larondelle Y. In vitro biosorption of ochratoxin A on the yeast industry by-products: Comparison of isotherm models. *Bioresour. Technol*. 2007; 98(9):1812-1821.

29- Tao M, Yan T, ZHANG N-f, GUO J-p, DENG K-d, Yi Z, *et al*. Effects of dietary yeast β-

glucan on nutrient digestibility and serum profiles in pre-ruminant Holstein calves. *J. Sci. Food Agric*. 2015; 14(4): 749-757.

30- Malekkhahi M, Tahmasbi A, Naserian A, Danesh-Mesgaran M, Kleen J, AlZahal O, *et al*. Effects of supplementation of active dried yeast and malate during sub-acute ruminal acidosis on rumen fermentation, microbial population, selected blood metabolites, and milk production in dairy cows. *Anim. Feed Sci*. Technol. 2016; 213: 29-43.

31- Poppy G, Rabiee A, Lean I, Sanchez W, Dorton K, Morley P. A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of Saccharomyces cerevisiae on milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*. 2012; 95(10): 6027-6041.

32- Robinson P, Erasmus LJ. Effects of analyzable diet components on responses of lactating dairy cows to Saccharomyces cerevisiae based yeast products: A systematic review of the literature. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2009; 149(3): 185-198.

33- Tripathi M, Karim S. Effect of yeast cultures supplementation on live weight change, rumen fermentation, ciliate protozoa population, microbial hydrolytic enzymes status and slaughtering performance of growing lamb. *Livest. Sci*. 2011; 135(1): 17-25.

34- Erasmus L, Coertze R, Leviton M, Chevaux E. A meta-analysis of the effect of monensin or live yeast or a combination thereof on performance of beef cattle. *J Anim Sci*. 2009; 87: 281.

35- Rabiee A, Lean I, Dorton K, Engstrom M, Sanchez W. Effect of feeding Diamond V Yeast Culture™ on milk production and dry matter intake in lactating dairy cows: A meta-analysis. *J Anim Sci*. 2008; 86: 589.

36- Terré M, Maynou G, Bach A, Gauthier M. Effect of Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077 supplementation on performance and rumen microbiota of dairy calves. *Prof. Anim. Sci*. 2015; 31(2): 153-8.

37- De Ondarza M, Sniffen C, Dussert L, Chevaux E, Sullivan J, Walker N. Case study: Multiple-Study analysis of the effect of live yeast on milk yield, milk component content and yield, and feed efficiency. *Prof. Anim. Sci*. 2010; 26(6): 661-666.

38- Pothoulakis C, Kelly CP, Joshi MA, Gao N, O'Keane CJ, Castagliuolo I, *et al*. Saccharomyces boulardii inhibits Clostridium difficile toxin A binding and enterotoxicity in rat ileum. *J. Gastro*. 1993; 104: 1108.

39- Shankar T, Thangamathi P, Rama R, Sivakumar T. Optimization of invertase production using Saccharomyces cerevisiae MK under varying cultural conditions. Int. *J. Biochem*. 2013; 1(3): 47-56.

40- Hatoum R, Labrie S, Fliss I. Antimicrobial and probiotic properties of yeasts: from fundamental to novel applications. *Front Microbiol*. 2012; 3: 421.

41- Bzducha-Wróbel A, Kieliszek M, Błażejak S. Chemical composition of the cell wall of probiotic and brewer's yeast in response to cultivation medium with glycerol as a carbon source. Eur. *Food Res. Technol*. 2013; 237(4): 489-499.

42- Yang Y, Iji P, Kocher A, Mikkelsen L, Choct M. Effects of mannanoligosaccharide and fructooligosaccharide on the response of broilers to pathogenic Escherichia coli challenge. *Br. Poult. Sci*. 2008; 49(5): 550-559.

43- Martins FS, Vieira AT, Elian SD, Arantes RM, Tiago FC, Sousa LP, *et al*. Inhibition of tissue inflammation and bacterial translocation as one of the protective mechanisms of Saccharomyces boulardii against Salmonella infection in mice. *Microbes Infect*. 2013; 15(4): 270-279.

44- Martins FS, Rodrigues ACP, Tiago FC, Penna FJ, Rosa CA, Arantes RM, *et al*. Saccharomyces cerevisiae strain 905 reduces the translocation of Salmonella enterica serotype Typhimurium and stimulates the immune system in gnotobiotic and conventional mice. *J. Med. Microbiol*. 2007; 56(3): 352-359.

A comprehensive review of the effects of yeast on the regulation of rumen fermentation, productive efficiency and health in ruminants

Ehsan Oskoueian[1]*, Mohammad Faseleh Jahromi[1], Parisa Shokryazdan[1], Marzieh Hajmohammadi [1,2], Mahdi Salari Pour[1,3], Mohammad Reza Ahmadi[1,4], Hila taghavi[5], Mojtaba Moein Jahromi[1]

1- Research and Development, Arka Industrial Group and Ariana knowledge-based company, Mashhad, Iran.
2- PhD, Animal Nutrition, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3 PhD Student in Animal Nutrition, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
4- M.Sc. Genetics and Animal Breeding, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
5- Department of Veterinary, Babol-Branch, Islamic Azad University, Babol, Iran.

Receive: October 31, 2021; Revise: January 29, 2022; Accept: February 7, 2022

Summary

Due to growing demand of human communities for livestock products, livestock farms have trended towards industrialization. Therefore, with increasing livestock production, the use of highly fermentable carbohydrates has increased in livestock diets. On the other hand, the incompatibility of the gastrointestinal tract of ruminants with this feeding method causes the occurrence of various metabolic diseases and reduces the herd's economic longevity. Research has also shown that adding antibiotics to cow diet increases growth, reduces feed conversion ratio, and improves production and reproduction. But the use of antibiotics for long-term increases antibiotic resistance in livestock and consumers of livestock products. Therefore, it seems necessary to find a suitable alternative to antibiotics such as probiotics. The use of yeast in ruminant nutrition helps to establish and maintain the balance of beneficial bacterial populations, increase fiber digestion, improve ruminal function and ruminal pH, and reduce the occurrence of various metabolic diseases. Yeast diets also improve milk production performance, persistence in dairy cattle, and milk quality. Probiotics can reduce the risk of intestinal infections and inflammation by competing for food, producing antimicrobial compounds, and neutralizing the toxins produced by these microorganisms. Also, the presence of effective compounds such as beta-glucans and mannas in the yeast cell wall reduces poisoning by fungal toxins, especially in ruminants, and by stimulating the immune system and the production of digestive enzymes, plays an important role in the growth performance, production, reproduction and the immune system in ruminants.

Keywords: *Rumen Fermentation, Production Efficiency, Rumen microbial Communities, Yeast, Ruminants*