نشریه تازه ها در میکروب‌شناسی دامپزشکی
وبگاه: nfvm.uoz.ac.ir
دو فصلنامه - شاپا چاپی: ۲۶۴۵-۴۴۹۱ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۵۰۰۴
دوره ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۵- ۳۲

مروری بر انواع پری‌بیوتیک‌های برپایه‌ی مخمر، شاخصه‌ها، ترکیبات فراسودمند و مکانیزم اثر آنها بر فراسنجه‌های رشد و سلامت در طیور

احسان اسکوئیان*[۱]، رضا نورا[۲]، مهدی سالاری پور[۱]، احسان کریمی[۳]، محمد فاصله جهرمی[۱]، پریسا شکریزدان[۱]، مجتبی معین جهرمی[۱]، مریم نوراللهی[۱]

۱- مرکز پژوهش‌های صنعتی و معدنی، خوشه صنعتی زیست‌فناور آرکا، مشهد، ایران.
۲- گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۳- گروه زیست‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

دریافت مقاله: ۱۲ مهر ۱۴۰۲، بازنگری: ۱۸ بهمن ۱۴۰۲، پذیرش نهایی: ۲۵ بهمن ۱۴۰۲

10.22034/nfvm. 2024. 416769. 1204

چکیده

امروزه به‌دلیل سوء مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها، پیدایش میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها تهدید جدی برای سلامت طیور تلقی می‌شود. از این رو کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها و استفاده از جایگزین‌های آنتی‌بیوتیک یکی از راهکارهای اصلی جهت مبارزه با مقاومت آنتی‌بیوتیکی به‌شمار می‌آید. در این میان، پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر به‌عنوان یکی از بهترین جایگزین‌های آنتی‌بیوتیک‌ها مطرح شده است. از مهم‌ترین پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر می‌توان به مخمر هیدرولیز شده، مخمر نیمه هیدرولیز شده، مخمر غیر فعال، دیواره سولی مخمر، عصاره مخمر و مخمر اتولیز شده اشاره کرد. پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر حاوی ترکیبات فراسودمندی نظیر ویتامین‌های گروه B، بتا کاروتن، ارگسترول، اسکوربیک اسید، پلی‌آمین‌ها، مایکوسین‌ها، آنزیم‌ها، بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدها هستند که بسته به روش تولید و فرآوری مقادیر این ترکیبات در محصول نهایی متفاوت خواهد بود. پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر در مقابل شرایط اسیدی و قلیایی دستگاه گوارش مقاوم بوده، و از طریق غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، بهبود سیستم ایمنی، تحریک رشد پروبیوتیک‌ها، کمک به استقرار فلور میکروبی مفید در دستگاه گوارش، تحریک تولید اسیدهای چرب فرار، کاهش اسیدیته روده، بهبود رشد و تمایز پرزهای روده، تحریک تولید آنزیم‌ها، افزایش تولید پپتیدهای ضد میکروبی راندمان تولید را در طیور بهبود می‌بخشند. پری‌بیوتیک‌ها همچنین تأثیر بسزایی در کاهش ضریب تبدیل و کاهش تلفات ایفا می‌کنند.

واژگان کلیدی: *مخمر اتولیز شده، مانان الیگوساکارید، بتاگلوکان، عصاره مخمر، دیواره مخمر*

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

مقدمه

امروزه پیدایش میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها تهدیدی جدی برای سلامت انسان است و عامل اصلی این مشکل سوء مصرف و استفاده بی‌رویه از آنتی‌بیوتیک‌ها است. بر اساس گزارش سازمان دامپزشکی مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت پرورش دام و طیور در ایران ۱۶ برابر استاندارد جهانی و معادل کل مصرف این اقلام دارویی در اروپاست است (۱). در سال ۲۰۱۴ سازمان بهداشت جهانی از مقاومت دارویی در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان یک "تهدید بزرگ جهانی" نام برد. این سازمان با بررسی آمار مربوط به ۱۱۴ کشور، از افزایش مقاومت دارویی در همه نقاط جهان من‌جمله ایران خبر داد (۲). این نهاد وابسته به سازمان ملل متحد، با انتشار گزارشی اعلام کرد جهان وارد دوره "پسا آنتی‌بیوتیک" شده است؛ دوره‌ای که عفونت‌های ساده‌ای که برای سالیان طولانی قابل درمان بودند، کشنده شده‌اند (۲). امروزه سوء مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها منجر به انتقال آنها به فرآورده‌هایی چون گوشت و تخم‌مرغ شده و از این طریق بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها به چرخه غذایی انسان راه پیدا نموده‌اند (۳).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که آنتی‌بیوتیک‌های پرمصرفی نظیر تتراسایکلین و سولفانامیدها که در پرورش طیور استفاده می‌شود از طریق فرآورده‌هایی نظیر گوشت و تخم‌مرغ وارد چرخه غذایی انسان شده و اثرات منفی بر باروری در انسان داشته و موجب اختلالات جنینی می‌گردد (۴). بسیاری از تحقیقات صورت گرفته در کشور بر وجود مقاومت آنتی‌بیوتیکی بالا در کشور اذعان نموده و بر کاهش سریع مصرف آنتی‌بیوتیک تأکید دارند (۵- ۷). با توجه به ارتباط این مهم با سلامت انسان، اهمیت تأمین غذا و همچنین امنیت غذایی که جایگاه مهمی در زندگی اجتماعی، اقتصادی و سیاسی کشورها دارد، برنامه‌های مهمی جهت کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها و استفاده از جایگزین‌های آنتی‌بیوتیکی در صنعت پرورش دام و طیور در دستور کار قرار گرفته است (۸-۱۰).

امروزه ظهور میکروارگانیسم‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت طیور، منجر به ضریب تبدیل غذایی بالا، تلفات زیاد دوره پرورش و در نتیجه بالا بودن هزینه تولید شده است. از طرفی بالا بودن قیمت تمام شده گوشت در کشور در مقایسه با کشورهای همسایه یکی از موانع اصلی در صادرات این محصولات به کشورهای همسایه می‌باشد. علاوه بر آن با توجه به اینکه حدود ۸۵ درصد از نهاده‌های مصرفی بخش خوراک طیور وارداتی است، با افزایش راندمان تولید عملاً مقادیر چشمگیری صرفه‌جویی ارزی برای کشور به دنبال خواهد داشت. برای حل مشکل راندمان پایین این صنعت رویکرد ارائه شده بهبود ضریب تبدیل غذایی، کاهش تلفات و در نهایت کاهش هزینه‌های تولید می‌باشد که همه این اهداف با استفاده از جایگزین‌های آنتی‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی طیور دست یافتنی خواهد بود (۸-۱۰).

پری‌بیوتیک‌ها یکی از جدیدترین و بهترین جایگزین‌های آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی شده‌اند. به‌طور کلی پری‌بیوتیک به ترکیباتی اطلاق می‌شود که در مقابل شرایط اسیدی و قلیایی دستگاه گوارش مقاوم بوده، به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا چسبیده و مانع از کلونیزه شدن آنها در دستگاه گوارش شده و همچنین به‌طور اختصاصی توسط میکروارگانیسم‌های مفید دستگاه گوارش قابل استفاده بوده و منجر به افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید روده می‌شوند. پری‌بیوتیک‌ها در دستگاه گوارش توسط میکروارگانیسم‌های مفید (پروبیوتیک‌ها) تخمیر شده و تولید اسیدهای چرب فرار را افزایش می‌دهند. در نتیجه تولید اسیدهای چرب فرار اسیدیته روده کاهش یافته و باکتری‌های بیماری‌زا توانایی تکثیر و کلونیزه شدن در روده را نخواهند داشت (۱۱). پری‌بیوتیک‌ها همچنین باعث افزایش سطح سیستم ایمنی، افزایش تولید پپتیدهای ضد میکروبی، بهبود رشد و تمایز پرزهای روده، تحریک تولید آنزیم‌ها و افزایش راندمان تولید در طیور می‌شود (۱۱-۱۴).

پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر: امروزه یکی از منابع

اصلی تولید پری‌بیوتیک‌ها مخمرها هستند. مخمرها جزء یوکاریوت‌ها بوده و در فلور میکروبی دستگاه گوارش موجودات، گیاهان، آب و مواد غذایی وجود دارند. امروزه در صنعت از پیکره مخمرهایی نظیر *Debaryomyces hansenii*، *Torulaspora delbrueckii*، *Kluyveromyces lactis*، *Yarrowia lipolytica*، *Kluyveromyces marxianus*، *Kluyveromyces lodderae* و *Saccharomyces cerevisiae* *Saccharomyces boulardii* پری‌بیوتیک تولید می‌شود. از مشتقات این پروسه می‌توان به مخمر هیدرولیز شده (hydrolyzed yeast)، مخمر نیمه هیدرولیز شده (partially hydrolyzed yeast)، مخمر غیر فعال (inactive yeast)، دیواره سولی مخمر (yeast cell wall)، عصاره مخمر (yeast extract) و مخمر اتولیز شده (autolyzed yeast) اشاره کرد که خواص پری‌بیوتیکی آنها به اثبات رسیده است (۱۲). متأسفانه امروزه محصولات تجاری از این نوع که در بازار ایران موجود است تماماً وارداتی هستند.

مخمرها جزء شاخه *Ascomycota* و کلاس *Saccharomycota* طبقه‌بندی می‌شوند. مخمرها جزء یوکاریوت‌ها بوده و در فلور میکروبی دستگاه گوارش موجودات، گیاهان، آب و مواد غذایی وجود دارند. در میان مخمرهایی که جزء شاخه *Ascomycota* طبقه‌بندی می‌شوند جنس ساکارومیسیس معروف‌ترین می‌باشد. ۲۰ گونه از این جنس در صنعت در تولید الکل، صنایع غذایی، پروتئین‌های تک‌سلولی، تولید ویتامین، تولید پروتئین‌های نوترکیب و کنترل بیولوژیک کاربرد دارند (۱۲). در بین این گونه‌ها ساکارومایسیس سرویزیه در صنایع غذایی و تولید الکل کاربرد زیادی دارد. علاوه بر آن مخمرهای دیگری نیز که خواص پروبیوتیکی دارند شامل *Torulaspora delbrueckii*، *Debaryomyces hansenii*، *Yarrowia lipolytica*، *Kluyveromyces lactis*، *Kluyveromyces marxianus*، *Kluyveromyces lodderae* نیز تاکنون در صنعت شناسایی شده و کاربردهای فراوانی دارند (۱۵). اولین نوع مخمر شناسایی شده که خواص پروبیوتیکی آن نشان داده شده است *Saccharomyces boulardii* می‌باشد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته ترکیبات موجود در درون سلول و دیواره سلولی مخمر به‌عنوان ترکیبات پری‌بیوتیکی محسوب می‌شوند. لذا مشتقات فراوانی از مخمرها نظیر مخمر هیدرولیز شده (hydrolyzed yeast)، مخمر نیمه هیدرولیز شده (partially hydrolyzed yeast)، مخمر غیر فعال (inactive yeast)، دیواره سولی مخمر (yeast cell wall)، عصاره مخمر (yeast extract) و مخمر اتولیز شده (autolyzed yeast) در صنعت تولید شده است که خواص پری‌بیوتیکی دارند (شکل ۱) (۱۲).

شکل ۱- تصویر مخمر زنده (سمت راست) و مخمر خشک اتولیز شده (سمت چپ)

تولید پری‌بیوتیک بر پایه مخمر: فرآیند هیدرولیز مخمر از طریق روش‌های مختلفی نظیر پلاسمولیز، هیدرولیز به‌وسیله اسید و آنزیم‌ها و اتولیز سلولی صورت می‌گیرد. استفاده از روش‌هایی نظیر هیدرولیز اسیدی به

خاطر هزینه تمام شده و میزان نمک بالا در محصول نهایی و ریسک تولید ترکیبات سرطان‌زا (monochloropropanol و dichloropropanol) در طی فرایند هیدرولیز محدود شده است. هیدرولیز به‌وسیله آنزیم‌ها یکی از بهترین روش‌هاست اما مخمر هیدرولیز شده در این روش برای مصارف انسانی توصیه می‌شود (۱۶). اتولیز سلولی توسط آنزیم‌های موجود در خود مخمر انجام می‌شود و پری‌بیوتیکی که بر پایه مخمر برای مصارف دام و طیور تولید می‌شود عموماً بر پایه اتولیز سلولی (autolyzed yeast) بوده چرا که این اقتصادی‌ترین روش تولید پری‌بیوتیک برای مصارف دام و طیور است (۱۶).

مخمرها اغلب با استفاده از منابع ارزان کربنی و ازته نظیر اوره و ملاس در حضور برخی از مواد معدنی و ویتامین‌ها تولید می‌شود. در انتهای تولید شروع فرآیند اتولیز سلولی توسط حرارت و شوک‌های اسمزی در مخمر آغاز می‌شود و آنزیم‌های داخلی شروع به هضم مخمر می‌نمایند (۱۲). فرآیند اتولیز سلولی به‌طور عمومی توسط مخلوط کردن و حرارت بین ۳۰ تا ۶۰ درجه برای ۱۲ تا ۲۴ ساعت صورت می‌گیرد. روند اتولیز و تخریب سلولی از طریق اضافه کردن نمک به محیط کشت افزایش می‌یابد. فرآیند خود هضمی منجر به هضم پروتئین، گلیکوژن، و شکسته شدن دیواره سلولی شده و ترکیباتی نظیر اسیدهای آمینه (گلایسین، سیستئین، گلوتامیک اسید)، پپتیدها، کربوهیدرات محلول، دیواره سلولی، اسیدهای نوکلوئیک، مواد معدنی و ویتامین‌های گروه B آزاد می‌شوند (۱۶، ۱۷). در طی اتولیز سلولی ۵۵ درصد از DNA و ۹۵ درصد از RNA نیز تجزیه می‌شوند.

ترکیبات فراسودمند همراه پری بیوتیک‌های بر پایه مخمر: به‌طور معمول ۵۰ تا ۶۹ درصد وزن خشک مخمر اتولیز شده را پروتئین خام تشکیل می‌دهد، ۱۵ تا ۳۰ درصد کربوهیدرات‌ها و ۳ تا ۱۰ درصد نیز از چربی‌ها تشکیل شده است. برخی از مخمرهای اتولیز شده بسته به نوع مخمر حاوی بتا کاروتن نیز می‌باشند که در بدن طیور تبدیل به ویتامین A می‌شود. ویتامین A نیز نقش مهمی در رشد و تمایز سلولی و تأمین سلامت طیور دارد (۱۸). از دیگر ترکیبات موجود در مخمر اتولیز شده می‌توان به ergosterol و L-ascorbic acid اشاره کرد. بیش از ۹۰ درصد استرول‌های موجود در مخمر *S. Cerevisiae* به ergosterol اختصاص دارد. این ترکیب در دیواره سلولی مخمر وجود داشته و در ساختار، انعطاف، نفوذپذیری دیواره سلولی مخمر نقش دارد. این ترکیب پیش‌ساز ویتامین D_2 است که در در جذب کلسیم نقش ایفا می‌کند (۱۹). از دیگر ترکیبات موجود در مخمر اتولیز شده می‌توان به ویتامین C اشاره کرد. این ترکیب باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها و تقویت سیستم ایمنی در طیور می‌شود.

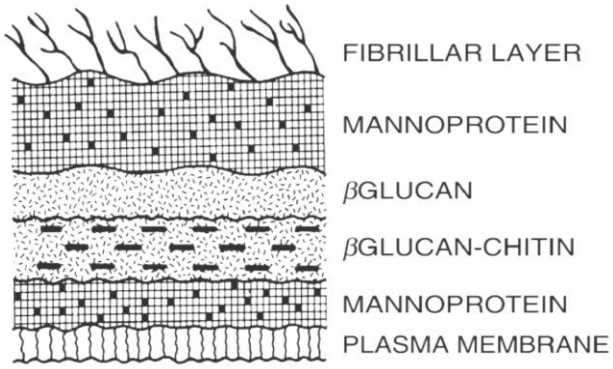
از دیگر ترکیبات مؤثره موجود در مخمر اتولیز شده پلی‌آمین‌ها (putrescine، spermidine و spermine) هستند که در رشد، تمایز و متابولیسم سلول‌ها نقش دارند. همانندسازی DNA، رونویسی و ترجمه نیز به وجود این پلی‌آمین‌ها نیازمند است. نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها توسط برخی مخمرها تولید می‌شود. این پلی‌آمین‌ها 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. در یکی از بررسی‌های اخیر افزایش راندمان رشد در ماهی‌هایی که با جیره حاوی مخمر *Debaryomyces hansenii* تغذیه شدند به تولید پلی‌آمین‌ها توسط این مخمر نسبت داده شده است (۲۰، ۲۱).

از دیگر ترکیباتی که در مخمر اتولیز شده بسته به نوع مخمر می‌توان یافت، مایکوسین‌ها است. مایکوسین‌ها ترکیبات گلیکوپروتئینی هستند که باعث تخریب دیواره سلولی باکتری‌های بیماری‌زا شده که رسپتور آن بر روی دیواره آن باکتری‌ها وجود داشته باشد. تولید مایکوسین‌ها در مخمرهای موجود در جنس *Saccharomyces*، *Kluyveromyces* و *Zygosac-charomyces* گزارش شده

است.

مخمر اتولیز شده همچنین حاوی آنزیم‌هایی نظیر پروتئازها، هیدرولازها و کربوکسی پپتدازها و آمینوپپتیدازها می‌باشد. نتایج بررسی‌های اخیر نشان داده که این آنزیم‌ها رسپتورهای روده‌ای Toxin A را در روده تجزیه نموده و این امر باعث عدم اتصال *Clostridium difficile* به دیوار روده می‌شود (۲۲). علاوه بر آن وجود آنزیم Invertase نیز که باعث تبدیل سوکروز به گلوکوز و فروکتوز شده و باعث شده تا میکروارگانیسم‌های موجود در دستگاه گوارش از این منبع کربنی به راحتی استفاده کنند (۲۳).

بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدهای موجود در پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر: بسیاری از خواص پروبیوتیکی مخمرها به بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدهای موجود در دیواره سلولی آنها نسبت داده شده است. دیواره سلولی در جنس ساکارومایسس از ترکیبات پلی‌ساکاریدی تشکیل شده که در ترکیب با پروتئین‌ها بوده و مانوپروتئین‌ها و بتاگلوکان‌های باند شده با کیتین را تشکیل می‌دهند (۲۴). به‌طور میانگین ۱۵ تا ۲۰ درصد وزن مخمر خشک اتولیز شده از دیواره سلولی مخمر تشکیل شده است و این دیواره سلولی حاوی ۲۰ تا ۵۰ درصد مانوپروتئین (مانان الیگوساکاراید + پروتئین‌ها) و ۳۰ تا ۶۰ درصد بتاگلوکان و ۱ تا ۶ درصد کیتین تشکیل شده است (شکل ۲) (۲۴).



شکل ۲- اجزای تشکیل‌دهنده دیواره سلولی مخمر (۳۷)

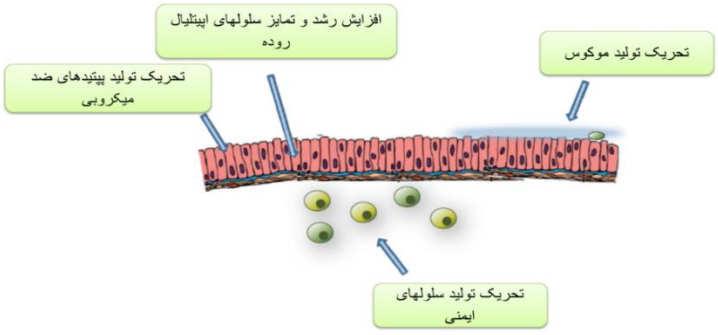
نقش بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدها در جذب و حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا: ساختار سه بعدی و میزان مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها در دیواره مخمر اثر معنی‌داری بر میزان جذب میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا دارد. از این رو پتانسیل باند شدن دیواره سلولی هر نوع مخمری با مخمر دیگر متفاوت خواهد بود. بتاگلوکان و مانان الیگوساکاریدها به‌طور خالص توانایی جذب و حذف میکروارگانیسم‌هایی نظیر ای‌کلای و سالمونلا را نداشته و در حقیقت با قرارگیری در ساختار دیواره مخمر و قرارگیری در شکل فضایی خاص، توانایی چسبیدن به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را دارا می‌شوند.

اولین مرحله شروع عفونت و ایجاد التهاب توسط میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در روده، اتصال میکروارگانیسم‌ها به موکوس دیواره روده و کلونیزه شدن آنهاست. این اتصال توسط carbohydrate-binding proteins یا Fimbriae موجود در دیواره میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا صورت می‌گیرد. این ضمائم روی سطح باکتری‌ها قرار داشته و باکتری‌ها توسط این ضمائم به دیواره سلولی اپیتلیال روده متصل می‌شوند. سطح دیواره میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا مانند ای‌کلای، سالمونلا و کلستریدیوم‌ها دارای ضمائم Type-I mannose-specific lectin-like fimbriae است. مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌های موجود در مخمر اتولیز

شده 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 (۲۵).

نتایج تحقیقاتی نشان می‌دهد که جوجه‌هایی که در محیط بدون حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا رشد داده شدند ۱۵ درصد رشد بیشتری نسبت به جوجه‌هایی داشتند که در شرایط عادی در حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا رشد داده شدند (۲۶). این امر به این دلیل است که میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نیاز به انرژی را در حیوان افزایش داده و راندمان استفاده از مواد غذایی را کاهش می‌دهند (۲۶). اتصال مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و ممانعت از کلونیزه شدن آنها در روده علاوه بر محافظت طیور از عوامل بیماری‌زا، منجر به صرفه‌جویی در انرژی میزبان شده به‌طوری که مصرف انرژی میزبان برای ترمیم و نگهداری از سلول‌های اپیتلیال روده در مقابل عوامل بیماری‌زا کاهش می‌یابد و این انرژی صرفه‌جویی شده برای رشد و تولید استفاده می‌شود (۱۲). همچنین نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که دیواره سلولی مخمرها بر اساس ترکیبات تشکیل دهنده به‌صورت اختصاصی علیه میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای مختلف عمل می‌کند، از این رو تولید مخمر اتولیز شده از ترکیبی از مخمرهای مختلف راندمان مهار و حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای مختلف را افزایش می‌دهد (۲۷).

مکانیزم عمل پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر در تقویت سیستم ایمنی و سلامت طیور: جمعیت میکروبی دستگاه گوارش طیور بین $۱۰^{۸}$ تا $۱۰^{۱۴}$ کلونی در هر گرم ماده غذایی موجود در روده می‌باشد. استقرار سریع فلور میکروبی مفید در دستگاه گوارش یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که تأمین‌کننده سلامت و زمینه‌ساز بروز حداکثر پتانسیل ژنتیکی در جوجه‌های گوشتی خواهد بود. نتایج گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که مخمر اتولیز شده بر روی استقرار سریع لاکتوباسیلوس‌ها در دستگاه گوارش طیور تأثیر بسزایی دارند. مخمر اتولیز شده با فراهم کردن مانان‌ها، بتاگلوکان‌ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها باعث تحریک و افزایش جمعیت پروبیوتیک‌ها و باکتری‌های تولیدکننده لاکتیک اسید در روده شده، سیستم ایمنی را تقویت کرده و مقاومت جوجه‌ها را در مقابل ابتلا به بیماری‌ها افزایش می‌دهد. دیواره سلولی مخمر که از مانان‌ها، گلوکان‌ها و کیتین تشکیل شده است باعث تجمع (co-aggregation)، چسبیدن (cohesion) باکتری‌های پروبیوتیک در دستگاه گوارش شده از این رو مقاومت و ماندگاری آنها را در مقابل تغییرات pH مایعات معده و روده افزایش می‌دهد (شکل ۳) (۲۸).



شکل ۳- اثرات مستقیم مخمر اتولیز شده شامل تحریک رشد و تمایز سلول‌های اپیتلیال روده، تحریک تولید ترکیبات ضد میکروبی، تحریک تولید موکوس و افزایش تولید سلول‌های ایمنی در سلول‌های اپیتلیال روده (۱۳).

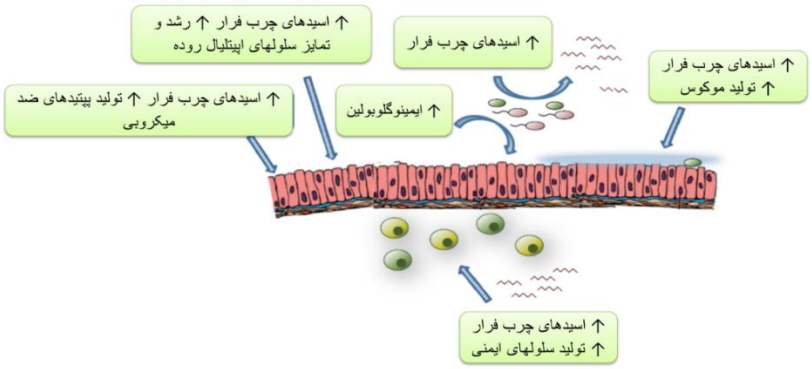
پری‌بیوتیک تولیدشده از مخمرهایی نظیر *S. cerevisiae* و *S. boulardii* با داشتن مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها علیه بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زا من‌جمله ای‌کولای، کلستردیوم‌ها، سالمونلاها خواص ضد میکروبی نشان داده‌اند (۲۸). سالمونلا (*Salmonella enterica*) یکی از عوامل اصلی اسهال، التهاب و نکروزیس در روده طیور است. استفاده از مخمر هیدرولیز شده *S. boulardii* حاوی مانوپروتئین‌ها علاوه بر کاهش جمعیت این باکتری بیماری‌زا باعث کاهش التهاب از طریق کاهش بیان ژن‌های التهابی نظیر TNF-alpha در سلول‌های روده می‌شود (۲۹). مخمرها با داشتن خواص ضد التهابی، واکنش‌های التهابی به وجود آمده در روده در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زایی نظیر ای‌کلای و لیپوپلی‌ساکاریدهای ناشی از دیواره این باکتری را نیز برطرف می‌کنند (۳۰). به‌طور کلی مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها با باندشدن به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و همچنین جدا نمودن میکروارگانیسم‌های کلونیزه شده از دیواره اپیتلیال روده نقش مؤثری در حذف باکتری‌های بیماری‌زا و کاهش اثرات التهابی باکتری‌هایی نظیر *Clostridium* Spp. ،*Salmonella* Spp. ،*Campylobacter* spp. و *Coliforms* دارند (جدول ۱) (۳۱).

جدول ۱- میزان چسبندگی دیواره سلولی مخمر به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای طیور

باکتری‌های بیماری‌زا	تعداد گونه‌ها	تعداد گونه‌هایی که Bio-Mos توانایی مهار آنها را دارد	درصد
E. coli	۱۴۳	۹۲	۶۴
Salmonella spp.	۴۶	۳۱	۶۷
S. enteritidis	۷	۶	۸۶
S. typhimurium	۱۰	۷	۷۰
Clostridium spp.	۵	۴	۸۰
Campylobacter	۷	۱	۱۴
Total	۲۵۸	۱۴۵	۵۶

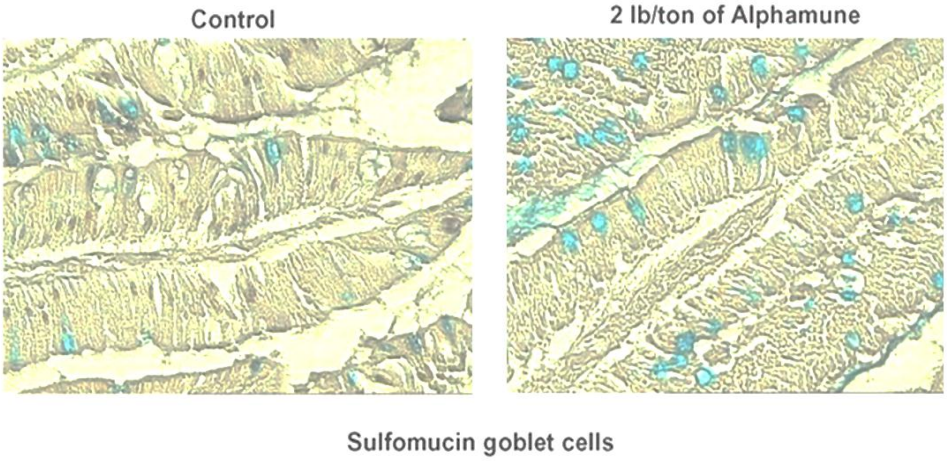
Bio-Mos: مخمر اتولیز شده غنی از دیواره سلولی مخمر *S. cerevisiae* است (۳۱)

مخمر اتولیز شده غنی از دیواره سلولی باعث تحریک ظهور ژن‌های درگیر در antiviral response و antimicrobial response در سلول‌های اپیتلیال روده شده که در نتیجه تولید پپتیدهای ضد میکروبی افزایش می‌یابد. وجود این پپتیدها با خاصیت ضد میکروبی از رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند (۳۲). مخمر اتولیز شده به‌طور غیر مستقیم نیز می‌تواند مانع از رشد و جایگزینی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در روده طیور شود. میکروارگانیسم‌های مفید (پروبیوتیک‌ها) نظیر لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکترها به‌طور طبیعی در فلور میکروبی دستگاه گوارش وجود دارند. استفاده از مخمر هیدرولیز شده جمعیت این میکروارگانیسم‌های مفید را افزایش داده و در نتیجه این میکروارگانیسم‌های مفید با رقابت برای مواد غذایی، رقابت برای کلونیزه شدن، تولید ترکیبات ضد میکروبی و تقویت سیستم ایمنی مانع از رشد و جایگزینی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در روده طیور می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴- اثرات غیر مستقیم مخمر اتولیز شده که باعث افزایش رشد پروبیوتیک‌ها و در نتیجه افزایش تولید اسیدهای چرب فرار می‌شود. افزایش تولید اسیدهای چرب فرار باعث افزایش رشد و تمایز سلول‌های اپیتلیال روده، افزایش تولید پپتیدهای ضد میکروبی، افزایش تولید ایمینوگلوبولین‌ها و سلول‌های ایمنی، و تحریک تولید موکوس می‌شود (۱۳).

مخمر اتولیز شده از *S. Cerevisiae* واریته *Carlsbergensis* با غلظت ۰/۲ درصد در جیره در جوجه‌های گوشتی در هفته اول باعث رشد و تمایز پرزهای روده شده که در نتیجه تولید آنزیم‌های لازم برای تجزیه مواد غذایی افزایش یافته است. این امر باعث بهبود راندمان رشد در جوجه‌های گوشتی شده است. ترکیبات موجود در مخمر اتولیز شده من‌جمله مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها علاوه بر تحریک رشد و تمایز در پرزهای روده، جمعیت سلول‌های گوبلت (goblet cell) را در ژژنوم تا ۴۰ درصد افزایش داده است. سلول‌های گوبلت در تولید موسین نقش داشته و مانع اصلی در کلونیزه شدن میکروارگانیسم‌های پاتوژن در روده می‌باشند (شکل ۵).



شکل ۵- اثر مخمر اتولیز شده تجاری Alphamune بر جمعیت سلول‌های گوبلت در ایلئوم جوجه گوشتی در هفت روزگی. سلول‌های گوبلت به رنگ آبی در تصویر نشان داده شده است و تصویر نشان می‌دهد که استفاده از مخمر اتولیز شده تعداد سلول‌های گوبلت را در واحد سطح در ایلئوم افزایش داده است (۳۳).

مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌های موجود در مخمر اتولیز شده باعث فعال شدن فاگوسیتوز در ماکروفاژها، افزایش جمعیت natural killer cells، لنفوسیت‌های B و T، و افزایش سیتوکین‌ها شده که همه این عوامل باعث افزایش سطح سیستم ایمنی در سلول‌های اپیتلیال روده می‌شود (۱۲). افزایش فعالیت این

سلول‌ها بر عملکرد لایه‌های دفاعی اپیتلیال روده تأثیر گذاشته و از این طریق لایه‌های دفاعی روده ترمیم شده و درمقابل عوامل بیماری‌زا ایمن می‌شود (۳۴). مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌های موجود در مخمر هیدرولیز شده با افزایش فعالیت سلول‌های طحال، هتروفیل‌ها، تحریک تولید پپتیدهای ضد میکروبی در بافت اپیتلیال روده و طحال، جوجه‌های گوشتی را در مقابل میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ایمن می‌کنند (۳۵). افزایش سطح سیستم ایمنی از طریق واکسیناسیون نیز یکی از استراتژی‌های مفید جهت مبارزه با بیماری‌ها است. بیماری‌هایی نظیر نیوکاسل و گامبرو بیماری‌های ویروسی هستند که در صورت بروز تلفات زیانباری به همراه دارند. آنتی‌بادی مادری موجود در خون جوجه‌ها برای هفته اول جوجه‌ها را در مقابل این بیماری‌ها ایمن می‌کند و واکسیناسیون علیه این بیماری‌ها تنها راه مبارزه است. در شرایط آلودگی بالا و استرس، سیستم ایمنی جوجه‌ها عملکرد خوبی نداشته و در نتیجه میزان پاسخ به واکسیناسیون و تولید آنتی‌بادی در خون مناسب نخواهد بود. بررسی‌های اخیر نشان داده که استفاده از مخمر اتولیز شده در جیره طیور باعث تحریک سیستم ایمنی شده و میزان پاسخ به واکسیناسیون و تولید آنتی‌بادی در بدن طیور به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (۳۶). توانایی تحریک سیستم ایمنی توسط الیگوساکاریدهای موجود در دیواره سلولی مخمرها به ساختار، شکل فضایی، شاخه‌ها، وزن مولکولی مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها بستگی دارد.

مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌های موجود در دیواره مخمر تمایل بالایی (affinity) در اتصال به مایکوتوکسین‌ها دارند (جدول ۲). این امر مانع از جذب مایکوتوکسین‌ها توسط سلول‌های روده می‌شود. علاوه بر آن این ترکیبات با افزایش سطح سیستم ایمنی، جوجه‌ها را در مقابل مایکوتوکسین مقاوم می‌نمایند (۳۷).

جدول ۲- نرخ جذب مایکوتوکسین‌ها توسط دیواره سلولی مخمر (٪)

مایکوتوکسین‌ها	نرخ جذب در pH=3	نرخ جذب در pH=6
افلاتوکسین	60	54
زرالنون	79	79
Deoxynivalenol	15	25

نرخ جذب انواع مایکوتوکسین‌ها در pHهای مختلف متفاوت می‌باشد (۳۷ و ۵۸).

نتایج استفاده از پری بیوتیک‌های بر پایه مخمر

در طیور: پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر به‌عنوان یک منبع پروتئینی تک‌سلولی با تحریک رشد باکتری‌های تولیدکننده اسید استیک سلامت دستگاه گوارش را در حیوانات تأمین می‌کنند. این نوع پری‌بیوتیک‌ها از طریق بهبود سیستم ایمنی، مهار سموم میکروبی، و مهار رشد میکروارگانیسم‌های پاتوژن عملکرد حیوانات را بهبود می‌دهند (۲۸). در یکی از بررسی‌ها استفاده از مخمر اتولیز شده *S. boulardii* به میزان یک کیلوگرم در تن جیره طیور آلوده به سالمونلا تا ۲۰ درصد از کلونیزاسیون سالونلا در دستگاه گوارش طیور کاسته است. در بررسی دیگری استفاده از مخمر اتولیز شده راندمان رشد، کیفیت گوشت، مورفولوژی روده را بهبود داده است (۲۸). ترکیبات موجود در مخمر اتولیز شده از طریق باند شدن با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای طیور و جلوگیری از چسبیدن آنها به اپیتلیوم روده، اتصال و حذف سموم میکروبی، جلوگیری از اختلالات دستگاه گوارش، تحریک سیستم ایمنی و خواص ضد التهابی توانسته‌اند راندمان تولید را در طیور گوشتی بهبود دهند (۲۴). مخمر اتولیز شده همچنین حاوی ویتامین‌های گروه B، فولیک اسید، آنتی‌اکسیدانت (گلوتاتیون)، مواد معدنی نظیر سلنیوم و کروم می‌باشد. مانان الیگوساکاریدها و بتاگلوکان موجود در دیواره سلولی سیستم ایمنی را فعال می‌کند، کلسترول را کاهش داده و مایکوتوکسین‌ها را جذب و مهار می‌کند.

دیواره سلولی مخمر با جذب عناصر سنگین، جذب و حذف مایکوتوکسین‌ها، کاهش کلسترول، خواص ضد سرطانی و آنتی‌اکسیدانی در رشد نمو حیوانات بسیار مؤثر هستند (۲۴). بر اساس گزارش‌های موجود استفاده از مخمر اتولیز شده می‌تواند شاخص‌های اقتصادی تولید نظیر ضریب تبدیل، بهبود عملکرد در واحد سطح، کاهش تلفات و در مجموع افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید را به دنبال داشته باشد (۳۸-۴۰). نتایج گزارش‌های موجود در استفاده از مخمر اتولیز شده در جیره جوجه‌های گوشتی در (جدول ۳) نشان داده شده است.

جدول ۳- اثر استفاده از مخمر اتولیز شده بر عملکرد، ضریب تبدیل و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک در جوجه‌های گوشتی

ردیف	کیلوگرم در تن جیره	خصوصیات	منبع
۱	۰/۱ تا ۲	نتیجه ۲۹ آزمایش، افزایش وزن ۱/۶۱ درصد و کاهش ضریب تبدیل و تلفات به‌ترتیب به میزان۱/۹۹ درصد و ۲۱/۴ درصد	(۴۱)
۲	۱	افزایش وزن، بهبود ضریب تبدیل، کاهش جمعیت سالمونلا و ای‌کلای از روده، افزایش جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها	(۴۲)
۳	۰/۴	بهبود ضریب تبدیل، کاهش چربی محوطه بطنی و افزایش قطر عضلات سینه	(۴۳)
۴	۱	افزایش وزن، بهبود ضریب تبدیل، بهبود سیستم ایمنی	(۳۶)
۵	۰/۷۵	بهبود یکنواختی در گله، افزایش راندمان تولید	(۴۴)
۶	۰/۲۵	افزایش سیستم ایمنی	(۴۵)
۷	۱	ضریب تبدیل، قابلیت هضم مواد غذایی	(۴۶)
۸	۱	افزایش سیستم ایمنی، کاهش جمعیت سالمونلا	(۴۷)
۹	۱	افزایش وزن	(۴۸)
۱۰	۰/۲	خواص ضد التهابی و افزایش سیستم ایمنی	(۴۹)
۱۱	۰/۲	بهبود عملکرد، خواص ضد التهابی	(۵۰)
۱۲	۱	بهبود سیستم ایمنی و افزایش سطح آنتی‌اکسیدانی	(۵۱)
۱۳	۰/۲	افزایش سیستم ایمنی، کاهش جمعیت *Clostridium perfringens*	(۵۲)
۱۴	۲	افزایش عملکرد، بهبود سیستم ایمنی، کاهش جمعیت *E. Coli*	(۵۳)
۱۵	۱	بهبود ضریب تبدیل، کاهش جمعیت *Campylobacter Coli*	(۵۴)
۱۶	۰/۵	بهبود ضریب تبدیل، بهبود کیفیت گوشت، بهبود رشد و تمایز پرزهای روده	(۳۹)
۱۷	۲/۵	بهبود ضریب تبدیل، بهبود عملکرد سیستم ایمنی	(۵۵)
۱۸	۱	بهبود ضریب تبدیل، افزایش عملکرد پرزهای روده و سلول‌های گوبلت	(۵۶)
۱۹	۱	کاهش جمعیت سالمونلا، افزایش راندمان رشد	(۵۷)
۲۰	۰/۵	بهبود سیستم ایمنی، کاهش جمعیت *E. Coli*	(۵۹)

نتیجه‌گیری

پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر یکی از بهترین جایگزین‌های آنتی‌بیوتیک‌ها در طیور به شمار می‌رود. از مهم‌ترین پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر می‌توان به مخمر هیدرولیز شده، مخمر نیمه هیدرولیز شده، مخمر غیر فعال، دیواره سولی مخمر، عصاره مخمر و مخمر اتولیز شده اشاره کرد. پری‌بیوتیک‌های بر پایه مخمر حاوی ترکیبات فراسودمندی نظیر ویتامین‌های گروه B، بتاکاروتن، ارگسترول، اسکوربیک اسید، پلی‌آمین‌ها، مایکوسین‌ها، آنزیم‌ها، بتاگلوکان‌ها و مانان الیگوساکاریدها هستند که بسته به روش تولید و فرآوری مقادیر این ترکیبات در محصول نهایی متفاوت خواهد بود. پری‌بیوتیک‌های از طریق غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، بهبود سیستم ایمنی، تحریک رشد پروبیوتیک‌ها، کمک به استقرار فلور میکروبی مفید در دستگاه گوارش، تحریک تولید اسیدهای چرب فرار، کاهش اسیدیته روده، بهبود رشد و تمایز پرزهای روده، تحریک تولید آنزیم‌ها، افزایش تولید پپتیدهای ضد

میکروبی راندمان تولید را در طیور بهبود می‌دهند. پری بیوتیک‌ها همچنین تأثیر بسزایی در کاهش ضریب تبدیل و کاهش تلفات ایفا می‌کنند.

References

1- Salamatnews. Antibiotics; An opportunity that has turned into a threat [Internet]. Salamatnews; http://www.salamatnews.com/news/174175, updated 2016 Jan 30; cited 2016 Jan. [In Persian]

2- Organization WH. Antimicrobial resistance global report on surveillance: 2014 summary. 2014.

3- Donoghue DJ. Antibiotic residues in poultry tissues and eggs: human health concerns? *Poult Sci*. 2003; 82(4): 618-21.

4- Capleton AC, Courage C, Rumsby P, Holmes P, Stutt E, Boxall AB, *et al.* Prioritising veterinary medicines according to their potential indirect human exposure and toxicity profile. *Toxicol Lett*. 2006; 163(3): 213-23.

5- Qavidel M, Rad M, Seifi H, Moradi Bidhandi S, Basami M. Serotyping, antibiogram typing and molecular typing of *Salmonella* isolated from chickens in Sistan and Baluchistan province. In 8th Congress of Veterinarians of Clinical Sciences of Iran 2013 Oct 23 [In Persian].

6- Khoshdozan Kh, Momeni A, Rozbehan B, Aali S, Damghanian N. Investigating antibiotic resistance in strains isolated from poultry carcasses in Semnan city. *Vet. l. r*. 2012; 4(1): 31-7 [In Persian].

7- Ghorbani Ranjbari A, Asmaryan, Ghorbani Ranjbari N. Isolation of Clostridium perfringens from some meat poultry in Fars province and drug resistance study. *Vet. l .r*. 2013; 5(1): 39-46 [In Persian].

8- Ismail Begi H. Antibiotic resistance in the livestock and poultry industry and strategies to combat it [Internet]. Biotechnology Development Headquarter; https://www.biotechmag.ir/index.php/post/single/150/bio, updated 2019April 29; cited 2019April [In Persian].

9- Seyed Mostafavi M. Challenges of Iran's poultry industry and solutions to deal with them [Internet]. Agri-naein; http://agri-naein.ir/LinkClick.aspx?link=morghdari.pdf&mid=17791, updated 2012 May 30; cited 2012May [In Persian].

10- Shariatmadari F, Mohiti Asli M. Feed Additives of Animal, Poultry and Aquatic. Tarbiat Modares Publication. 2008; 229-230. [In Persian]

11- Hajati H, Rezaei M. The application of prebiotics in poultry production. *Int. J. Poult Sci*. 2010; 9(3): 298-304. [In Persian]

12- 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. *F. Vet. Sci*. 2015; 2.

13- Venema K, do Carmo AP. Probiotics and Prebiotics: Current Research and Future Trends: Caister Academic Press. 2015.

14- Patterson J, Burkholder K. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poul. Sci*. 2003; 82(4): 627-31.

15- Kumura H, Tanoue Y, Tsukahara M, Tanaka T, Shimazaki K. Screening of dairy yeast strains for probiotic applications. *J. Dairy Sci*. 2004; 87(12): 4050-6.

16- Cui C, Qian Y, Sun W, Zhao H. Effects of high solid concentrations on the efficacy of enzymatic hydrolysis of yeast cells and the taste characteristics of the resulting hydrolysates. *Int. J. Food Sci. Technol*. 2016; 51(5): 1298-304.

17- Ferreira I, Pinho O, Vieira E, Tavarela J. Brewer's Saccharomyces yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends Food Sci. Technol*. 2010; 21(2): 77-84.

18- Mata-Gómez LC, Montañez JC, Méndez-Zavala A, Aguilar CN. Biotechnological production of carotenoids by yeasts: an overview. *Microb. Cell Fact*. 2014; 13(1): 1.

19- Parks LW, Casey WM. Physiological implications of sterol biosynthesis in yeast. *Annual Reviews in Microbiology*. 1995; 49(1): 95-116.

20- Tovar D, Zambonino J, Cahu C, Gatesoupe F, Vázquez-Juárez R, Lésel R. Effect of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass (Dicentrarchus labrax) larvae. *Aquaculture*. 2002; 204(1): 113-123.

21- Reyes-Becerril M, Esteban MÁ, Tovar-Ramírez D, Ascencio-Valle F. Polyamine determination in different strains of the yeast Debaryomyces hansenii by high pressure liquid chromatography. Food Chemistry. 2011;127(4):1862-5.

22- 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. GASTROENTEROLOGY-BALTIMORE THEN PHILADELPHIA. 1993; 104: 1108.

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

24- 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): 489-99.

25- 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): 550-9.

26- Dibner J, Richards J. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poult. Sci*. 2005; 84(4): 634-43.

27- Ganner A, Stoiber C, Wieder D, Schatzmayr G. Quantitative in vitro assay to evaluate the capability of yeast cell wall fractions from Trichosporon mycotoxinivorans to selectively bind gram negative pathogens. *J. Microbiol. Methods*. 2010; 83(2): 168-74.

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

29- Badia R, Brufau MT, Guerrero-Zamora AM, Lizardo R, Dobrescu I, Martin-Venegas R, *et al.* β-Galactomannan and Saccharomyces cerevisiae var. boulardii modulate the immune response against Salmonella enterica serovar Typhimurium in porcine intestinal epithelial and dendritic cells. *Clin. Vaccine Immunol*. 2012; 19(3): 368-76.

30- Huff G, Huff W, Rath N, Tellez G. Limited treatment with β-1, 3/1, 6-glucan improves production values of broiler chickens challenged with Escherichia coli. *Poult. Sci*. 2006; 85(4): 613-8.

31- Peuranen S, Kocher A ,Dawson K. Yeast cell wall preparations prevent the attachment of enteropathogenic Escherichia coli on broiler gut mucus. *Reprod Nutr Dev*. 2006; 46: S111.

32- Brennan K, Graugnard D, Xiao R, Spry M, Pierce J, Lumpkins B, *et al.* Comparison of gene expression profiles of the jejunum of broilers supplemented with a yeast cell wall-derived mannan oligosaccharide versus bacitractin methylene disalicylate. *Br. Poult Sci*. 2013; 54(2): 238-46.

33- de los Santos FS, Donoghue AM, Farnell MB, Huff GR, Huff WE ,Donoghue DJ. Gastrointestinal Maturation is Accelerated in Turkey Poults Supplemented with a Mannan-Oligosaccharide Yeast Extract (Alphamune). *Poult Sci*. 2007; 86(5): 921-30.

34- Altmeyer S, Kröger S, Vahjen W, Zentek J, Scharek-Tedin L. Impact of a probiotic Bacillus cereus strain on the jejunal epithelial barrier and on the NKG2D expressing immune cells during the weaning phase of piglets. *Vet. immunol. immunopathol*. 2014; 161(1): 57-65.

35- Shao Y, Wang Z, Tian X, Guo Y, Zhang H. Yeast β-d-glucans induced antimicrobial peptide expressions against *Salmonella* infection in broiler chickens. *Int. J. Biol. Macromol*. 2016; 85: 573-84.

36- Ghosh T, Haldar S, Bedford M, Muthusami N, Samanta I. Assessment of yeast cell wall as replacements for antibiotic growth promoters in broiler diets: effects on performance, intestinal histo-morphology and humoral immune responses. *J. anim. physiol. anim. nutr*. 2012; 96(2): 275-84.

37- Kogan G, Kocher A. Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection. *Livest. Sci*. 2007; 109(1): 161-5.

38- Stanley V, Winsman M, Dunkley C, Ogunleye T, Daley M, Krueger W, *et al.* The impact of yeast culture residue on the suppression of dietary aflatoxin on the performance of broiler breeder hens. *Appl. Poult Res*. 2004; 13(4): 533-9.

39- Zhang A, Lee B, Lee S, Lee K, An G, Song K, *et al.* Effects of yeast (Saccharomyces cerevisiae) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poult. Sci*. 2005; 84(7): 1015-21.

40- Gao J, Zhang H, Wu S, Yu S, Yoon I, Moore D, *et al.* Effect of Saccharomyces cerevisiae fermentation product on immune functions of broilers challenged with Eimeria tenella. *Poult Sci*. 2009; 88(10): 2141-51.

41- Muthusamy N, Haldar S, Ghosh T, Bedford M. Effects of hydrolysed Saccharomyces cerevisiae yeast and yeast cell wall components on

live performance, intestinal histo-morphology and humoral immune response of broilers. *Br. poult Sci*. 2011; 52(6): 694-703.

42- Hooge DM. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. *Int J. Poult Sci*. 2004; 3(3): 163-74.

43- Sánchez-Mendoza B, Montelongo-Terriquez A, Plascencia A, Torrentera N, Ware R, Zinn R. Influence of feeding chromium-enriched enzymatically hydrolyzed yeast on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in feedlot cattle under conditions of high ambient temperature. *Appl. Anim. Res*. 2015; 43(4): 390-5.

44- Fasina Y, Olowo Y. Effect of a commercial yeast-based product (Maxigen®) on intestinal villi morphology and growth performance of broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci*. 2013; 12(1); 9-14.

45- Alizadeh M, Rodriguez-Lecompte J, Yitbarek A, Sharif S, Crow G, Slominski B. Effect of yeast-derived products on systemic innate immune response of broiler chickens following a lipopolysaccharide challenge. *Poult. Sci*. 2016: pew154.

46- Gómez S, Angeles ML, Mojica MC, Jalukar S. Combination of an Enzymatically Hydrolyzed Yeast and Yeast Culture with a Direct-fed Microbial in the Feeds of Broiler Chickens. *Asian Australas J. Anim. Sci*. 2012; 25(5): 665-73.

47- Lourenço M, Kuritza L, Hayashi R, Miglino L, Durau J, Pickler L, *et al.* Effect of a mannanoligosaccharide-supplemented diet on intestinal mucosa T lymphocyte populations in chickens challenged with Salmonella Enteritidis. *JAPRFS*. 2015; 24(1): 15-22.

48- Benites V, Gilharry R, Gernat A, Murillo J. Effect of dietary mannan oligosaccharide from Bio-Mos or SAF-Mannan on live performance of broiler chickens. *JAPRFS*. 2008; 17(4): 471-5.

49- Shanmugasundaram R, Selvaraj R. Effect of killed whole yeast cell prebiotic supplementation on broiler performance and intestinal immune cell parameters. *Poult. Sci*. 2012; 91(1): 107-11.

50- Shanmugasundaram R, Sifri M, Selvaraj RK. Effect of yeast cell product (CitriStim) supplementation on broiler performance and intestinal immune cell parameters during an experimental coccidial infection. *Poult. Sci*. 2013; 92(2): 358-63.

51- Li X, Chen Y, Cheng Y, Yang W, Wen C, Zhou Y. Effect of yeast cell wall powder with different particle sizes on the growth performance, serum metabolites, immunity and oxidative status of broilers. *AFSTDH*. 2016; 212: 81-9.

52- Alizadeh M, Rogiewicz A, McMillan E, Rodriguez-Lecompte J, Patterson R, Slominski B. Effect of yeast-derived products and distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance and local innate immune response of broiler chickens challenged with Clostridium perfringens. Avian Pathology. 2016(just-accepted): 1-38.

53- Yalçın S, Eser H, Cengiz S, Eltan Ö. Effects of dietary yeast autolysate (Saccharomyces cerevisiae) on performance, carcass and gut characteristics, blood profile, and antibody production to sheep red blood cells in broilers. *JAPR*. 2013; 22(1): 55-61.

54- Hofacre C, Mathis G, McIntyre D, Broomhead J. Effects of Original XPC on Cecal Colonization by Campylobacter coli in Broiler Chickens: Preliminary Report.

55- Gao J, Zhang H, Yu S, Wu S, Yoon I, Quigley J, *et al.* Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poult. Sci*. 2008; 87(7): 1377-84.

56- Reisinger N, Ganner A, Masching S, Schatzmayr G, Applegate TJ. Efficacy of a yeast derivative on broiler performance, intestinal morphology and blood profile. *Livest. Sci*. 2012; 143(2-3): 195.

57- Mountzouris K, Dalaka E, Palamidi I, Paraskeuas V, Demey V, Theodoropoulos G, *et al.* Evaluation of yeast dietary supplementation in broilers challenged or not with Salmonella on growth performance, cecal microbiota composition and Salmonella in ceca, cloacae and carcass skin. *Poult. Sci*. 2015; 94(10): 2445-55.

58- Xu R, Yiannikouris A, Shandilya UK, Karrow NA. Comparative Assessment of Different Yeast Cell Wall-Based Mycotoxin Adsorbents Using a Model-and Bioassay-Based In Vitro Approach. *Toxins*. 2023; 15(2): 104.

59- Morales-Lopez R, Brufau J. Immune-modulatory effects of dietary Saccharomyces cerevisiae cell wall in broiler chickens inoculated with Escherichia coli lipopolysaccharide. *Br. poult. Sci*. 2013; 54(2): 247-51.

New Findings in Veterinary Medicine
Homepage: nfvm.uoz.ac.ir
Semiannual - Print ISSN: 2645-4491 Online ISSN: 2676-5004

Volume 7, Issue 1, Spring & Summer 2024, pages: 32-45

A review on yeast-based prebiotics, characteristics, bioactive compounds, and their mechanism of action on growth and health parameters in poultry

Ehsan Oskoueian[1]*, Reza Noura[2], Mehdi Salari pour[1], Ehsan Karimi[3], Mohammad Faseleh Jahormi[1], Parisa Shokryazdan[1], Mojtaba Moin Jahormi[1], Maryam Noorollahi[1]

1- Arka Industrial and Mineral Research Center, Mashhad, Iran.
2- Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran.
3- Department of Biology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

Receive: October 4, 2023; Revise: February 7, 2024; Accept: February 14, 2024

10.22034/nfvm.2024. 416769. 1204

Summary

Nowadays, due to the high application of antibiotics, the emergence of pathogenic microorganisms resistant to antibiotics is considered a serious threat to poultry production industry. Therefore, reducing the use of antibiotics and using antibiotic alternatives is one of the main strategies to fight antibiotic resistance. Meanwhile, yeast-based prebiotics have been proposed as one of the best alternatives to antibiotics. The most important yeast-based prebiotics include hydrolyzed yeast, partially-hydrolyzed yeast, inactive yeast, yeast cell wall, yeast extract and autolyzed yeast. Yeast-based prebiotics contain functional compounds in various concentrations such as B vitamins, beta-carotene, ergosterol, ascorbic acid, polyamines, mycosins, enzymes, beta-glucans and mannan oligosaccharides, depending on the production and processing method. Yeast-based prebiotics are resistant to the acidic and alkaline conditions of the digestive system, and by inactivating pathogenic microorganisms, improving the immune system, stimulating the growth of probiotics, helping to establish beneficial microbial flora in the digestive system, and stimulating the production of volatile fatty acids, reducing intestinal acidity, improving the growth and differentiation of intestinal villi, stimulating the production of enzymes, increasing the production of antimicrobial peptides improve the production efficiency in poultry. Prebiotics also play a significant role in reducing the feed conversion ratio and mortality in poultry production industry.

Keywords: *autolyzed yeast, mannan oligosaccharide, beta-glucan, yeast extract, yeast wall*