



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of different levels of yeast cell wall on performance and cecal microbial population of Japanese quail

Y. Saeedi¹, S. Salari^{1*}

1. Animal Science Department, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

(Received: 31-07-2025 – Revised: 08-10-2025 – Accepted: 08-10-2025 – Available online: 14-11-2025)

Abstract

Introduction: Poultry nutrition constitutes approximately 60 to 70 percent of poultry farming expenses. Consequently, it is crucial to develop cost-effective poultry production using scientific nutritional principles. Yeast and its derivatives are recommended additives in poultry diets to enhance performance. Yeast cell walls, making up 25 percent of the yeast cell's dry weight, not only serve a protective function but also participate in metabolic processes. These cell walls contain mannoproteins, beta-glucan, mannan oligosaccharide, chitin, and N-acetylglucosamine. Notably, beta-glucan, with its helical structure, can absorb mycotoxins, thereby playing a significant role in improving livestock and poultry health by detoxifying their feed. Mannan oligosaccharide has been shown to prevent pathogen colonization in the digestive tract. As prebiotics, oligosaccharides promote the growth of beneficial anaerobic bacteria in the gut, indirectly reducing pathogen populations and enhancing intestinal health. This study aimed to examine the impact of varying levels of yeast cell wall on the performance and blood parameters of Japanese quails.

Materials and methods: In this experiment, 360 one-day-old Japanese quails were studied using four levels of yeast cell wall supplementation (0, 0.5, 1, and 1.5 g/kg). The study followed a completely randomized design with 4 treatments and 6 replications each. Throughout the experiment, performance traits such as feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio were assessed. At the conclusion of the study, intestinal samples were collected to analyze tissue structure, while cecal contents were sampled to evaluate the microbial population. Blood samples were drawn from the jugular vein, and the serum was stored at -20°C for later analysis of blood parameters, including triglycerides, cholesterol, glucose, HDL, and LDL, as well as serum liver enzymes (AST, ALT, and ALP). These measurements were conducted using Pars Azmoon commercial kits and a Mindray autoanalyzer.

Results and discussion: The experiment results indicated that yeast cell wall consumption increased feed intake and enhanced weight gain in birds aged 22 to 35 days and throughout the entire rearing period ($P<0.05$). Additionally, it lowered the feed conversion ratio during this age range ($P<0.05$). The yeast cell wall consumption led to an increase in lactobacilli populations and a decrease in *Escherichia coli* populations in the cecum ($P<0.05$). Carcass components, such as digestive tract weight, breast and thigh weight, forestomach, gizzard, liver, small intestine length (duodenum, jejunum, ileum), cecum length, blood parameters (triglycerides, cholesterol, glucose, HDL, and LDL), and serum liver enzymes (Alanine Aminotransferase, Alkaline Phosphatase, and Aspartate Aminotransferase) remained unaffected by the treatments ($P>0.05$). Among the duodenum and jejunum histological characteristics, villus height and the villus height to crypt depth ratio increased with yeast cell wall consumption ($P<0.05$). The benefits of yeast cell walls are largely attributed to the active immune function due to beta-glucan and mannan oligosaccharides in yeast products. Incorporating yeast products in poultry diets has been

* Corresponding author: s.salari@asnrukh.ac.ir



shown to boost immunity, balance microbial populations, and promote gastrointestinal health and development. These additives enhance nutrient digestion and absorption, thereby improving growth and overall bird performance. Mannan oligosaccharides in the yeast cell wall effectively bind pathogenic bacteria, exhibiting prebiotic properties. Balancing pathogenic and beneficial bacteria enhances villus length and reduces crypt depth, serving as biomarkers for improved intestinal morphology. Improved intestinal morphology boosts digestive enzyme activity, enhancing digestion. Longer villi signify a more mature epithelium with increased absorptive function due to a larger absorptive area. The development of intestinal morphology reflects the health status of the animal's digestive tract. Greater villus height increases enzyme activity at the villi ends, resulting in improved digestibility.

Conclusions: The study results indicated that administering 1 to 1.5 g/kg of yeast cell wall enhanced the microbial population in the cecum and improved the histological features of the duodenum, although it did not affect the birds' overall performance.

Keywords: Intestinal histology, Japanese quail, Prebiotic, Yeast cell wall

Ethics statement: This study was conducted with the full consideration of animal welfare, and the approval of this study was granted by the Ethics Committee of the Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

Data availability statement: The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

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

Funding: The authors received funding for this project from the Honorable Vice Chancellor for Research at Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, as well as from Kavoshgar Sepehr Javan Company.

Acknowledgment: The authors would like to thank the Honorable Vice Chancellor for Research of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan for their financial support, and the Kavoshgar Sepehr Javan Company for providing yeast cell walls and financial support for the project.

How to cite this article:

Saeedi, Y., & Salari, S. (2026). Effect of different levels of yeast cell wall on performance and cecal microbial population of Japanese quail. *Animal Production Research*, 15(2), 77-87. doi: 10.22124/ar.2025.31308.1913



اثر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر عملکرد و جمعیت میکروبی سکوم بلدرچین ژاپنی

یوسف سعیدی^۱، سمیه سالاری^{*}

۱- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶ - تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۸/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر صفات عملکردی و فراسنجه‌های خونی بلدرچین ژاپنی، آزمایشی با استفاده از چهار سطح دیواره سلولی مخمر (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم) و با ۳۶۰ قطعه بلدرچین ژاپنی یک‌روزه در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل چهار تیمار و شش تکرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد مصرف دیواره سلولی مخمر سبب افزایش مصرف خوراک و بهبود وزن‌گیری پرندگان در سن ۲۲ تا ۳۵ روزگی و کل دوره پرورش و همچنین، باعث کاهش ضریب تبدیل خوراک در ۲۲ تا ۳۵ روزگی شد ($P < 0.05$). جمعیت *لاکتوباسیل* ها در سکوم تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر افزایش و جمعیت *شریشیاکلی* کاهش یافت ($P < 0.05$). ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت دئودنوم و ژژنوم تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر افزایش یافت ($P < 0.05$). نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از سطوح ۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر باعث بهبود جمعیت میکروبی سکوم، خصوصیات بافت‌شناسی دئودنوم، افزایش مصرف خوراک و وزن‌گیری پرندگان در کل دوره پرورش شد.

واژه‌های کلیدی: بافت‌شناسی روده، بلدرچین ژاپنی، پری‌بیوتیک، دیواره سلولی مخمر

* نویسنده مسئول: s.salari@asnrukh.ac.ir

مقدمه

تغذیه طیور حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از هزینه‌های پرورش طیور را دربر می‌گیرد. بنابراین باید تلاش کرد تا با کمک گرفتن از اصول علمی تغذیه، تولید اقتصادی طیور توسعه یابد. مخمر، یکی از افزودنی‌های پیشنهادی برای استفاده در جیره طیور، به‌منظور بهبود عملکرد است. مخمر زیر مجموعه میکروارگانیسم‌های یوکاریوتی و از اعضای خانواده قارچ‌ها است، به‌طوری که مخمر، خواص پروبیوتیک و دیواره سلولی آن، نقش پری‌بیوتیکی دارد. در مجموع، مخمرها به دلیل فراهم‌سازی عوامل رشد و ویتامین‌ها در رده پست‌بیوتیک و یا پری‌بیوتیک طبقه‌بندی می‌شوند (Palmer, 2018). دیواره سلولی مخمر، ۲۵ درصد وزن خشک سلول مخمر را تشکیل می‌دهد و علاوه بر نقش محافظتی از سلول، در فرآیندهای متابولیکی نیز دخالت دارد. ترکیبات دیواره سلولی مخمر شامل مانو پروتئین‌ها، بتاگلوکان، مانان الیگوساکارید، کیتین و ان-استیل گلوکزآمین هستند (Shurson, 2018). الیگوساکاریدهای مانان و بتاگلوکان، بیشترین درصد ترکیبات دیواره سلولی مخمر را به خود اختصاص می‌دهند. لایه داخلی دیواره سلولی مخمر از بتا گلوکان تشکیل شده است. زیر واحدهای گلوکز در بتاگلوکان با پیوندهای گلیکوزیدی به‌صورت شاخه‌های اصلی بتا (۱و۶) و شاخه‌های فرعی بتا (۱و۳) و (۱و۴) به یکدیگر متصل می‌شوند. پیوندهای هیدروژنی بین شاخه‌های بتا، عامل اصلی ساختار مارپیچی بتاگلوکان هستند (Liu et al., 2021). بتاگلوکان با ساختار مارپیچی خود توانایی جذب مایکوتوکسین‌ها را دارد. دیواره سلولی مخمر با جذب سموم موجود در خوراک دام و طیور، نقش مهمی در بهبود سلامت آن‌ها ایفا می‌کند (Morales-Lopez et al., 2009). الیگوساکاریدهای دیواره سلولی مخمر با عملکرد پری‌بیوتیکی و آثار ضد میکروبی به‌عنوان محرک رشد در تعدیل سیستم ایمنی نقش دارند (Santovito et al., 2021). مانان الیگوساکاریدها مهمترین جزء دیواره سلولی در تشکیل باند و ممانعت از دسترسی عوامل بیماری‌زا به دستگاه گوارش هستند (Wang et al., 2016). نقش مانان الیگوساکارید در ممانعت از تشکیل کلونی عوامل بیماری‌زا در دستگاه گوارش به اثبات رسیده است. الیگوساکاریدها با نقش پری‌بیوتیکی خود، رشد باکتری‌های مفید بی‌هوازی دستگاه گوارش را تحریک

می‌کنند و به‌طور غیرمستقیم بر جمعیت عوامل بیماری‌زا و بهبود ریخت‌شناسی روده تاثیر می‌گذارند (Saeed et al., 2017). امروزه به‌دلیل فعالیت‌های زیستی مؤثر اجزای دیواره سلولی مخمر در سلامت و رفاه دام و طیور، تقاضا برای محصولات بر پایه دیواره سلولی مخمر بیشتر شده است. البته ترکیب و ساختار دیواره سلول مخمر به هدف تولیدکننده سلول مخمر و فرآیندهای مختلف تولید در یک کارخانه، وابسته خواهد بود. دلیل اصلی این امر، تنوع زیاد در ترکیب و ساختار دیواره سلولی مخمر است که به نوع مخمر و فرآیند تولید آن بستگی دارد. بنابراین، انتخاب و طراحی سویه‌ها و فرآیندهای تولید (رشد) مخمر و استخراج اجزای دیواره سلولی باید به‌صورت هدفمند انجام شود تا محصولاتی با خواص محرک رشد، تعدیل‌کننده سیستم ایمنی و جاذب مایکوتوکسین تولید شوند. پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از مخمر اتولیز شده و زنده در تغذیه طیور وجود دارد (Abdali et al., 2023; Kordpour et al., 2024)، اما پژوهشی در زمینه سطوح افزایشی دیواره سلولی مخمر در تغذیه بلدرچین ژاپنی بافت نشد. با توجه به این مطالب، در این مطالعه، تاثیر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر عملکرد و جمعیت میکروبی سکوم بلدرچین ژاپنی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با استفاده از ۳۶۰ قطعه بلدرچین ژاپنی یک-روزه به‌مدت ۳۵ روز در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و شش تکرار و تعداد ۱۵ قطعه پرنده در هر تکرار انجام شد. جیره پایه مورد استفاده بر اساس نیازهای بلدرچین ژاپنی (NRC, 1994) تنظیم شد. آب و خوراک به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. تیمارها شامل: (۱) جیره پایه، (۲) جیره پایه + ۰/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر (سطح توصیه شده شرکت)، (۳) جیره پایه + ۱ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر و (۴) جیره پایه + ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر بودند. افزودنی مورد استفاده در این پژوهش، فرآورده‌ای کاملاً طبیعی و سبز بود که برای کمک به رشد و ایمنی بیشتر طیور، تولید شده است. از طرفی، این محصول حاوی ۱۵ درصد مانان و ۲۰ درصد بتاگلوکان، اسیدهای آمینه ضروری برای رشد، ویتامین‌های گروه B، محرک‌های رشد از جمله پپتیدها و

نوکلوتیدها بود که به وسیله شرکت کاوشگر سپهر جوان تولید شده است. افزودنی مورد اشاره به صورت سرک به جیره پایه اضافه شد. جیره پایه آزمایشی در طول پرورش ثابت بوده و تجزیه آن مطابق جدول ۱ بود. ابتدا، جیره پایه تهیه شد و سپس، دیواره سلولی مخمر در سطوح مختلف به آن افزوده شد.

دما و رطوبت نسبی در زمان ورود جوجه‌ها به سالن، به ترتیب ۳۸ درجه سلسیوس و ۵۵ تا ۶۰ درصد بود و متناسب با سن جوجه‌ها در طول دوره کاهش می‌یافت. در هفته اول طرح از چراغ‌های مادون قرمز استفاده شد. پرورش در شرایط نوری با روشنایی ۲۴ ساعته انجام شد. به دلیل حساس بودن بلدرچین‌ها و تلفات در روزهای اول، تمامی بلدرچین‌ها در فضای کاملاً کنترل شده‌ای در وسط سالن به مدت سه روز پرورش داده شدند و سپس از روز چهارم، تیمار بندی انجام شد. مصرف خوراک و اضافه وزن پرندگان در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری شده و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد. در روز پایانی پرورش (روز ۳۵) از هر واحد آزمایشی، دو قطعه پرنده (یک قطعه نر و یک قطعه ماده) نزدیک به میانگین هر پن، توزین و کشتار شد. بعد از کشتار، وزن دستگاه گوارش، وزن سینه، ران‌ها، پیش‌معه، سنگدان و کبد اندازه‌گیری شده و داده‌های این اجزا به صورت درصدی از وزن زنده گزارش شد. طول قسمت‌های مختلف روده کوچک (دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم) و طول سکوم اندازه‌گیری شد و نمونه‌برداری از محتویات سکوم برای بررسی جمعیت میکروبی نیز انجام گرفت. همچنین، خون‌گیری از رگ گردن انجام شد. نمونه‌های سرم خون به آزمایشگاه منتقل شدند و تا زمان اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی (تری گلیسرید، کلسترول، گلوکز، HDL و LDL) و آنزیم‌های کبدی سرم (AST، ALT و ALP) در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. سپس، فراسنجه‌های خونی با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوانالایزر مدل Mindary اندازه‌گیری شدند.

در روز پایانی پرورش (روز ۳۵)، یک قطعه پرنده نر از هر تکرار انتخاب شده و حفره شکمی در شرایط استریل باز شد تا جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل، /شریشیا کلی و کلی‌فرم‌ها در سکوم مورد بررسی قرار گیرند. جهت کشت و شمارش باکتری‌ها از محیط‌های کشت اختصاصی استفاده شد. از محیط کشت اختصاصی روگاسا آگار برای کشت لاکتوباسیل‌ها، از محیط کشت مک‌کانکی آگار برای کشت

باکتری‌های کلی‌فرم و برای کشت /شریشیا کلی نیز از محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار استفاده شد. برای مطالعه تغییرات ریخت‌شناسی بخش‌های مختلف روده کوچک، در روز پایانی آزمایش، حدود ۵ سانتی‌متر از قسمت میانی دوازدهه و ژژنوم یک پرنده از هر تکرار جدا شده و نمونه بافتی به محلول فرمالین ۱۰ درصد انتقال یافت. برای آماده‌سازی نمونه‌های بافتی، سه مرحله شامل آب‌گیری، شفاف‌سازی و پارافینه شدن انجام شد. رنگ‌آمیزی بافت‌ها با کمک هماتوکسیلین و ائوزین (H&E) انجام شد و از میکروسکوپ نوری مجهز به عدسی Digital Dino-Lite و نرم‌افزار Dino capture software II استفاده شد. فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری شامل: ارتفاع و عرض پرزها، عمق کریپت، نسبت ارتفاع پرزها به عمق کریپت‌ها، ضخامت اپیتلیوم، ضخامت عضله و شمارش سلول‌های گابلت بودند. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (2004) و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد رشد: مصرف خوراک بلدرچین‌های ژاپنی در سن ۴ تا ۲۱ روزگی مطابق جدول ۲ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. در سن ۲۲ تا ۳۵ روزگی و در کل دوره پرورش، مصرف خوراک سطوح ۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر، در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار ۰/۵ گرم در کیلوگرم، افزایش یافت ($P < 0.05$). تأثیر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر وزن‌گیری بلدرچین‌های ژاپنی در جدول ۲ نشان داده شده است. اختلاف وزن‌گیری بلدرچین‌های ژاپنی در ۴ تا ۲۱ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، معنی‌دار نبود. وزن‌گیری پرنده‌ها در ۲۲ تا ۳۵ روزگی و کل دوره پرورش تحت تأثیر مصرف دیواره سلولی مخمر افزایش یافت، به طوری که سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر باعث افزایش معنی‌دار وزن پرندگان در مقایسه با سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک در سن ۴ تا ۲۱ روزگی و ۴ تا ۳۵ روزگی تحت تأثیر مصرف دیواره سلولی مخمر قرار نگرفت، اما مصرف ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر در سن ۲۲ تا ۳۵ روزگی

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره پایه مورد استفاده در این مطالعه

Table 1. Food ingredients and chemical composition of the basal diet used in this study

Ingredients (percentage)		Chemical compounds (percentage)	
Corn	50.95	ME (kcal/kg)	2900
Soybean meal (CP 43%)	39	CP (%)	24.09
Corn gluten	5	EE	4.10
Vegetable oil	1.67	CF	4.24
Limestone	1.20	Ca (%)	0.80
Di-calcium phosphate	1.05	Available P (%)	0.30
Salt	0.33	Na (%)	0.15
Mineral-permix ¹	0.25	Arginine	1.51
Vitamin-permix ²	0.25	Lysine	1.37
DL-methionine	0.1	Methionine (%)	0.51
L-lysine	0.2	Methionine-cysteine (%)	0.89

¹ Mineral supplement (per kg of diet) contained 16 mg copper, 1.25 mg iodine, 40 mg iron, 120 mg manganese, 0.3 mg selenium, and 100 mg zinc.

² Vitamin supplements (per kg of diet) included 9000 IU vitamin A, 5000 IU vitamin D₃, 50 IU vitamin E, 3 mg vitamin K (menadione), 2 mg vitamin B₁, 6 mg vitamin B₂, 3 mg vitamin B₆, 60 mg nicotinic acid, 15 mg pantothenic acid, 0.1 mg biotin, 1.75 mg folic acid, 0.016 mg vitamin B₁₂.

جدول ۲- اثر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر عملکرد بلدرچین ژاپنی در دوره‌های سنی مختلف

Table 2. Effect of different levels of yeast cell wall on the performance of Japanese quail at different ages

Yeast cell wall (g/kg)	4-21 days			22-35 days			4-35 days		
	Feed Intake (g/hen)	Body weight gain (g/hen)	Feed conversion ratio	Feed Intake (g/hen)	Body weight gain (g/hen)	Feed conversion ratio	Feed Intake (g/hen)	Body weight gain (g/hen)	Feed conversion ratio
Control	325.48	133.35	2.44	476.79 ^b	100.42 ^c	4.75 ^a	802.27 ^b	233.77 ^c	3.43
0.5	325.19	134.75	2.41	478.66 ^b	102.00 ^c	4.69 ^a	803.85 ^b	236.75 ^c	3.39
1	326.97	137.68	2.37	520.76 ^a	109.71 ^b	4.75 ^a	847.72 ^a	247.39 ^b	3.42
1.5	325.33	136.24	2.38	514.35 ^a	116.77 ^a	4.40 ^b	839.68 ^a	253.01 ^a	3.32
SEM	2.15	1.19	0.023	5.57	1.43	0.081	6.05	1.71	0.034
P-value	0.930	0.094	0.273	<0.0001	<0.0001	0.018	<0.0001	<0.0001	0.113

^{a-c} In each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

مانان الیگوساکارید در محصولات مخمر مرتبط است (Kyoung et al., 2023). وزن‌گیری بالاتر پرندگان مصرف‌کننده دیواره سلولی مخمر می‌تواند به دلیل بهبود ایمنی و سلامت پرنده، توسعه سطح جذبی روده و افزایش مصرف خوراک باشد. ضریب تبدیل خوراک ۴ تا ۲۱ روزگی و ۴ تا ۳۵ روزگی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد، اما ضریب تبدیل خوراک ۲۲ تا ۳۵ روزگی با مصرف ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با مطالعات موجود در مورد کاهش ضریب تبدیل خوراک با استفاده از دیواره سلولی مخمر در جیره جوجه‌های گوشتی مطابقت دارد (M'Sadeq et al., 2015; Mendieta et al., 2018; Ahiwe et al., 2019; Kyoung et al., 2023; Alqhtani et al., 2024). ضریب تبدیل خوراک وابسته به مصرف خوراک و افزایش وزن پرنده است. در پژوهش حاضر، از آنجا که پرندگان تغذیه شده با سطح ۱/۵

باعث کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با سایر تیمارها شد ($P < 0.05$). در مطالعه حاضر، مصرف دیواره سلولی مخمر، آثار سودمندی بر صفات عملکردی بلدرچین‌های ژاپنی نشان داد. مصرف خوراک تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر افزایش پیدا کرد که با نتایج پژوهش‌های دیگران (M'Sadeq et al., 2015; Liu et al., 2018; Mendieta et al., 2018) مطابقت دارد. عوامل مختلفی مانند سلامت، سن، رفاه پرنده و غیره بر مصرف خوراک طیور اثرگذار هستند. همچنین، افزایش وزن‌گیری پرندگان با مصرف دیواره سلولی مخمر در این مطالعه مشاهده شد که نتایج پژوهش‌های انجام شده به‌وسیله سایر محققین را تایید می‌کند (M'Sadeq et al., 2015; Liu et al., 2018; Mendieta et al., 2018; Ahiwe et al., 2019; Alqhtani et al., 2024). آثار مفید دیواره سلولی مخمر در درجه اول با عملکرد ایمنی فعال به‌دلیل وجود بتاگلوکان و

جمعیت میکروبی لاکتوباسیلوس‌ها شد. محققان دیگری نیز نتایج مشابهی با استفاده از پری‌بیوتیک مانان الیگوساکارید و سین‌بیوتیک (مانان الیگوساکارید مخلوط با باسیلوس سوبتیلیس و باسیلوس لیکنیفورمیس) در جیره جوجه‌های گوشتی، بر جمعیت باکتری‌های سکوم به‌دست آوردند و گزارش کردند مکمل‌های پری‌بیوتیک و سین‌بیوتیک باعث افزایش کلونیزاسیون لاکتوباسیلوس در روده و همچنین، باعث کاهش باکتری‌های بیماری‌زا (شریشیاکلی و سالمونلا) می‌شوند (Kridtayopas et al., 2019). مانان الیگوساکارید موجود در دیواره سلولی مخمر توانایی بالایی در اتصال به باکتری‌های بیماری‌زا با فیمبریای نوع ۱ دارد و در نتیجه، خواص پری‌بیوتیکی را اعمال می‌کند (Kyoung et al., 2023). سازوکارهای اثر مخمر شامل کاهش جمعیت میکروب‌های بیماری‌زا با رقابت برای مکان‌های موجود، اثر تغذیه‌ای مستقیم یا توانایی آن‌ها برای بهبود مصرف خوراک و جذب مواد مغذی از روده، کاهش pH روده از راه تولید اسیدهای آلی گسترده و کاهش فعالیت آنزیم باکتری‌ها و تولید آمونیاک است (Ogbuewu et al., 2019). بنابراین، می‌توان تغییرات مثبت در ترکیب میکروبیوتای روده را به مطالب ارائه شده نسبت داد. بافت‌شناسی روده: تاثیر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات بافت‌شناسی دئودنوم و ژژنوم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی به‌ترتیب در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. عرض پرز، عمق کریپت، ضخامت اپیتلیوم، ضخامت ماهیچه و گابلت سل‌ها در دئودنوم تحت تاثیر اعمال تیمارها قرار نگرفتند، در صورتی که ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دئودنوم تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر افزایش یافت ($P < 0.05$). این در حالی بود که هیچ‌کدام از فراسنجه‌های مورد اشاره در ژژنوم تحت تاثیر تیماری‌های آزمایشی قرار نگرفتند.

گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر، بالاترین افزایش وزن را در ۲۲ تا ۳۵ روزگی داشتند، دارا بودن بهترین ضریب تبدیل خوراک دور از انتظار نیست. علاوه بر این، این افزودنی‌ها می‌توانند باعث بهبود هضم و جذب مواد مغذی موجود در خوراک شوند (Gao et al., 2008) و از این راه باعث بهبود رشد و در نهایت، بهبود عملکرد پرنده و کاهش ضریب تبدیل خوراک شوند. پژوهش‌هایی نیز وجود دارند که با استفاده از دیواره سلولی مخمر در جیره طیور تغییری در مصرف خوراک (Li et al., 2016; Xue et al., 2017;) و وزن‌گیری پرندگان (Ahiwe et al., 2019; Kyoung et al., 2023; Alqhtani et al., 2024) و وزن‌گیری پرندگان (Li et al., 2016; Xue et al., 2023) گزارش نکردند که بر خلاف نتایج این پژوهش است. تفاوت در نتایج پژوهش‌های انجام شده ممکن است به دلیل تفاوت در نوع پرنده، نوع و سطح افزودنی‌های استفاده شده، ترکیبات جیره و شرایط مدیریتی پرورش باشد.

جمعیت میکروبی سکوم: تاثیر سطوح مختلف دیواره سلولی مخمر بر جمعیت میکروبی سکوم بلدرچین‌های ژاپنی در جدول ۳ نشان داده شده است. جمعیت کلی فرم‌های سکوم تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر قرار نگرفت. جمعیت باکتری‌های اش‌ریشیاکلی تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر کاهش یافت به‌گونه‌ای که سطح ۱/۵ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و سطح ۰/۵ گرم در کیلوگرم نشان داد ($P < 0.05$). همچنین، سطح ۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر باعث افزایش معنی‌دار جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیلوس سکوم نسبت به تیمار شاهد و سطح ۰/۵ گرم در کیلوگرم شد ($P < 0.05$). میکروفلور روده را می‌توان با مکمل‌های غذایی تغییر داد. در مطالعه حاضر، سطوح بالاتر دیواره سلولی مخمر در جیره باعث کاهش جمعیت میکروبی /شریشیاکلی و افزایش

جدول ۳- اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی سکوم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی (Log CFU/g)

Table 3. Effect of experimental treatments on the microbial population of the cecum of Japanese quail at 35 days of age (Log CFU/g)

Yeast cell wall (g/kg)	Coliforms	Escherichia coli	Lactobacillus
Control	8.01	8.68 ^a	7.46 ^b
0.5	7.95	8.70 ^a	7.36 ^b
1	7.94	8.08 ^{ab}	7.80 ^a
1.5	7.64	7.37 ^b	7.90 ^a
SEM	0.273	0.181	0.096
P-value	0.766	0.0064	0.0047

^{a-b} In each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات بافت‌شناسی دئودنوم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

Table 4. Effect of experimental treatments on histological characteristics of the duodenum of Japanese quail at 35 days of age

Yeast cell wall (g/kg)	Villus height (μm)	Villus Width (μm)	Crypt depth (μm)	Villus height/ Crypt depth	Epithelium thickness (μm)	Muscle thickness (μm)	Goblet cells (200 μm) ²
Control	730.34 ^b	115.95	86.59	8.39 ^c	35.43	56.61	9.85
0.5	801.39 ^{ab}	125.81	88.30	9.04 ^{bc}	32.22	122.29	9.95
1	916.59 ^a	127.58	82.77	11.21 ^a	33.30	101.57	10.00
1.5	919.38 ^a	109.17	86.43	10.71 ^{ab}	30.12	72.62	9.60
SEM	92.50	8.65	2.33	1.34	2.21	29.33	0.18
P-value	0.0440	0.7643	0.8532	0.0093	0.8801	0.0610	0.9278

^{a-b} In each column, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SEM: Standard error of the means

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات بافت‌شناسی ژژنوم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

Table 5. Effect of experimental treatments on histological characteristics of the jejunum of Japanese quail at 35 days of age

Yeast cell wall (g/kg)	Villus height (μm)	Villus Width (μm)	Crypt depth (μm)	Villus height/ Crypt depth	Epithelium thickness (μm)	Muscle thickness (μm)	Goblet cells (200 μm) ²
Control	346.35	121.76	71.64	5.08	30.12	57.74	11.50
0.5	345.41	109.29	72.74	5.04	27.43	83.23	10.10
1	349.48	99.79	72.91	4.83	29.98	81.02	10.10
1.5	356.37	108.71	78.62	4.54	31.52	82.02	11.55
SEM	4.96	9.03	3.14	0.24	1.70	12.20	0.82
P-value	0.8821	0.5702	0.8966	0.8844	0.7979	0.3041	0.3261

SEM: Standard error of the means

اجزاء لاشه و طول روده: تاثیر سطوح افزایشی دیواره سلولی مخمر بر خصوصیات لاشه و طول روده بلدرچین‌های ژاپنی در جدول ۶ نشان داده شده است. درصد وزن سینه، ران، کبد، پیش‌معه، سنگدان و دستگاه گوارش بلدرچین‌های ژاپنی نسبت به وزن زنده آن تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. طول دئودنوم، ژژنوم، ایلئوم و سکوم به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر مصرف دیواره سلولی مخمر در سن ۳۵ روزگی قرار نگرفت. درصد وزن اجزاء لاشه و طول دئودنوم، ژژنوم، ایلئوم و سکوم در پژوهش حاضر تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند که با نتایج محققین دیگر (Kyoung et al., 2023) در مورد استفاده از دیواره سلولی مخمر در جیره جوجه‌های گوشتی که گزارش کردند وزن سینه، ران‌ها، سکوم و سنگدان تحت تاثیر قرار نگرفتند، مطابقت دارد. محققان دیگری نیز تغییری در وزن سینه، کبد و سنگدان و همچنین، طول ژژنوم، ایلئوم و سکوم در بلدرچین‌های مصرف‌کننده مخمر اتولیز شده مشاهده نکردند، اما افزایش وزن ران و افزایش طول دئودنوم را تحت تاثیر مخمر اتولیز شده گزارش کردند (Kordpour & Salari, 2023). تفاوت در نتایج پژوهش‌های انجام شده ممکن است به دلیل تفاوت در نوع پرند، نوع و سطح افزودنی‌های استفاده شده، ترکیبات جیره و شرایط مدیریتی پرورش باشد.

تعادل بین باکتری‌های بیماری‌زا و مفید باعث افزایش طول پرز و کاهش عمق کریپت می‌شود که نشانگرهای زیستی برای بهبود ریخت‌شناسی روده هستند. بهبود ریخت‌شناسی روده می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و در نهایت، بهبود هضم شود (Chacher et al., 2017). در تایید این مطالب در این مطالعه، افزایش ارتفاع پرز و افزایش نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت در دئودنوم با افزایش استفاده از سطوح دیواره سلولی مخمر در بلدرچین‌های ژاپنی مشاهده شد. در تایید این نتایج، مطالعات دیگری نیز آثار مثبت دیواره سلولی مخمر (M'Sadeq et al., 2015; Kyoung et al., 2023; Alqhtani et al., 2024) و مخمر اتولیز شده (Kordpour & Salari, 2023; Salari & Javidaneh, 2023) را بر افزایش ارتفاع پرز و توسعه دستگاه گوارش پرندگان گزارش کرده‌اند. پرزهای بلندتر نشان‌دهنده اپیتلیوم بالغ‌تر و افزایش عملکرد جذبی به دلیل افزایش ناحیه جذبی پرز است (Gao et al., 2008). تفاوت معنی‌داری در خصوصیات بافتی ژژنوم و سایر خصوصیات بافتی دئودنوم در این مطالعه مشاهده نشد. توسعه ریخت‌شناسی روده می‌تواند وضعیت سلامت دستگاه گوارش حیوان را منعکس کند. ارتفاع پرز بیشتر باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های ترشح شده از انتهای پرزها می‌شود و در نتیجه، قابلیت هضم بهتر می‌شود (Gao et al., 2008).

ALT و AST تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (Abd El-Wahab et al., 2019; Kargar et al., 2024).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد با توجه به افزایش مصرف خوراک، افزایش وزن‌گیری پرندگان در کل دوره پرورش، بهبود جمعیت میکروبی سکوم، افزایش ارتفاع پرز و نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت دئودنوم، استفاده از سطوح ۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم دیواره سلولی مخمر در تغذیه بلدرچین ژاپنی می‌تواند مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر حمایت مالی و از شرکت کاوشگر سپهر جوان نیز به‌دلیل تامین دیواره سلولی مخمر و حمایت مالی از این پروژه، تشکر و قدردانی می‌شود.

فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی سرم: تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی و آنزیم‌های کبدی سرم بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی در جدول ۷ نشان داده شده است. فراسنجه‌های خونی (تری‌گلیسرید، کلسترول، گلوکز، HDL و LDL) و آنزیم‌های کبدی سرم (AST، ALT و ALP) اندازه‌گیری شده در این پژوهش تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی، تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بر خلاف نتایج این مطالعه، محققین گزارش کردند افزودن سطوح مخمر و آنتی‌بیوتیک به جیره بلدرچین باعث کاهش AST سرم خون با مصرف مخمر شد. همچنین، گزارش نمودند که LDL با سطح ۳ گرم در کیلوگرم و HDL با مصرف سطح ۲ گرم در کیلوگرم مخمر کاهش یافته و غلظت گلوکز و ALT سرم خون با مصرف مخمر افزایش یافت که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی ندارد (Abd El-Atti et al., 2025). محققین دیگر، کاهش کلسترول و تری‌گلیسرید را در بلدرچین‌های مصرف‌کننده مخمر مشاهده کردند که در مغایرت با نتایج مطالعه حاضر است. علاوه بر این، در توافق با نتایج مطالعه حاضر گزارش شد که

جدول ۶- اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه بلدرچین ژاپنی (درصدی از وزن زنده) و طول روده (سانتی‌متر) در روز ۳۵ پرورش

Table 6. Effect of experimental diets on Japanese quail carcass characteristics (percentage of live weight) and intestine length (centimeters) on day 35 of rearing

Yeast cell wall (g/kg)	Breast	Thigh	Liver	Proventriculus	Gizzard	Gastrointestinal tract	Duodenum length	Jejunum length	Ileum length	Cecum length
Control	22.77	13.80	2.41	0.373	2.20	11.12	13.54	28.33	27.91	17.75
0.5	23.65	14.28	2.64	0.376	2.27	11.18	13.62	29.33	28.20	16.66
1	23.87	14.31	2.47	0.377	2.29	11.23	13.75	29.54	28.91	15.87
1.5	24.08	14.61	2.75	0.378	2.37	11.44	13.83	31.50	30.29	16.20
SEM	0.371	0.296	0.128	0.019	0.108	0.664	0.14	1.08	0.995	0.517
P-value	0.096	0.312	0.260	0.997	0.764	0.987	0.480	0.245	0.360	0.89

SEM: Standard error of the means

جدول ۷- اثر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و آنزیم‌های کبدی (واحد بین‌المللی در

لیتر) بلدرچین ژاپنی در ۳۵ روزگی

Table 7. Effect of experimental treatments on blood parameters (mg/dL) and liver enzymes (IU/L) of Japanese quail at 35 days of age

Yeast cell wall (g/kg)	Glucose	Triglyceride	Cholesterol	HDL	LDL	ALP	ALT	AST
Control	342.25	205.00	211.25	116.75	39.25	3003	6.25	349.50
0.5	328.25	214.75	198.25	108.75	35.75	2681	7.25	348.25
1	339.75	173.75	177.25	116.00	30.50	2229	6.75	276.75
1.5	331.50	169.00	180.00	107.25	38.50	2733	6.75	307.00
SEM	6.63	22.66	16.02	4.88	3.96	320	0.40	35.15
P-value	0.7838	0.3665	0.1802	0.5883	0.7023	0.2078	0.7686	0.1897

SEM: Standard error of the means

فهرست منابع

- Abd El-Atti, M. A., Ali, A. M., Roshdy, A. E., & El-Kashef, M. M. (2025). The impact of using yeast or tylosin as growth promoters on the productive performance and physiological characteristics of broiler quail. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 56(5), 1043-1052. doi: 10.21608/EJVS.2024.278364.1944
- Abd El-Wahab, A., Mahmoud, R., Marghani, B., & Gadallah, H. (2019). Effects of yeast addition to the diet of Japanese quails on growth performance, selected serum parameters and intestinal morphology as well as pathogens reduction. *Pakistan Veterinary Journal*, 40(2), 219-223. doi: 10.29261/pakvetj/2019.125
- Abdali, L., Salari, S., Ghorbani, M. R., & Hosseini Far, Sh. (2023). Effect of barley particle size and autolyzed yeast with enzyme on performance, immune system and ileal digestibility of broiler chickens. *Journal of Animal Production*, 25(1), 107-122. doi: 10.22059/jap.2023.348902.623706 [In Persian]
- Ahiwe, E. U., Abdallh, M. E., Chang'a, E. P., Omede, A. A., Al-Qahtani, M., Gausi, H., & Iji, P. A. (2019). Influence of dietary supplementation of autolyzed whole yeast and yeast cell wall products on broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(4), 579-587. doi: 10.5713/ajas.19.0220
- Alqhtani, A. H., Al Sulaiman, A. R., Alharthi, A. S., & Abudabos, A. E. (2024). Dietary supplementation of prebiotic yeast *Saccharomyces cerevisiae* cell wall promotes growth performance and intestinal health in broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *British Poultry Science*, 65(2), 129-136. doi: 10.1080/00071668.2023.2296938
- Chacher, M. F. A., Kamran, Z., Ahsan, U., Ahmad, S., Koutoulis, K. C., DIn, H. Q. U., & Cengiz, Ö. (2017). Use of mannan oligosaccharide in broiler diets: an overview of underlying mechanisms. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 831-844. doi: 10.1017/S0043933917000757
- Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., & Qi, G. H. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377-1384. doi: 10.3382/ps.2007-00418
- Ghaseminejad, S., & Salari, S. (2024). Effect of autolyzed yeast on performance and physiological indices of broiler chickens reared at high stock density. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(3), 385-400. doi: 10.22067/ijasr.2023.84556.1171 [In Persian]
- Kargar, F., Fayaz, N., & Hadavi, A. (2024). The effect of adding commercial yeast *Saccharomyces cerevisiae* to the diet of Japanese quail on performance traits, some serum parameters, morphology and population of pathogenic intestinal bacteria. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 16(1), 89-100. doi: 10.22067/IJASR.2023.82630.1148 [In Persian]
- Kordpour, Z., & Salari, S. (2023). Comparison of the effect of live and autolyzed yeast on performance and cecal microbial population of Japanese quail. *Journal of Animal Production*, 25(4), 461-471. doi: 10.22059/jap.2023.365526.623759 [In Persian]
- Kridtayopas, C., Rakangtong, C., Bunchasak, C., & Loongyai, W. (2019). Effect of prebiotic and synbiotic supplementation in diet on growth performance, small intestinal morphology, stress, and bacterial population under high stocking density condition of broiler chickens. *Poultry Science*, 98(10), 4595-4605. doi: 10.3382/ps/pez152
- Kyoung, H., Kim, E., Cho, J. H., Lee, H., Kim, Y., Park, K. I., & Song, M. (2023). Dietary yeast cell wall enhanced intestinal health of broiler chickens by modulating intestinal integrity, immune responses, and microbiota. *Poultry Science*, 102(6), 102660. doi: 10.1016/j.psj.2023.102660
- Li, X. H., Chen, Y. P., Cheng, Y. F., Yang, W. L., Wen, C., & Zhou, Y. M. (2016). Effect of yeast cell wall powder with different particle sizes on the growth performance, serum metabolites, immunity and oxidative status of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 81-89. doi: 10.1016/j.anifeeds.2015.12.011
- Liu, N., Wang, J., Liu, Z., Wang, Y., & Wang, J. (2018). Effect of supplemental yeast cell walls on growth performance, gut mucosal glutathione pathway, proteolytic enzymes and transporters in growing broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1330-1337. doi: 10.1093/jas/sky046
- Liu, Y., Wu, Q., Wu, X., Algharib, S. A., Gong, F., Hu, J., & Wang, Y. (2021). Structure, preparation, modification, and bioactivities of β -glucan and mannan from yeast cell wall: A review. *International journal of biological macromolecules*, 173, 445-456. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.125
- Mendieta, C. R., Gómez, G. V., Del Río, J. C. G., Cuevas, A. C., Arce, J. M., & Ávila, E. G. (2018). Effect of the addition of *saccharomyces cerevisiae* yeast cell walls to diets with mycotoxins on the performance and immune responses of broilers. *The Journal of Poultry Science*, 55(1), 38-46. doi: 10.2141/jpsa.0170019
- Molaei, F., & Salari, S. (2023). Effect of different levels of autolyzed yeast on performance and egg quality traits in laying hens reared under high stocking density. *Iranian Journal of Animal Science*, 54(3), 317-336. doi: 10.22059/IJAS.2023.351584.653920 [In Persian]
- Morales-López, R., Auclair, E., Garcia, F., Esteve-Garcia, E., & Brufau, J. (2009). Use of yeast cell walls; β -1, 3/1, 6-glucans; and mannoproteins in broiler chicken diets. *Poultry Science*, 88(3), 601-607. doi: 10.3382/ps.2008-00298

- M'Sadeq, S. A., Wu, S. B., Choct, M., Forder, R., & Swick, R. A. (2015). Use of yeast cell wall extract as a tool to reduce the impact of necrotic enteritis in broilers. *Poultry Science*, 94(5), 898-905. doi: 10.3382/ps/pev035
- Ogbuewu, I. P., Okoro, V. M., Mbajiorgu, E. F., & Mbajiorgu, C. A. (2019). Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on production indices of livestock and poultry—a review. *Comparative Clinical Pathology*, 28, 669-677. doi: 10.1007/S00580-018-2862-7
- Palmer, E. (2018). Effect of yeast supplementation during various stages of beef production. Graduate Theses and Dissertations Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/etd/2918>. University of Arkansas, USA.
- Saeed, M., Ahmad, F., Arain, M. A., Abd El-Hack, M. E., Emam, M., Bhutto, Z. A., & Moshaveri, A. (2017). Use of mannanoligosaccharides (MOS) as a feed additive in poultry nutrition. *Journal of World's Poultry Research*, 7(3), 94-103.
- Salari, S., & Javidaneh, K. (2023). Effect of autolyzed yeast on performance, egg quality, microbial population and intestinal morphology of laying hens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 15(1), 93-106. doi: 10.22067/IJASR.2022.73976.1056 [In Persian]
- Santovito, E., Greco, D., Logrieco, A. F., & Avantaggiato, G. (2018). Eubiotics for food security at farm level: yeast cell wall products and their antimicrobial potential against pathogenic bacteria. *Foodborne Pathogens and Disease*, 15(9), 531-537. doi: 10.1089/fpd.2018.2430
- Shurson, G. C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 60-76. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010
- Song, J., Xiao, K., Ke, Y. L., Jiao, L. F., Hu, C. H., Diao, Q. Y., & Zou, X. T. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*, 93(3), 581-588. doi: 10.3382/ps.2013-03455
- Wang, W., Li, Z., Han, Q., Guo, Y., Zhang, B., & D'inca, R. (2016). Dietary live yeast and mannan-oligosaccharide supplementation attenuate intestinal inflammation and barrier dysfunction induced by *Escherichia coli* in broilers. *British Journal of Nutrition*, 116(11), 1878-1888. doi: 10.1016/j.aninu.2017.08.002
- Xue, G. D., Wu, S. B., Choct, M., & Swick, R. A. (2017). Effects of yeast cell wall on growth performance, immune responses and intestinal short chain fatty acid concentrations of broilers in an experimental necrotic enteritis model. *Animal Nutrition*, 3(4), 399-405. doi: 10.1016/j.aninu.2017.08.002