<https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n4a305.1-8>

Uso de probióticos na avicultura para o controle da *Salmonella* spp.: Revisão e perspectivas de utilização

Ricardo da Silva Raposo^{1*}, Raison Henrique Defensor¹, Thays Ractz Grahl²

¹Médico veterinário, mestre em ciência animal - Serviço de Defesa Agropecuária/ Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

²Médica veterinária, autônoma, Qd. 2, conjunto A-6, Bl3, Sobradinho, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

*Autor para correspondência, E-mail: ricardo.raposo@seagri.df.gov.br

Resumo. Estudos têm demonstrado benefícios do uso de probióticos na dieta das aves de produção, sobretudo na ação contra microrganismos patogênicos. Este trabalho apresenta uma revisão sobre os efeitos do uso dos probióticos sobre os sorotipos patogênicos de *Salmonella entérica* das aves e um panorama mundial sobre os métodos de controle da salmonelose aviária. A maioria dos ensaios tem observado efeitos favoráveis, com redução de colonização por meio de exclusão competitiva, diminuição de pH, interferência na modulação imunológica e na translocação do patógeno. Tendo em vista o cenário provável de desuso dos antimicrobianos tradicionais, os probióticos podem emergir como uma das principais alternativas para o controle deste agente zoonótico nos plantéis comerciais. Todavia, há a necessidade de maiores elucidações técnico-científicas quanto à viabilidade e aplicabilidade da utilização de cepas probióticas em escala comercial.

Palavras-chave: probióticos, avicultura, salmonela

Use of probiotics in poultry to control Salmonella spp.: Review and prospects of use

Abstract. Studies have demonstrated benefits of the use of probiotics in the diet of poultry production, especially in the action against pathogenic microorganisms. This work presents a review on the effects of the use of probiotics on the pathogenic serotypes of *Salmonella enterica* of birds and a world context on the methods of control of avian salmonellosis. Most of the assays have observed favorable effects, with reduction of colonization through competitive exclusion, decrease of pH, interference in immunological modulation and translocation of the pathogen. Considering the scenario of antimicrobials disuse, probiotics may emerge as one of the main alternatives for the control of this zoonotic agent in poultry commercial productions. However, there is a need for further technical and scientific elucidations as to the viability and applicability of the use of probiotics on a commercial scale.

Keywords: probiotics, poultry, salmonela

Uso de probióticos en la avicultura para el control de la Salmonella spp.: Revisión y perspectivas de utilización

Resumen. Los estudios han demostrado beneficios del uso de probióticos en la dieta de las aves de producción, sobre todo en la acción contra microorganismos patógenos. Este trabajo presenta una revisión sobre los efectos del uso de los probióticos sobre los serotipos patógenos de *Salmonella entérica* de las aves y un panorama mundial sobre los métodos

de control de la salmonelosis aviar. La mayoría de los ensayos han observado efectos favorables, con reducción de colonización por medio de exclusión competitiva, disminución de pH, interferencia en la modulación inmunológica y en la translocación del patógeno. En vista del escenario probable de desuso de los antimicrobianos tradicionales, los probióticos pueden emerger como una de las principales alternativas para el control de este agente zoonótico en las creaciones comerciales. Sin embargo, hay la necesidad de mayores aclaraciones técnicas y científicas en cuanto a la viabilidad y aplicabilidad de la utilización de los probióticos a escala comercial.

Palabras clave: probióticos, avicultura, salmonela

Introdução

Um dos principais desafios da avicultura industrial é o controle das salmoneloses, responsáveis por grandes perdas econômicas e por inúmeros surtos de infecções e/ou toxinfecções alimentares a partir do consumo de ovos ou carne contaminados (Gut et al., 2018; Scallan et al., 2011). Em face à preocupação de toda cadeia produtiva do frango quanto à produção, ao atendimento dos programas sanitários e aos riscos da *Salmonella* ou dos resíduos antimicrobianos utilizados contra este patógeno para saúde pública, os integrantes do setor têm buscado cada vez mais por alternativas que atendam aos preceitos de segurança alimentar dos organismos nacionais e internacionais de saúde (Nunes et al., 2012). Diante disso e da necessidade de medidas alternativas para redução do nível de salmonelas na avicultura comercial, este trabalho propõe ao leitor uma revisão sobre o uso de probióticos no controle da *Salmonella* spp. na avicultura, abordando os pontos favoráveis e desfavoráveis da sua utilização, bem como os principais resultados da sua aplicação experimental.

Desafios da avicultura: controle da salmoneloses sem uso de antimicrobianos

A *Salmonella* spp. é tida como um dos principais agentes patogênicos para os serviços veterinários oficiais (SVO) de todo o mundo. Dentre os aproximadamente 2.610 sorotipos existentes de salmonelas, alguns podem se disseminar e provocar graves infecções zoonóticas pelas aves domésticas (Tessari et al., 2012).

Nos mais diversos países, o SVO tem desenvolvido normas e medidas rigorosas de controle e redução dos níveis deste patógeno dentro dos estabelecimentos avícolas. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece a necessidade de monitoramento sorológico e bacteriológico de *S. Pullorum*, *S. Gallinarum*, *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium* por meio do Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA) e de suas normativas específicas. Amostras de órgãos, sangue, suabe cloacal, fezes e mecônio devem ser submetidos a exame laboratorial periodicamente para tentativa de isolamento durante a produção. Para o cumprimento dos programas sanitários e atendimento do mercado consumidor, os produtores têm buscado novas alternativas para substituição do uso de antibióticos para reduzir a quantidade de salmonelas em suas produções.

Desde 2006, todos os antibióticos utilizados na avicultura com a finalidade de promoção do crescimento foram proibidos pela União Europeia (OJEU, 2003). A União Europeia (UE) estabeleceu um regulamento forçando os Estados-membros a implementar programas de controle destinados a reduzir a prevalência de *Salmonella* spp. na produção de aves, especialmente na produção primária (van Immerseel et al., 2009a; Van Immerseel et al., 2009b; Vandeplas et al., 2010). Desde a década de 2000, a UE já possuía 4 probióticos bacilares aprovados como aditivos zootécnicos de ração como alternativa para substituição do uso de antimicrobianos (Revolledo, 2008). Os probióticos atuais da União Europeia são aprovados com base na melhoria da saúde digestiva e desempenho animal. Há uma longa lista de produtos probióticos licenciados na UE como “estabilizadores de flora intestinal” para diferentes animais e categorias de produção conforme Comissão Europeia.

O Brasil, como grande produtor e exportador de carne de frango, vem aderindo a maioria das exigências estabelecidas pelos blocos comerciais, e por consequência disso, revisando constantemente suas normativas sobre o uso de antimicrobianos e controle da *Salmonella* spp. em plantéis comerciais. No sentido de atender as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), da Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

(FAO) e do Codex Alimentarius (CA) no que tange ao risco dos resíduos de antibióticos presentes no ovo e na carne de aves e da sabida ocorrência de resistência bacteriana (Casewell et al., 2003), o MAPA publicou no final de 2018 uma normativa que aborda a intenção de proibição do uso de antimicrobianos promotores de crescimento como tilosina, lincomicina, virginiamicina, bacitracina e tiamulina, verificada na Portaria SDA nº 171. Com base neste histórico, houve um considerável avanço dos estudos para compreensão da relação entre a microbiota e o hospedeiro, permitindo que a cadeia da avicultura pudesse entender melhor os benefícios dos aditivos não antibióticos e consequentemente a sua utilização da melhor maneira. Alguns princípios ativos disponíveis para uso e com diversos trabalhos científicos comprovando seu mecanismo de ação são os ácidos orgânicos, extratos vegetais, prebióticos e probióticos (Abudabos et al., 2015; Mendes et al., 2013; Perumalla et al., 2011; Yun et al., 2017).

Nos Estados Unidos, a maioria dos produtores preferem estudos sobre o uso de probióticos e prebióticos para controle de salmonelas do que desenvolvimento de vacinas contra este agente (Abudabos et al., 2015; Foley et al., 2011; Perumalla et al., 2011; Siró et al., 2008; Yun et al., 2017). Ademais, verifica-se elevado interesse das pessoas de várias partes do mundo pelos probióticos em razão da possibilidade de modular benéficamente a microbiota intestinal, no sentido de diminuir bactérias associadas a doenças do cólon (Bedani & Rossi, 2009; Santos & Varavallo, 2011).

Probióticos

O termo probiótico foi utilizado pela primeira vez em 1965, como substâncias segregadas por microrganismos que estimulavam o crescimento de outros (Lilly & Stillwell, 1965). Entretanto, a definição mais utilizada é a de Fuller que denomina os probióticos àqueles microrganismos que adicionados ao alimento afetam benéficamente o balanço microbiano intestinal, contribuindo ao equilíbrio do ecossistema intestinal, produzindo proteção contra infecções gastrointestinais e doenças inflamatórias no intestino (Fuller, 1989; Revollo, 2008).

As primeiras publicações de probióticos na alimentação animal em âmbito mundial ultrapassam 50 anos, demonstrando efeito benéfico desses microrganismos na saúde dos animais (Silva & Pinheiro, 2008). Estudos tem demonstrado que os probióticos proporcionam significativos benefícios à saúde do hospedeiro, não deixando resíduos nos produtos de origem animal e, dessa forma, não favorecendo a resistência a antimicrobianos (Kołożyn-Krajewska & Dolatowski, 2012; Roberfroid, 2000; Vohra et al., 2016). Isso os torna uma boa alternativa para substituição dos antimicrobianos como aditivos alimentares (Mountzouris et al., 2009; Mountzouris et al., 2011).

Os microrganismos utilizados como probióticos apresentam relação espécie-específica com o hospedeiro. Por isso, devem ser identificados genotípica e fenotipicamente e precisam ter seus efeitos sobre a saúde investigados, a fim de se constatar a segurança do microrganismo (WHO, 2003).

Dentre as principais espécies probióticas destacam-se as bactérias do ácido láctico (BAL), que incluem os lactobacilos (*Lactobacillus lactis*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. rhamnosus*, *L. paracasei*, *L. jensenii*, *L. reuteri*, *L. johnsonii*, *L. helveticus*, *L. gasseri*), *Enterococcus faecium* SF68 e *E. faecalis*, *Streptococcus salivarius* e *S. thermophilus*, *Pediococcus acidilactici* e espécies de *Leuconostoc* e *Lactococcus*. Além das BAL, temos também as bifidobactérias (*Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. breve*, *B. infantis*, *B. animalis*, *B. adolescentis*), *Escherichia coli* EMO e Nissle, *Bacillus subtilis* e *Bacillus toyoi*, e as leveduras *Saccharomyces boulardii* e *S. cerevisiae* (Barbosa et al., 2011; Kabir, 2009; Senaka Ranadheera et al., 2012).

Mecanismo de ação

O lúmen intestinal das aves se constitui principalmente de bactérias anaeróbias facultativas como *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp. e *Escherichia coli*, representando entre 60 e 90% da microbiota intestinal. As formas patogênicas de salmonelas não compõem esta microbiota que mantém o estado de higidez das aves domésticas (Salanitro et al., 1974). Com base nas características microbiológicas do lúmen intestinal, as culturas de probióticos são elaboradas com bactérias não patogênicas normalmente derivadas da microbiota normal que contribuem para exclusão de bactérias patogênicas no epitélio intestinal e para melhora significativa da resposta imune dos animais (Silva et al., 2012). O repovoamento do trato gastrointestinal com bactérias benéficas após eventos agressores da microbiota

como enterites de origem bacteriana ou viral pode ser evitado pela inoculação contínua de cultivos probióticos que têm a capacidade de reduzir a ação bacteriana indesejável. Os probióticos quando administrados de forma contínua protegem os vilos e a superfície absorviva contra toxinas irritantes produzidas por microrganismos patogênicos, evitando danos à mucosa intestinal (Silva & Pinheiro, 2008).

De maneira geral, o modo de ação dos probióticos está relacionado à competição por sítios de ligação e exclusão competitiva, onde ocupam sítios de ligação ou receptores no epitélio intestinal, formando uma barreira física que impede outras bactérias de se aderirem. Como consequência, desenvolvem maior capacidade de metabolizar nutrientes e de se reproduzir que as não aderidas (Abudabos et al., 2015; Bitterncourt et al., 2011). Além de atuar como barreira física contra bactérias patogênicas, as bactérias probióticas também exercem um efeito biológico na medida em que promovem um ambiente de baixa tensão de oxigênio, desfavorecendo o crescimento de bactérias enteropatogênicas, principalmente as salmonelas, favorecendo também um efeito químico, pois bactérias probióticas produzem ácidos orgânicos como lático e propiônico, os quais levam a uma redução do pH do ambiente intestinal, com uma consequente inibição de bactérias patogênicas (Ghadban, 2002).

Outros mecanismos de ação descritos por vários autores são a modulação do sistema imune, através do reconhecimento pelos macrófagos e sua multiplicação; e o efeito dos probióticos sobre a translocação de patógenos - passagem de microrganismos pelas mucosas a partir do intestino (Barbosa et al., 2011; Rodrigo & Gil, 2005).

Discussão

A avicultura moderna necessita de métodos mais práticos e com menor custo para aplicação em grande escala (Languiru, 2013; Marques & Piracicaba, 2016). Independente da via de aplicação, para boa aplicação do probiótico, a administração deve ser feita o mais precocemente possível, para que as bactérias benéficas colonizem o trato gastrointestinal do hospedeiro, antes que os patógenos atuem (Silva & Pinheiro, 2008). Estudos têm mostrado alguns benefícios em relação ao uso de probióticos na dieta animal, inclusive na produção de frangos de corte (Barbosa et al., 2011; Foley et al., 2011). Experimentalmente, observa-se melhora de 3% em eficiência alimentar e ganho de peso em frangos de corte. A experiência de campo com os probióticos também indica outros benefícios em galinhas, inclusive redução de incidência de diarreia, morbidade e mortalidade (Revolledo, 2008). Tendo em vista esses benefícios, a situação atual indica que intervenções nutricionais podem ser utilizadas como ferramentas adicionais para diminuir a prevalência de salmonelas em todos os componentes do sistema de exploração (Berge & Wierup, 2012).

Determinadas culturas de bactérias lácticas têm sido extensivamente pesquisadas devido a sua sabida capacidade de reduzir a infecção de *Salmonella* spp. na avicultura, e em alguns países esses microrganismos já vêm sendo utilizados comercialmente para o controle de Salmonelose na produção de frangos de corte e de perus (Higgins et al., 2010; Higgins et al., 2007). Diversos trabalhos realizados neste milênio têm verificado redução na colonização por salmonelas após utilização de probióticos em frangos (Abudabos et al., 2015; Bitterncourt et al., 2011). Um estudo demonstrou que algumas cepas de bactérias lácticas (*Lactobacillus salivarius*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* e *L. reuteri*) obtidas a partir das fezes de pintainhos e galinhas foram capazes de inibir o crescimento da *Salmonella enterica* Enteritidis e *Typhimurium* em uma avaliação *in vitro* (Yamazaki et al., 2012). Recentemente, estudos com o *Lactobacillus reuteri* KUB-AC5 descobriram que esta cepa pode produzir uma substância com atividade antimicrobiana contra bactérias patogênicas, especialmente a *Salmonella* spp. Testes *in vivo* revelaram que esta cepa influenciou muito a microbiota ileal, melhorando a saúde gastrointestinal das galinhas e inibindo certas bactérias patogênicas. Os pesquisadores verificaram também que altas dosagens de KUB-AC5 mantêm uma diversidade microbiana similar em frangos desafiados com salmonelas (Nakphaichit et al., 2019). O *Lactobacillus johnsonii* LT171 também demonstrou potencial para inibição de *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* e *E. coli* O78:K80 em frangos, desde que complementada com outras estirpes de probióticos (Taheri et al., 2009).

Em estudo validado *in vitro*, as cepas de *Lactobacillus delbreuckii* subespécie *bulgaricus* (NRRL B548; LD), *Lactobacillus paracasei* (DUP-13076; LP) e *Lactobacillus rhamnosus* (NRRL B442; LR)

foram eficazes na redução da colonização por *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* e *S. Heidelberg* (Muyyarikkandy & Amalaradjou, 2017).

O uso de dose única de outra cepa probiótica – *Bacillus subtilis* – reduziu a eliminação fecal de *S. enterica* serovar Enteritidis e a carga de salmonelas em amostras de ceco de frangos de corte. As aves alimentadas com uma dieta contendo *B. subtilis* tiveram redução significativa de 58% em suabes e esfregaços positivos para *Salmonella* spp. em comparação com as aves do grupo controle, ao qual foi detectada a presença de 100% do patógeno (Knap et al., 2011). Usando bactérias ácido lácticas, outros experimentos demonstraram redução de 95% de *S. Heidelberg* (Menconi et al., 2011), 4 a 76% de *S. Enterica* (Higgins et al., 2010) e 92 a 96% de *S. Typhimurium* (Higgins et al., 2007) em frangos de corte.

Em uma investigação imunológica sobre a ação dos probióticos contra a colonização do intestino de frangos por *Salmonella* sorovar *Typhimurium* em que aves receberam probióticos por sonda oral com 1 dia de vida, e infecção com *S. Typhimurium* no 2º dia de vida, observou-se que nas aves tratadas com probióticos antes da infecção experimental com o patógeno, o nível de interleucina IL-12 foi semelhante ao observado no grupo controle (aves não infectadas), sugerindo uma redução da colonização intestinal por *S. Typhimurium* após o uso de probiótico (Haghighi et al., 2008). O tratamento com probióticos também demonstrou eficácia em frangos desafiados com *S. Enterica*, cujos resultados sorológicos apontaram baixos níveis de IgA específico e IgG contra a *S. Enterica* sistêmica nos frangos tratados com probióticos, diferindo da resposta humoral das aves isentas de probiótico, que apresentaram resposta mais acentuada em razão do maior número de antígenos intestinais (Mountzouris et al., 2009). Em estudo mais recente, Adhikari et al. (2004) constataram a regulação positiva da interleucina IL-1 β , 6, 10, interferon gama (*IFN- γ*) e expressão do receptor *Toll-like* (TLR) -4 mRNA e elevação da expressão do gene IL-6 e IL-10 no íleo em aves que receberam 0,1% de *Lactobacillus plantarum* desafiadas com *S. Enteritidis*.

Aves alimentadas com misturas contendo *B. subtilis* tiveram aumento de mobilização de macrófagos para o fígado e consequentemente redução da colonização por *Salmonella enterica* sorovar Heidelberg quando alimentadas com 250 ou 500 g/ton, além de modulação da microbiota intestinal (Hayashi et al., 2018). São poucos os estudos que não demonstram completo efeito benéfico de algumas cepas probióticas contra sorotipos patogênicos de salmonelas. Zhen et al. (2018) conduziram um estudo para avaliar a eficácia protetora da suplementação dietética de *B. coagulans* em aves desafiadas com *S. Enteritidis*. Muito embora os resultados tenham mostrado que a infecção não afetou o desempenho do crescimento, verificaram que o patógeno causou inflamação intestinal e comprometimento da função de barreira pela redução das células intestinais e número de bactérias benéficas, aumentando a colonização de salmonelas.

Independentemente do mecanismo de ação das variadas cepas probióticas, estudos *in vitro* tem demonstrado em sua grande maioria que as BAL são capazes de controlar patógenos de aves como a *Salmonella* spp. Seja pela redução do pH do intestino (Frizzo et al., 2010; Lee et al., 2003), pela modulação do sistema imune (Adhikari et al., 2004) ou pela exclusão competitiva (Dankowiakowska et al., 2013; Díaz-López et al., 2017). Uma forma de cultura probiótica da microflora tipo adulta administrada apenas em dose única no animal neonatal, neste caso, no pintainho recém-nascido com um dia de vida, chamada de Probiótico de Exclusão Competitiva (EC), pode acelerar o processo de amadurecimento da microbiota dos pintainhos e aumentar sua resistência à colonização por *Salmonella* spp. (Berge & Wierup, 2012; Díaz-López et al., 2017; Mountzouris et al., 2009). Os produtos com múltiplas cepas provavelmente substituirão os produtos de EC em aves, devido à grande dificuldade de aprovação desses produtos, atualmente mal caracterizados (Revolledo, 2008).

Diante desses resultados e aplicações, os probióticos são considerados pelos pesquisadores como uma das principais alternativas para combater patógenos presentes nos alimentos derivados da avicultura, entre eles os sorovares mais patogênicos de *Salmonella* spp. Outra vantagem de se utilizar probióticos é o fato de serem suplementos naturais e sem necessidade de período de carência (Dankowiakowska et al., 2013) facilitando sua aplicação na dieta das aves sem oferecer riscos à saúde humana. Contudo, a eficácia dos probióticos adicionados nas dietas está relacionado com sua produção, já que este deve permanecer viável durante todo o período de manuseio e armazenamento, além de resistir aos processamentos de extrusão e peletização que envolvem altas temperaturas.

Conclusão

O controle e a eliminação dos sorovares de *Salmonella* spp. dos plantéis comerciais têm se tornado uma das prioridades dos serviços veterinários oficiais e dos grandes produtores de carne de frango, em função dos riscos zoonóticos e econômicos que este patógeno pode acarretar. Em face ao exposto, o uso de probióticos vem ganhando espaço e importância como um produto alternativo e eficaz no combate às salmonelas, sendo objeto de inúmeros estudos.

Baseado nos achados dessa revisão, conclui-se que uma variedade enorme de cepas probióticas possuem ação efetiva contra as salmonelas. Entretanto, sugerimos o desenvolvimento de estudos relacionados à viabilidade e aplicabilidade devido às limitações no processo de fabricação das misturas e na forma de arraçoamento, de modo a produzir o efeito desejado em escala comercial.

Referências bibliográficas

- Abudabos, A. M., Al-Batshan, H. A. & Murshed, M. A. (2015). Effects of prebiotics and probiotics on the performance and bacterial colonization of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 45(4):419-428.
- Adhikari, K., Keene, M. P., Heymann, H. & Lorenzen, C. L. (2004). Optimizing beef chuck flavor and texture through cookery methods. *Journal of Food Science*, 69(4):174-180.
- Barbosa, F. H. F., Barbosa, L. P. J. L., Bambirra, L. H. S. & Aburjaile, F. F. (2011). Probióticos-microrganismos a favor da vida. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 11(1):11-21.
- Bedani, R. & Rossi, E. A. (2009). Microbiota intestinal e probióticos: implicações sobre o câncer de cólon. *Jornal Português de Gastreterologia*, 16(1):19-28.
- Berge, A. C. & Wierup, M. (2012). Nutritional strategies to combat Salmonella in mono-gastric food animal production. *Animal*, 6(4):557-564.
- Bitterncourt, L. C., Silva, C. C. d., Garcia, P. D. S. R., Donato, D. C. Z., Albuquerque, R. & Araújo, L. F. (2011). Influence of a probiotic on broiler performance. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12):2739-2743.
- Casewell, M., Friis, C., Marco, E., McMullin, P. & Phillips, I. (2003). The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 52(2):159-161.
- Dankowiakowska, A., Kozłowska, I. & Bednarczyk, M. (2013). Probiotics, prebiotics and synbiotics in Poultry—mode of action, limitation, and achievements. *Journal of Central European Agriculture*, 14(1):467-478.
- Díaz-López, E. A., Isaza, J. Á. & Ángel, D. (2017). Probióticos en la avicultura: una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria*(35):175-189.
- Foley, S. L., Nayak, R., Hanning, I. B., Johnson, T. J., Han, J. & Ricke, S. C. (2011). Population dynamics of *Salmonella enterica* serotypes in commercial egg and poultry production. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(13):4273-4279.
- Frizzo, L. S., Soto, L. P., Zbrun, M. V., Bertozzi, E., Sequeira, G., Armesto, R. R. & Rosmini, M. R. (2010). Lactic acid bacteria to improve growth performance in young calves fed milk replacer and spray-dried whey powder. *Animal Feed Science and Technology*, 157(3-4):159-167.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5):365-378.
- Ghadban, G. S. (2002). Probiotics in broiler production—a review. *Archiv für Geflügelkunde*, 66(2):49-58.
- Gut, A. M., Vasiljevic, T., Yeager, T. & Donkor, O. (2018). Salmonella infection-prevention and treatment by antibiotics and probiotic yeasts: a review. *Microbiology*, 164(11):1327-1344.
- Haghighi, H. R., Abdul-Careem, M. F., Dara, R. A., Chambers, J. R. & Sharif, S. (2008). Cytokine gene expression in chicken cecal tonsils following treatment with probiotics and *Salmonella* infection. *Veterinary Microbiology*, 126(1-3):225-233.
- Hayashi, R. M., Lourenço, M. C., Kraieski, A. L., Araujo, R. B., Gonzalez-Esquerria, R., Leonardecz, E. & Santin, E. (2018). Effect of feeding *Bacillus subtilis* spores to broilers challenged with *Salmonella enterica*

- serovar Heidelberg Brazilian Strain UFPR1 on performance, immune response, and gut health. *Frontiers in Veterinary Science*, 55-13.
- Higgins, J. P., Higgins, S. E., Wolfenden, A. D., Henderson, S. N., Torres-Rodriguez, A., Vicente, J. L. & Tellez, G. (2010). Effect of lactic acid bacteria probiotic culture treatment timing on *Salmonella enteritidis* in neonatal broilers. *Poultry Science*, 89(2):243-247.
- Higgins, S. E., Erf, G. F., Higgins, J. P., Henderson, S. N., Wolfenden, A. D., Gaona-Ramirez, G. & Hargis, B. M. (2007). Effect of probiotic treatment in broiler chicks on intestinal macrophage numbers and phagocytosis of *Salmonella enteritidis* by abdominal exudate cells. *Poultry Science*, 86(11):2315-2321.
- Kabir, S., M. (2009). The role of probiotics in the poultry industry. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(8):3531-3546.
- Knap, I., Kehlet, A. B., Bennedsen, M., Mathis, G. F., Hofacre, C. L., Lumpkins, B. S. & Lay, A. (2011). *Bacillus subtilis* (DSM17299) significantly reduces *Salmonella* in broilers. *Poultry Science*, 90(8):1690-1694.
- Kołozyn-Krajewska, D. & Dolatowski, Z. J. (2012). Probiotic meat products and human nutrition. *Process Biochemistry*, 47(12):1761-1772.
- Languiru, A. (2013). *Manual técnico de avicultura* (Vol. 1). Porto Alegre: Teutônia.
- Lee, Y. J., Kim, K. S., Kwon, Y. K. & Tak, R. B. (2003). Biochemical characteristics and antimicrobials susceptibility of *Salmonella gallinarum* isolated in Korea. *Journal of Veterinary Science*, 4(2):161-166.
- Lilly, D. M. & Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659):747-748.
- Marques, H. L. & Piracicaba, R. A. (2016). Apesar de preços recordes, setor produtivo de ovos sofre com pressão de custos. *Avicultura Industrial*, 10728-32.
- Menconi, A., Wolfenden, A. D., Shivaramaiah, S., Terraes, J. C., Urbano, T., Kuttel, J. & Tellez, G. (2011). Effect of lactic acid bacteria probiotic culture for the treatment of *Salmonella enterica* serovar Heidelberg in neonatal broiler chickens and turkey poult. *Poultry Science*, 90(3):561-565.
- Mendes, F. R., Leite, P. R. S., Ferreira, L. L., Lacerda, M. J. R. & Andrade, M. A. (2013). Utilização de antimicrobianos na avicultura. *Revista Eletrônica Nutritime*, 11(2):2352-2389.
- Mountzouris, K. C., Balaskas, C., Xanthakos, I., Tzivinikou, A. & Fegeros, K. (2009). Effects of a multi-species probiotic on biomarkers of competitive exclusion efficacy in broilers challenged with *Salmonella enteritidis*. *British Poultry Science*, 50(4):467-478.
- Mountzouris, K. C., Paraskevas, V., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Steiner, T., Schatzmayr, G. & Fegeros, K. (2011). Assessment of a phytogenic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, 168(3-4):223-231.
- Muyyarikkandy, M. S. & Amalaradjou, M. (2017). *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus paracasei* attenuate *Salmonella enteritidis*, *Salmonella heidelberg* and *Salmonella typhimurium* colonization and virulence gene expression *in vitro*. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11):2381.
- Nakphaichit, M., Sobanbua, S., Siemuang, S., Vongsangnak, W., Nakayama, J. & Nitisinprasert, S. (2019). Protective effect of *Lactobacillus reuteri* KUB-AC5 against *Salmonella enteritidis* challenge in chickens. *Beneficial Microbes*, 10(1):43-54.
- Nunes, R. V., Scherer, C., Pozza, P. C., Eyng, C., Bruno, L. D. G. & Vieites, F. M. (2012). Use of probiotics to replace antibiotics for broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(10):2219-2224.
- OJEU. (2003). Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition *Official Journal of European Union* (pp. L268/236). Brussels, Belgium.
- Perumalla, A. V. S., Hettiarachchy, N. S. & Ricke, S. C. (2011). Current perspectives on probiotics in poultry preharvest food safety *Direct-Fed Microbials and Prebiotics for Animals* (pp. 89-120): Springer.
- Revolledo, L. (2008). *Alternativas para o controle de Salmonella*. Paper presented at the IX Simpósio Brasil Sul de Avicultura, Chapecó, Santa Catarina.

- Roberfroid, M. B. (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6):1682s-1687s.
- Rodrigo, G. d. I. S. J. & Gil, T. C. (2005). Probióticos em avicultura. *Ciência Rural*, 35741-747.
- Salanitro, J. P., Fairchild, I. G. & Zgornicki, Y. D. (1974). Isolation, culture characteristics, and identification of anaerobic bacteria from the chicken cecum. *Journal of Applied Microbiology*, 27(4):678-687.
- Santos, T. T. & Varavallou, M. A. (2011). A importância de probióticos para o controle e/ou reestruturação da microbiota intestinal. *Revista científica do ITPAC*, 4(1):40-49.
- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M.-A., Roy, S. L. & Griffin, P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1):7-15.
- Senaka Ranadheera, C., Evans, C. A., Adams, M. C. & Baines, S. K. (2012). Probiotic viability and physico-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yogurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, 135(3):1411-1418.
- Silva, C. R. & Pinheiro, A. L. B. C. (2008). Utilização de probióticos como melhoradores de desempenho em aves. *Revista Eletrônica Nutritime*, 5(6):690-706.
- Silva, V. O., Foureaux, R. d. C., Araujo, T. S., Peconick, A. P., Zangeronimo, M. G. & Pereira, L. J. (2012). Effect of probiotic administration on the immune response: a systematic review of experimental models in rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(5):685-694.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B. & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3):456-467. doi: 10.1016/j.appet.2008.05.060
- Taheri, H., Tabandeh, F., Moravej, H., Zaghari, M., Shivazad, M. & Shariati, P. (2009). Potential probiotic of *Lactobacillus johnsonii* LT171 for chicken nutrition. *African Journal of Biotechnology*, 8(21).
- Tessari, E. N. C., Kanashiro, A. M. I., Stoppa, G. F., Luciano, R. L., Castro, A. G. M. & Cardoso, A. L. S. P. (2012). Important aspects of *Salmonella* in the poultry industry and in public health. In Mahmoud, B.S.M. (Ed.), *Salmonella-A dangerous foodborne pathogen*. Croácia: IntechOpen.
- van Immerseel, F., De Zutter, L., Houf, K., Pasmans, F., Haesebrouck, F. & Ducatelle, R. (2009a). Strategies to control *Salmonella* in the broiler production chain. *World's Poultry Science Journal*, 65(3):367-392.
- van Immerseel, F., Rood, J. I., Moore, R. J. & Titball, R. W. (2009b). Rethinking our understanding of the pathogenesis of necrotic enteritis in chickens. *Trends in Microbiology*, 17(1):32-36.
- Vandeplas, S., Dauphin, R. D., Beckers, Y., Thonart, P. & Thewis, A. (2010). *Salmonella* in chicken: current and developing strategies to reduce contamination at farm level. *Journal of Food Protection*, 73(4):774-785.
- Vohra, A., Syal, P. & Madan, A. (2016). Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*, 21931-47.
- WHO. (2003). World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. *WHO technical report series*, 916.
- Yamazaki, M., Ohtsu, H., Yakabe, Y., Kishima, M. & Abe, H. (2012). In vitro screening of lactobacilli isolated from chicken excreta to control *Salmonella enteritidis* and *Typhimurium*. *British Poultry Science*, 53(2):183-189.
- Yun, W., Lee, D. H., Choi, Y. I., Kim, I. H. & Cho, J. H. (2017). Effects of supplementation of probiotics and prebiotics on growth performance, nutrient digestibility, organ weight, fecal microbiota, blood profile, and excreta noxious gas emissions in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(4):584-592.
- Zhen, W., Shao, Y., Gong, X., Wu, Y., Geng, Y., Wang, Z. & Guo, Y. (2018). Effect of dietary *Bacillus coagulans* supplementation on growth performance and immune responses of broiler chickens challenged by *Salmonella enteritidis*. *Poultry Science*, 97(8):2654-2666.

Recebido: 7 de março, 2019.

Aprovado: 30 de março, 2019.

Publicado: 18 de abril, 2019.

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.