

PRESENÇA DE *Salmonella* spp. NA PRODUÇÃO ANIMAL E O USO DE FERMENTADOS BACTERIANOS PARA MITIGAÇÃO DOS RISCOS – REVISÃO DE LITERATURA

Alberto Gonçalves Evangelista¹ 

Fernando Bittencourt Luciano² 

EVANGELISTA, A. G.; LUCIANO, F. B. Presença de *Salmonella* spp. na produção animal e o uso de fermentados bacterianos para mitigação dos riscos – revisão de literatura. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, Umuarama, v. 24, n. 1cont., e2410, 2021.

RESUMO: As bactérias do gênero *Salmonella* são um dos principais problemas na produção animal e, conseqüentemente, na produção de alimentos. Elas são causadoras principalmente de gastroenterites, com alguns serovares podendo resultar na morte do animal ou indivíduo afetado. Órgãos governamentais em todo o mundo determinam condições mínimas de segurança alimentar, exigindo a ausência de *Salmonella* nos alimentos, sendo exigida análise de no mínimo 25 gramas de amostragem a cada lote. Dessa forma, seu controle na produção animal também é necessário, devido à grande prevalência existente. Dentre as várias estratégias de controle apresentadas, destaca-se o uso de sobrenadantes livres de células (SLC) produzidos por bactérias lácticas, com grande número de pesquisas *in vitro*. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é revisar os avanços recentes no uso de SLC contra *Salmonella*. Ao final do trabalho, pode-se observar que os SLC têm grande potencial para utilização na produção animal, embora ainda seja necessária uma completa caracterização da sua ação *in vivo*.

PALAVRAS-CHAVE: Produção animal. Resistência antimicrobiana. Sobrenadantes livres de células. *Salmonella*. Saúde animal.

PRESENCE OF *Salmonella* spp. IN ANIMAL PRODUCTION AND THE USE OF BACTERIAL FERMENTATIONS TO MITIGATE RISKS – A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Bacteria of the *Salmonella* genus are one of the main problems in animal production and, consequently, in food production. They mainly cause gastroenteritis, with some serovars that can result in the death of the affected animal or individual. Government agencies around the world determine minimum conditions for food safety, requiring the absence of *Salmonella* in foods, requiring analysis of at least 25 grams of sampling for each batch. Thus, its control in animal production is also necessary, due to the high prevalence that exists. Among the various control strategies presented, the use of cell-free supernatants (CFS) produced by lactic acid bacteria stands out, with a large number of *in vitro* research. In this context, the purpose of this article is to review recent advances in the use of CFS against *Salmonella*. At the end of the research, it can be seen that CFS have great potential for use in animal production, although a complete characterization of their *in vivo* action is still needed.

KEYWORDS: Animal production. Antimicrobial resistance. Cell-free supernatants. *Salmonella*. Animal health.

PRESENCIA DE *Salmonella* spp. EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y USO DE FERMENTACIONES BACTERIANAS PARA MITIGAR RIESGOS - REVISIÓN DE LITERATURA

RESUMEN: Las bacterias del género *Salmonella* son uno de los principales problemas en la producción animal y, en consecuencia, en la producción de alimentos. Son principalmente la causa de gastroenteritis, con algunos serovares que pueden resultar en la muerte del animal o individuo afectado. Las agencias gubernamentales de todo el mundo determinan las condiciones mínimas para la seguridad alimentaria, lo que requiere la ausencia de *Salmonella* en los alimentos, exigen análisis de al menos 25 gramos de muestreo para cada lote. Por tanto, su control en la producción animal también es necesario, debido a la alta prevalencia que existe. Entre las diversas estrategias de control presentadas, se destaca el uso de sobrenadantes libres de células (SLC) producidos por bacterias del ácido láctico, con un gran número de investigaciones *in vitro*. En ese contexto, el propósito de este artículo es revisar los avances recientes en el uso de SLC contra *Salmonella*. Al final del trabajo, se puede ver que los SLC tienen un gran potencial para su uso en la producción animal, aunque sea necesario una caracterización completa de su acción *in vivo*.

PALABRAS CLAVE: Producción animal. Resistencia antimicrobiana. Sobrenadantes libres de células. *Salmonella*. Salud animal.

DOI: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v24i1cont.2021.8543>

¹ Médico Veterinário, Mestre em Ciência Animal, Doutorando em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil. alberto.evangelista@pucpr.edu.br.

² Farmacêutico e Bioquímico de Alimentos, Doutor em Food and Nutritional Sciences, Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil. fernando.luciano@pucpr.br.

Introdução

Existe uma demanda crescente na produção de alimentos em todo o mundo, e o controle de riscos microbiológicos, químicos e físicos durante toda a cadeia de produção é um desafio constante (RUBY *et al.*, 2019). O risco microbiológico é o mais difícil de ser controlado, pela dificuldade na implantação de um correto manejo sanitário (DANIELSKI *et al.*, 2020). Autoridades regulatórias de segurança alimentar investem grandes esforços para sua mitigação (PLAZA-RODRÍGUEZ *et al.*, 2018). No Brasil a regulamentação é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 1999).

Uma falha nos métodos de controle de qualidade e produção pode levar ao aparecimento das Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). Surtos de DTAs estão cada vez mais constantes em função do grande volume de produção das empresas, da globalização da cadeia produtiva de alimentos, e da resistência antimicrobiana aos métodos tradicionais de controle (VAN SEVENTER; HAMER, 2016). Estima-se que mais de 200 doenças possam ser transmitidas por água ou alimentos contaminados. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 600 milhões de casos de DTAs foram notificados no mundo todo em 2010, sendo os patógenos causadores de diarreia os mais prevalentes, com 550 milhões de notificações (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015). Entretanto, a maioria dos casos não são relatados aos órgãos de controle, principalmente em locais de difícil acesso a serviços de saúde, acreditando-se que o número real de DTAs seja muito maior (BHASKAR, 2017).

Produtos de origem animal são a principal fonte de proteína em todo o mundo, com um consumo diário estimado em 80 g *per capita* (SANS; COMBRIS, 2015). Pelo aumento na produção para atingir os níveis de consumo, os riscos microbiológicos foram potencializados, decorrentes de falhas nos processos de criação e abate dos animais, ou ainda no processamento e transporte da carne (SHANG; TONSOR, 2017). Essas falhas podem resultar em contaminação dos alimentos por *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, dentre outros (LI *et al.*, 2019; PIRES *et al.*, 2018). Muitas dessas bactérias possuem alta prevalência na produção animal, podendo chegar até o consumidor quando não utilizadas estratégias de controle eficazes. Dessa forma, é objetivo desta revisão reunir informações acerca de um método de controle que tem se mostrado promissor em análises *in vitro*.

Desenvolvimento

Dentre as bactérias potencialmente causadoras de DTAs, destacam-se as do gênero *Salmonella*, um dos patógenos mais isolados em casos de surtos alimentares, responsável mundialmente por 98,3 milhões de casos e 155 mil mortes todos os anos (ENG *et al.*, 2015).

Bactérias do gênero *Salmonella* são pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, e estão presentes no trato intestinal de répteis, aves e mamíferos (RYAN; O'DWYER;

ADLEY, 2017). Este gênero é composto por bacilos gram-negativos com flagelos peritríquios (numerosos flagelos com diversos pontos de inserção ao redor da bactéria). Uma das exceções é a *Salmonella Gallinarum*, a qual é atríquia (MINAMINO *et al.*, 2018). Além disso, algumas características fisiológicas e metabólicas da maioria desse gênero é que são anaeróbicas facultativas, oxidase negativas e catalase positivas, produtoras de sulfeto de hidrogênio e não formadoras de esporos. A maioria dos serovares é urease negativa, ornitina positiva e lisina positiva (LEE *et al.*, 2015), com crescimento ótimo em pH 6,5 a 7,5 e atividade de água (a_w) $\geq 0,98$, e inibição do crescimento em pH abaixo de 4,5 e acima de 9,6, e a_w menor que 0,94 (SMITH *et al.*, 2016). Suas características bioquímicas são importantes para determinação de susceptibilidade de riscos e estratégias para controle.

Atualmente o gênero possui três espécies, *Salmonella enterica*, *Salmonella bongori* e *Salmonella subterranea*, sendo as duas primeiras amplamente caracterizadas e a terceira ainda não totalmente aceita na comunidade científica, considerada como uma variante de *S. bongori* ou ainda como outras espécies (CRISCUOLO *et al.*, 2019; HATA *et al.*, 2016). Dentro das espécies existe uma grande divisão por serovares, sendo documentadas aproximadamente 2600 classificações (YOSHIDA *et al.*, 2016).

Os serovares são classificados de acordo com sua composição antigênica, com utilização dos antígenos O (somáticos), H (flagelares) e Vi/K (capsulares) (SHI *et al.*, 2015). Os antígenos O são polissacarídeos termoestáveis presentes na camada de lipopolissacarídeos da membrana celular, e a variação entre as ligações dos antígenos são as responsáveis por sua caracterização (DE BENEDETTO *et al.*, 2017). Os antígenos H são diferentes tipos de flagelinas expressos na porção filamentosa do flagelo bacteriano. A forma de expressão desse antígeno (mono ou bifásica) e o tipo de flagelina expressa são utilizados para diferenciação dos serovares (RAMACHANDRAN *et al.*, 2016). Os antígenos Vi/K são expressos apenas em *Salmonella Typhi*, *Salmonella Dublin* e *Salmonella Paratyphi* (LISTON; OVCHINNIKOVA; WHITFIELD, 2016).

Animais de produção, especialmente suínos, são altamente infectados por *Salmonella* spp., responsável principalmente por gastroenterites moderadas ou graves, acarretando perda de desempenho, queda em índices de bem-estar animal, prejuízo ao produtor e aumento no risco de contaminação da carcaça (ZHOU *et al.*, 2018). Além disso, podem causar o tifo aviário (*S. Gallinarum*), pulrose (*Salmonella Pullorum*), paratifo aviário (*S. Paratyphi*), dentre outras doenças, não afetando diretamente a segurança alimentar, mas interferindo nos índices produtivos e nos ganhos do produtor (BIAZUS *et al.*, 2017).

Há destaque para a presença do patógeno na produção de suínos e frangos de corte, diagnosticada por exigência de muitos órgãos regulamentadores a nível mundial. No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) normatiza o controle sanitário da produção animal, desde a criação até o abate e processamento da carne. A presença de *Salmonella* spp. na produção de frangos é regulamentada pela Instrução Normativa (IN) nº 20/2016, enquanto a regulamentação na produção suína é

determinada pela IN nº 60/2018 (BRASIL 2016; 2018).

Os maiores produtores de carne de suínos e de frango no mundo são China, União Europeia (UE), Estados Unidos da América (EUA) e Brasil (USDA, 2019). Não há informação sobre a prevalência da bactéria no plantel suíno chinês, entretanto, estudos mostraram contaminação de 10,7% a 71,8% dos abatedouros suínos do país (ZHOU *et al.*, 2017, 2018). Em análises feitas no plantel europeu, a prevalência foi de até 29% (SNARY *et al.*, 2016). Amostras coletadas nos EUA demonstraram uma prevalência de 14,2% nos animais e contaminação de 52,9% nos ambientes de produção (BJORK *et al.*, 2018). Já no Brasil, o maior estado produtor de suínos, Santa Catarina, apresentou prevalência de 39% (KICH *et al.*, 2011). Estudos apontam que o aumento da contagem de *Salmonella* spp. no intestino de suínos pode impactar negativamente a qualidade da carne, aumentando sua contaminação na linha de abate e consequentemente os riscos para o consumidor (PESCIAROLI *et al.*, 2017), além da queda nos índices produtivos dos animais. Estima-se que na UE 31% da salmonelose humana tenha como origem o consumo de carne de suínos contaminada (RÖNNQVIST *et al.*, 2018). Já estudos retrospectivos nos EUA (1998-2015) relatam 6372 casos de salmonelose humana relacionados à carne suína no período (SELF *et al.*, 2017).

Quando observados dados da produção de frangos de corte, foi relatada prevalência de 11% de *Salmonella* spp. no plantel chinês (WANG *et al.*, 2017). Na UE a prevalência dos animais foi de 27%, enquanto que em amostras ambientais de aviários foi de 90,9% (KOUTSOUMANIS *et al.*, 2019). Nos EUA, o maior estado produtor, Georgia, apresentou prevalência de 15,6% (ALALI *et al.*, 2016). Quanto à produção brasileira de frangos de corte, relatou-se uma prevalência de 5% no plantel de Santa Catarina, segundo estado maior produtor do país (GIOMBELLI; GLORIA, 2014). Tal como na produção de carne de suínos, a carne de frango também pode ser afetada pela alta presença de *Salmonella* spp. nos animais no momento do abate. O consumo de carne de frango contaminada com *Salmonella* spp. foi a principal causa de surtos alimentares dos EUA de 1998 a 2012 (ROUGER; TRESSE; ZAGOREC, 2017). Estratégias de higiene devem ser aplicadas nas linhas de abate para minimizar o problema, porém o controle deve ser constante ainda durante a criação para contribuir com um produto seguro ao consumidor (HEYNDRIKX *et al.*, 2002).

Dados atualizados sobre a bactéria na produção animal são escassos, destacando a necessidade de maiores estudos acerca da prevalência da bactéria, principalmente na China e no Brasil, com foco no desenvolvimento de métodos para mitigar seus efeitos nos animais e consumidores. Destaca-se a importância da bactéria na saúde pública, com falhas na produção animal como agravante ao seu controle. Estratégias devem ser empregadas para minimizar o número de animais infectados, além da determinação da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) no abatedouro, importante medida para identificação das possíveis falhas na linha de abate e de como evitá-las.

A partir do final da década de 50 houve um aumento no número de trabalhos relatando resistência antimicrobiana em *Salmonella* spp. (HUEY; EDWARDS, 1958;

WATANABE; WATANABE, 1959), coincidindo com o início do uso de antibióticos em subdosagem como melhoradores de desempenho. Até então, 200 serovares eram conhecidos, com ampla utilização de antibióticos para seu controle (FLIPPIN; EISENBERG, 1959). Atualmente, há relatos de resistência *in vitro* a diversos fármacos antimicrobianos, como cefalosporinas de amplo espectro, ampicilina, tetraciclina, amoxicilina, cloranfenicol, sulfonamidas, quinolonas e aminoglicosídeos (EVANGELISTA *et al.*, 2021; KHAN *et al.*, 2019; PROCURA *et al.*, 2019; SHIGEMURA *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2019).

Uma das causas para o aparecimento da resistência é a utilização indiscriminada de antibióticos, tanto em doses terapêuticas, para controle de doenças bacterianas, como em doses subterapêuticas, como melhoradores de desempenho (CORRÊA *et al.*, 2019). Essas bactérias resistentes representam um risco para a saúde humana e animal, pois são responsáveis por patologias de difícil tratamento (SCOTT *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2019). Como responsáveis pelo aumento nos casos de resistência a antibióticos, podemos ainda citar a utilização em larga escala na saúde humana sem respeito ao devido protocolo, utilização não criteriosa de antibióticos de última geração, ausência de regulamentação para venda em diversas partes do mundo, aumento no trânsito de pessoas entre países e resíduos de antibióticos em água (AYUKEKBONG; NTEMGWA; ATABE, 2017; HOLMES *et al.*, 2016).

Estima-se que os EUA invistam anualmente de dois a quatro bilhões de dólares para tratamento da salmonelose humana, sendo a resistência antimicrobiana um fator crítico para o aumento dos custos e tempo de tratamento (VALENZUELA *et al.*, 2017). Fica evidente a importância da *Salmonella* spp. tanto na saúde humana quanto na saúde animal, existindo uma íntima ligação entre contaminação na produção animal e a salmonelose humana. Estratégias vêm sendo desenvolvidas para controle do patógeno, como a utilização em ração de produtos de fermentação, pró e prebióticos, óleos essenciais, e uso de bacteriófagos (BOCATE; EVANGELISTA; LUCIANO, 2021; GRANT; HASHEM; PARVEEN, 2016; HEITHOFF *et al.*, 2015).

Fermentados bacterianos são produtos resultantes do metabolismo de bactérias fermentadoras, possuindo componentes com potencial atividade antimicrobiana. Os produtos podem conter o agente fermentador ou não (SANTAMARÍA-FERNÁNDEZ *et al.*, 2017). São escolhidos pela origem natural e por serem compostos não indutores de resistência, originados por microrganismos largamente utilizados na saúde humana e animal, reconhecidamente benéficos ao organismo (DANIELSKI *et al.*, 2020).

Os sobrenadantes livres de células (SLCs) são um tipo de fermentado bacteriano, produzidos a partir do crescimento de bactérias em meio de cultivo, seguido de processo de filtração esterilizante. Durante seu processo de crescimento, espera-se a produção de metabólitos que fiquem dispersos pelo meio. Variações são propostas, como tempo de incubação, temperatura e pH, entretanto o princípio básico se mantém. Quando utilizadas bactérias ácido lácticas (BALs) para sua produção, preconiza-se a utilização do caldo De Man, Rogosa e Sharpe (MRS), com composição adequada de açúcares para atender as necessidades fermentativas das

bactérias inoculadas (SIRICHOKCHATCHAWAN *et al.*, 2018; XING *et al.*, 2015).

Poucos estudos avaliaram a composição desse tipo de fermentado antimicrobiano. LIM *et al.* (2018) demonstraram que a composição do SLC de *Weissella cibaria* consiste em peróxido de hidrogênio, ácidos orgânicos (principalmente dos ácidos láctico, acético e cítrico), ácidos graxos (principalmente ácidos oleicos e palmíticos) e proteínas/proteináceos. SHEHATA *et al.* (2019) demonstraram através de cromatografia gasosa a presença de 7 compostos bioativos produzidos por *Lactobacillus* spp. e presentes em seus SLCs, responsáveis por grande parte de sua ação antimicrobiana quando excluído o efeito de peptídeos antimicrobianos e do ácido láctico: 6-ácido octadecanóico; ácido hexadecanóico; fenol,2,4-bis(1,1-dimetil-); (Z)-7-hexadecenal, pentadecano, dotriacontano e 2-metil-decano.

Estudos demonstram a necessidade combinada dos diversos componentes para obtenção de uma atividade antimicrobiana efetiva, sendo os compostos principais o ácido láctico, bacteriocinas e peptídeos antimicrobianos análogos a bacteriocinas (BERISTAIN-BAUZA *et al.*, 2016).

Com mecanismos de ação ainda não totalmente elucidados, estudos sobre a utilização de SLC para controle de bactérias patogênicas de relevância na produção animal vêm crescendo nos últimos anos, tornando-os uma alternativa de controle microbiológico de produtos de origem animal (ADETOYE *et al.*, 2018). Hipóteses sobre seus mecanismos ainda estão sendo desenvolvidas, baseadas no pH de ácidos orgânicos produzidos, na acidificação do citoplasma bacteriano por ácidos graxos ionizados e na presença de substâncias com potencial para romper/desestabilizar a membrana plasmática do patógeno (SIRICHOKCHATCHAWAN *et al.*, 2018).

Foi demonstrada uma efetiva inibição no crescimento de *Salmonella* Typhimurium pelo SLC produzido por *Lactobacillus rhamnosus* GG (GOYAL; KANNAN, 2018). Também é relatado efeito inibitório dos SLCs de *Lactobacillus plantarum* isolados de silagem de milho contra *S. enterica*, *E. coli* e *Micrococcus luteus* (LI *et al.*, 2015). Os SLCs produzidos por *Lactobacillus salivarius* e *Lactobacillus amylovorus* isolados de fezes bovinas demonstraram atividade antimicrobiana *in vitro* contra *Salmonella* spp., também isolada de fezes (ADETOYE *et al.*, 2018). Com grande parte dos estudos utilizando SLCs contra patógenos em meios de cultivo, há carência de relatos de suas capacidades antimicrobianas em diferentes substratos voltados à saúde animal.

Além de possuir atividade antimicrobiana sobre os patógenos, os SLCs também demonstram efetividade na inibição da produção de metabólitos bacterianos em alimentos, causadores de efeitos toxicológicos. Estudos mostraram a ação inibitória na produção de aminas biogênicas de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *E. coli* ATCC 25922, *Listeria monocytogenes* ATCC 7677 e *S. Paratyphi A* NCTC 13 com a utilização de SLCs produzidos por *Lactococcus lactis lactis* IL 1403, *Leuconostoc mesenteroides cremoris* DSMZ 20346, *Pediococcus acidophilus* ATCC 25741 e *Streptococcus thermophilus* NCFB 2392 (ÖZOGUL *et al.*, 2017).

Diante da grande prevalência de *Salmonella* spp. na produção de suínos e frangos e seu reflexo na saúde pública, há necessidade de estratégias de controle que atuem desde o período de criação dos animais.

Considerações finais

Embora ainda não totalmente elucidada, pode-se observar que a fermentação bacteriana na forma de SLCs pode ser uma opção viável para o controle de *Salmonella* na produção animal. A pesquisa *in vitro* é necessária para determinar a composição dos SLC e desenvolver técnicas que maximizem a produção de substâncias antimicrobianas, além da pesquisa *in vivo* que demonstre a eficácia dos compostos no organismo animal, além de estabelecer técnicas de suplementação dos compostos para os animais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil, Código Financeiro 001) pelo financiamento deste trabalho.

Conflitos de Interesse

Os autores relatam a ausência de conflitos de interesse na escrita e publicação deste trabalho.

Referências

- ADETOYE, A. *et al.* Characterization and anti-salmonella activities of lactic acid bacteria isolated from cattle faeces. **BMC Microbiology**, v. 18, n. 1, p. 96, 30 dez. 2018.
- ALALI, W. Q. *et al.* The relationship between Salmonella levels in chicken spleen and mechanically separated ground chicken. **Food Control**, v. 66, p. 250-255, 1 ago. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.021.
- AYUKEKBONG, J. A.; NTEMGWA, M.; ATABE, A. N. The threat of antimicrobial resistance in developing countries: Causes and control strategies. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 6, n. 1, p. 47, 15 dez. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1186/s13756-017-0208-x.
- BERISTAIN-BAUZA, S. C. *et al.* Antimicrobial activity and physical properties of protein films added with cell-free supernatant of *Lactobacillus rhamnosus*. **Food Control**, v. 62, p. 44-51, 1 abr. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2015.10.007.
- BHASKAR, S. V. Foodborne diseases-disease burden. **Food Safety in the 21st Century: Public Health Perspective**, p. 1-10, 1 jan. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-801773-9.00001-7.
- BIAZUS, A. H. *et al.* Fowl typhoid in laying hens cause

- hepatic oxidative stress. **Microbial Pathogenesis**, v. 103, p. 162-166, 1 fev. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2016.12.009.
- BJORK, K. E. *et al.* Factors Associated with Salmonella Prevalence in U.S. Swine Grower-Finisher Operations, 2012. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 15, n. 8, p. 489-497, ago. 2018. DOI: dx.doi.org/10.1089/fpd.2017.2364.
- BOCATE, K. P.; EVANGELISTA, A. G.; LUCIANO, F. B. Garlic essential oil as an antifungal and anti-mycotoxin agent in stored corn. **LWT**, p. 111600, abr. 2021. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111600.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Lei nº 9.782, de 26 de Janeiro de 1999**. Brasil, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa (IN) nº 20/2016**. Brasil, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa (IN) nº 60/2018**. Brasil, 2018.
- CORRÊA, J. A. F. *et al.* Fundamentals on the molecular mechanism of action of antimicrobial peptides. **Materialia**, v. 8, p. 100494, 1 dez. 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.mtla.2019.100494.
- CRISCUOLO, A. *et al.* The speciation and hybridization history of the genus salmonella. **Microbial Genomics**, v. 5, n. 8, p. 1-11, 2019. DOI: dx.doi.org/10.1099/mgen.0.000284.
- DANIELSKI, G. M. *et al.* Non-conventional cultures and metabolism-derived compounds for bioprotection of meat and meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-14, 22 out. 2020. DOI: dx.doi.org/10.1080/10408398.2020.1835818.
- DE BENEDETTO, G. *et al.* Characterization of O-antigen delivered by Generalized Modules for Membrane Antigens (GMMA) vaccine candidates against nontyphoidal Salmonella. **Vaccine**, v. 35, n. 3, p. 419-426, 11 jan. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.11.089.
- ENG, S. K. *et al.* Salmonella: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. **Frontiers in Life Science**, v. 8, n. 3, p. 284-293, 3 jul. 2015. DOI: dx.doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243.
- EVANGELISTA, A. G. *et al.* The impact of essential oils on antibiotic use in animal production regarding antimicrobial resistance - a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-17, 8 fev. 2021. DOI: dx.doi.org/10.1080/10408398.2021.1883548.
- FLIPPIN, H. F.; EISENBERG, G. M. The Salmonella problem. **Transactions of the American Clinical and Climatological Association**, v. 71, p. 95-106, 1959.
- GIOMBELLI, A.; GLORIA, M. B. A. Prevalence of Salmonella and Campylobacter on broiler chickens from farm to slaughter and efficiency of methods to remove visible fecal contamination. **Journal of Food Protection**, v. 77, n. 11, p. 1851-1859, nov. 2014. DOI: dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-200.
- GOYAL, N.; KANNAN, K. Inhibition of salmonella typhimurium by cell free supernatant of probiotic lactobacillus rhamnosus GG. **International Journal of Probiotics and Prebiotics**, v. 13, n. 1, p. 37-44, 2018.
- GRANT, A.; HASHEM, F.; PARVEEN, S. Salmonella and Campylobacter: Antimicrobial resistance and bacteriophage control in poultry. **Food Microbiology**, v. 53, p. 104-109, 1 fev. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fm.2015.09.008.
- HATA, H. *et al.* Phylogenetics of family Enterobacteriaceae and proposal to reclassify Escherichia hermannii and Salmonella subterranea as Atlantibacter hermannii and Atlantibacter subterranea gen. nov., comb. nov. **Microbiology and Immunology**, v. 60, n. 5, p. 303-311, maio 2016. DOI: dx.doi.org/10.1111/1348-0421.12374.
- HEITHOFF, D. M. *et al.* Development of a Salmonella cross-protective vaccine for food animal production systems. **Vaccine**, v. 33, n. 1, p. 100-107, 1 jan. 2015. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.11.012.
- HEYNDRIKX, M. *et al.* Routes for salmonella contamination of poultry meat: Epidemiological study from hatchery to slaughterhouse. **Epidemiology and Infection**, v. 129, n. 2, p. 253-265, 9 out. 2002. DOI: dx.doi.org/10.1017/S0950268802007380.
- HOLMES, A. H. *et al.* Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. **The Lancet**, v. 387, n. 10014, p. 176-187, 9 jan. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0.
- HUEY, C. R.; EDWARDS, P. R. Resistance of Salmonella typhimurium to Tetracyclines. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 97, n. 3, p. 550-551, 1 mar. 1958. DOI: dx.doi.org/10.3181/00379727-97-23801.
- KHAN, S. B. *et al.* Phenotypic, genotypic antimicrobial resistance and pathogenicity of Salmonella enterica serovars Typhimurium and Enteritidis in poultry and poultry products. **Microbial Pathogenesis**, v. 129, p. 118-124, 1 abr. 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.046.
- KICH, J. D. *et al.* Prevalence, distribution, and molecular characterization of Salmonella recovered from swine finishing herds and a slaughter facility in Santa Catarina, Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 151, n. 3, p. 307-313, dez. 2011. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.024.

- KOUTSOUMANIS, K. *et al.* Salmonella control in poultry flocks and its public health impact. **EFSA Journal**, v. 17, n. 2, fev. 2019. DOI: dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5596.
- LEE, K. M. *et al.* Review of Salmonella detection and identification methods: Aspects of rapid emergency response and food safety. **Food Control**, v. 47, p. 264-276, jan. 2015. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.011.
- LI, D. *et al.* Identification and antimicrobial activity detection of lactic acid bacteria isolated from corn stover silage. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 5, p. 620-631, 6 fev. 2015. DOI: dx.doi.org/10.5713/ajas.14.0439.
- LI, Y. *et al.* A surveillance of microbiological contamination on raw poultry meat at retail markets in China. **Food Control**, v. 104, p. 99-104, 1 out. 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.037.
- LIM, H.-S. *et al.* Characterization of Antibacterial Cell-Free Supernatant from Oral Care Probiotic *Weissella cibaria*, CMU. **Molecules**, v. 23, n. 8, p. 1984, 9 ago. 2018. DOI: dx.doi.org/10.3390/molecules23081984.
- LISTON, S. D.; OVCHINNIKOVA, O. G.; WHITFIELD, C. Unique lipid anchor attaches VI antigen capsule to the surface of *Salmonella enterica* serovar Typhi. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 24, p. 6719-6724, 14 jun. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1073/pnas.1524665113.
- MINAMINO, T. *et al.* *Salmonella* Flagellum. In: **Salmonella - A Re-emerging Pathogen**. [s.l.] InTech, 2018.
- ÖZOGUL, F. *et al.* Function of cell-free supernatants of *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* strains on histamine formation by foodborne pathogens in histidine decarboxylase broth. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 5, p. e13208, out. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1111/jfpp.13208.
- PESCIAROLI, M. *et al.* Association between pigs with high caecal *Salmonella* loads and carcass contamination. **International Journal of Food Microbiology**, v. 242, p. 82-86, 2 fev. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.11.021.
- PIRES, R. N. *et al.* *Clostridium difficile* contamination in retail meat products in Brazil. **Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 22, n. 4, p. 345-346, 1 jul. 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.bjid.2018.07.007.
- PLAZA-RODRÍGUEZ, C. *et al.* Towards transparent and consistent exchange of knowledge for improved microbiological food safety. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 129-137, 1 fev. 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.002.
- PROCURA, F. *et al.* Prevalence, antimicrobial resistance profile and comparison of methods for the isolation of salmonella in chicken liver from Argentina. **Food Research International**, v. 119, p. 541-546, 1 maio 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.008.
- RAMACHANDRAN, G. *et al.* Functional activity of antibodies directed towards Flagellin proteins of non-typhoidal *Salmonella*. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0151875, 21 mar. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0151875.
- RÖNNQVIST, M. *et al.* Salmonella risk to consumers via pork is related to the Salmonella prevalence in pig feed. **Food Microbiology**, v. 71, p. 93-97, 1 maio 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.017.
- ROUGER, A.; TRESSE, O.; ZAGOREC, M. Bacterial Contaminants of Poultry Meat: Sources, Species, and Dynamics. **Microorganisms**, v. 5, n. 3, p. 50, 25 ago. 2017. DOI: dx.doi.org/10.3390/microorganisms5030050.
- RUBY, G. E. *et al.* A cross sectional study on food safety knowledge among adult consumers. **Food Control**, v. 99, p. 98-105, 1 maio 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.12.045.
- RYAN, M. P.; O'DWYER, J.; ADLEY, C. C. Evaluation of the Complex Nomenclature of the Clinically and Veterinary Significant Pathogen *Salmonella*. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1-6, 2017. DOI: dx.doi.org/10.1155/2017/3782182.
- SANS, P.; COMBRIS, P. World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961-2011). **Meat Science**, v. 109, p. 106-111, 1 nov. 2015. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.012.
- SANTAMARÍA-FERNÁNDEZ, M. *et al.* Lactic acid fermentation for refining proteins from green crops and obtaining a high quality feed product for monogastric animals. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 875-881, 20 set. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.115.
- SCOTT, A. M. *et al.* Is antimicrobial administration to food animals a direct threat to human health? A rapid systematic review. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 52, n. 3, p. 316-323, set. 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.04.005.
- SELF, J. L. *et al.* Outbreaks attributed to pork in the United States, 1998-2015. **Epidemiology and Infection**, v. 145, n. 14, p. 2980-2990, 14 out. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1017/S0950268817002114.
- SHANG, X.; TONSOR, G. T. Food safety recall effects across meat products and regions. **Food Policy**, v. 69, p. 145-153, 1 maio 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.04.002.
- SHEHATA, M. G. *et al.* Characterization of antifungal

metabolites produced by novel lactic acid bacterium and their potential application as food biopreservatives. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 64, n. 1, p. 71-78, 24 maio 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.aoas.2019.05.002.

SHI, C. *et al.* Molecular methods for serovar determination of *Salmonella*. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 41, n. 3, p. 309-325, 3 jul. 2015. DOI: dx.doi.org/10.3109/1040841X.2013.837862.

SHIGEMURA, H. *et al.* Decrease in the prevalence of extended-spectrum cephalosporin-resistant *Salmonella* following cessation of ceftiofur use by the Japanese poultry industry. **International Journal of Food Microbiology**, v. 274, p. 45-51, 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.011.

SIRICHOKCHATCHAWAN, W. *et al.* Protective Effects of Cell-Free Supernatant and Live Lactic Acid Bacteria Isolated from Thai Pigs Against a Pandemic Strain of Porcine Epidemic Diarrhea Virus. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 10, n. 2, p. 383-390, 22 jun. 2018. DOI: dx.doi.org/10.1007/s12602-017-9281-y.

SMITH, D. F. *et al.* Modeling the effect of temperature and water activity on the thermal resistance of salmonella enteritidis PT 30 in wheat flour. **Journal of Food Protection**, v. 79, n. 12, p. 2058-2065, dez. 2016. DOI: dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-155.

SNARY, E. L. *et al.* A Quantitative Microbiological Risk Assessment for *Salmonella* in Pigs for the European Union. **Risk Analysis**, v. 36, n. 3, p. 437-449, mar. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1111/risa.12586.

USDA. **United States Department of Agriculture. Livestock and poultry: World Markets and Trade Office of Global Analysis**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 18 abr. 2019.

VALENZUELA, J. R. *et al.* Antimicrobial resistance patterns of bovine *Salmonella enterica* isolates submitted to the Wisconsin Veterinary Diagnostic Laboratory: 2006-2015. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 2, p. 1319-1330, 1 fev. 2017. DOI: dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11419.

VAN SEVENTER, J. M.; HAMER, D. H. Foodborne Diseases. **International Encyclopedia of Public Health**, p. 160-173, 1 jan. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00162-4.

WANG, Y. *et al.* Emergence of *Salmonella enterica* serovar Indiana and California isolates with concurrent resistance to cefotaxime, amikacin and ciprofloxacin from chickens in China. **International Journal of Food Microbiology**, v. 262, p. 23-30, 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.09.012.

WATANABE, T.; WATANABE, M. Transduction of streptomycin resistance in *Salmonella typhimurium*.

Journal of general microbiology, v. 21, n. 1, p. 16-29, 1 ago. 1959. DOI: dx.doi.org/10.1099/00221287-21-1-16.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO estimates of the global burden of foodborne diseases. Foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015**. Geneva, Switzerland: [s.n.]. v. 46

XING, J. *et al.* Determining antioxidant activities of lactobacilli cell-free supernatants by cellular antioxidant assay: A comparison with traditional methods. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, p. e0119058, 19 mar. 2015. DOI: dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0119058.

XU, Y. *et al.* *Salmonella*, including antibiotic-resistant *Salmonella*, from flies captured from cattle farms in Georgia, U.S.A. **Science of the Total Environment**, v. 616-617, p. 90-96, 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.324.

YOSHIDA, C. *et al.* Evaluation of molecular methods for identification of salmonella serovars. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 54, n. 8, p. 1992-1998, ago. 2016. DOI: dx.doi.org/10.1128/JCM.00262-16.

ZHOU, Z. *et al.* Diversity of *Salmonella* isolates and their distribution in a pig slaughterhouse in Huaian, China. **Food Control**, v. 78, p. 238-246, 1 ago. 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.064.

ZHOU, Z. *et al.* The prevalence and load of *Salmonella*, and key risk points of *Salmonella* contamination in a swine slaughterhouse in Jiangsu province, China. **Food Control**, v. 87, p. 153-160, maio 2018. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.026.

ZHU, A. *et al.* Surveillance study of the prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* in pork from open markets in Xuzhou, China. **Food Control**, v. 98, p. 474-480, 1 abr. 2019. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.035.

Recebido em: 01.07.2021

Aceito em: 23.07.2021