

CONTAMINAÇÃO POR *Salmonella* spp. DURANTE O PROCESSAMENTO DE AVES EM ABATEDOUROS FRIGORÍFICOS

Salmonella spp. CONTAMINATION DURING POULTRY PROCESSING IN SLAUGHTERHOUSES

J. O. HACHIYA¹, G. A. M. ROSSI², B. M. S. SOUZA³, E. H. P. ANDRADE^{3*}

RESUMO

A carne de aves e seus derivados estão entre os principais alimentos incriminados nos surtos de doenças veiculadas por alimentos (DVA) devido ao risco de veiculação de *Salmonella* spp. O controle é complexo porque existem inúmeras vias pelas quais essa bactéria pode contaminar a carne de aves e derivados, com várias possibilidades ao longo da cadeia produtiva. Falhas nas condições de manejo durante a criação de frangos de corte e nos procedimentos higiênico-sanitários durante as operações de abate e manipulação das carcaças influenciam na contaminação por esse microrganismo nas indústrias. Abatedouros frigoríficos de aves são altamente automatizados e, apesar dos avanços tecnológicos, a carne de frango ainda é passível de contaminação, uma vez que lotes negativos podem se tornar positivos para *Salmonella* spp. devido a contaminação cruzada provocada por lotes infectados abatidos no mesmo dia ou devido à utilização de equipamentos e utensílios compartilhados. O extravasamento de conteúdo gastrointestinal durante a evisceração é a principal fonte de contaminação das carcaças por *Salmonella* spp. nos abatedouros. Na presente revisão, foram abordados aspectos gerais sobre o gênero *Salmonella* spp., com ênfase nas etapas do processamento de aves que propiciam contaminação de carcaças e nas respectivas estratégias que visam à mitigação do risco de veiculação desse microrganismo, considerando também a legislação pertinente.

PALAVRAS-CHAVE: Bactérias. Doenças Veiculadas por Alimentos. Infecção Alimentar. Microbiologia

SUMMARY

Poultry meat and its derivatives are the main food involved in foodborne outbreaks due to the risk of transmitting *Salmonella* spp. The control is complex because there are several routes in which this bacterium can contaminate poultry meat, with several possibilities along the production chain. Failures in handling conditions during the rearing of broilers and in hygienic-sanitary procedures during slaughter steps and handling of carcasses in industries influence the contamination by this microorganism. Poultry slaughterhouses are highly automated and, despite technological advances, poultry meat is still susceptible to contamination mainly due the fact that negative animals can become contaminated with *Salmonella* spp. due cross contamination with infected animals when slaughtered at the same day or due the use of contaminated equipment and utensils. The extravasation of gastrointestinal content during evisceration is the main source of contamination of carcasses with *Salmonella* spp. in poultry slaughterhouses. In this review, general aspects about the genus *Salmonella* spp. were addressed, with emphasis on the stages of poultry processing that allow contamination of carcasses and the respective strategies used to mitigate the risk of transmitting this microorganism considering the relevant legislation.

KEY-WORDS: Bacteria. Foodborne Diseases. Foodborne Illness. Microbiology.

¹Médica-veterinária, com Pós-graduação em Defesa Sanitária e Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal com Ênfase em Legislação pelo Ifope Educacional – Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Docente do Centro Universitário Central Paulista (UNICEP), São Carlos, São Paulo, Brasil

³Docente do Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

*autor de correspondência: elisahpandrade@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador de carne de aves do mundo e terceiro maior produtor, superado apenas pelos Estados Unidos e China. Em 2019, esses países produziram, respectivamente, 19.941, 13.750 e 13.245 mil toneladas de carne, sendo 68% da produção brasileira destinada ao mercado interno e 32% para o mercado externo. O volume de exportações brasileiras vem aumentando desde 2004, implicando em uma crescente preocupação quanto à qualidade dos produtos no mercado internacional (ABPA, 2020).

Para a manutenção da competitividade do produto brasileiro, faz-se necessário a adoção de um conjunto de normas e procedimentos que assegurem a qualidade da carne, incluindo a inspeção higiênico-sanitária, que visa eliminar ou reduzir os riscos de transmissão de doenças (FILHO & SCHNEIDER, 2018). Dentre as principais zoonoses veiculadas por alimentos, destaca-se a salmonelose, cujo agente etiológico é frequentemente identificado nos surtos de doenças veiculadas por alimentos (DVA) no Brasil (FINGER et al., 2019; BRASIL, 2019a), além de causar prejuízos econômicos devido às perdas indiretas, como embargos e barreiras econômicas criadas pelos países importadores (BERCHIERI, 2000).

A carne de aves e seus derivados estão entre os principais veiculadores de *Salmonella* spp. (SWAYNE et al., 2020). A contaminação das carcaças de frango pode ocorrer em indústrias de processamento durante o abate, sendo a sangria, a escaldagem, a depenagem, a evisceração e o resfriamento os principais pontos de controle da contaminação desse microrganismo (BOUBENDIR et al., 2020), incluindo sorotipos patogênicos que são veiculados pelos alimentos, como *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium* (AFSHARI et al., 2018).

Assim, na presente revisão, foram abordados aspectos gerais sobre o gênero *Salmonella* spp., com ênfase nas etapas do processamento de aves que propiciam contaminação de carcaças e as respectivas estratégias que visam à mitigação do risco de veiculação desse microrganismo, considerando também a legislação pertinente.

Taxonomia e características gerais

As bactérias do gênero *Salmonella* pertencem à família *Enterobacteriaceae* e são bastonetes Gram-negativos, anaeróbios facultativos e não formadores de esporos (FORSHELL & WIERUP, 2006). A maioria dos membros desse gênero são móveis devido à presença de flagelos peritríquios, com exceção dos sorotipos Pullorum e Gallinarum (D'AOUST, 2007).

Salmonella spp. é composta por antígenos de superfícies, conhecidos como antígenos somáticos (O), flagelares (H) e capsulares (Vi), responsáveis pela classificação da *Salmonella* spp. em sorotipos por meio do esquema de Kauffmann-White. Os antígenos O são nomeados por números arábicos (1, 2, 3, 4...). Os antígenos H são nomeados por letras minúsculas do

alfabeto seguido de números arábicos, entretanto, o número de antígenos H é maior do que a quantidade de letras do alfabeto, portanto a última letra (z) recebe expoentes numéricos (z1, z2, z3...). Quanto ao antígeno Vi, existe apenas um tipo imunológico, encontrado em *S. Typhi*, *S. Dublin* e *S. Hirschfeldii* (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

A classificação de Kauffmann-White e métodos moleculares demonstraram que o gênero é dividido em duas espécies geneticamente distintas: *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*. A espécie *Salmonella enterica* é dividida em seis subespécies: *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* e *indica*, sendo diferenciadas pelo seu comportamento bioquímico em meios a base de açúcares e aminoácidos (GRIMONT & WEILL, 2007; SWAYNE et al., 2020). Atualmente, são reconhecidos cerca de 2.500 sorovares de *Salmonella*. *S. enterica* subsp *enterica* apresenta maior número de sorovares, sendo detectada em 99% dos isolamentos, geralmente em animais de sangue quente (BRASIL, 2011).

Esses microrganismos podem produzir gás em pequenas quantidades a partir da fermentação da glicose, com exceção de *S. Typhi*, *S. Pullorum* e *S. Gallinarum*. Geralmente, não fermentam a lactose e sacarose, mas algumas cepas podem adquirir essa característica por meio de transferência plasmidial. São capazes de descarboxilar os aminoácidos lisina e ornitina e reduzir o nitrito a nitrito, além de utilizarem o citrato como única fonte de carbono (D'AOUST, 2007; BRASIL, 2011). A identificação das espécies de *Salmonella* spp. depende de testes bioquímicos adicionais e, para a determinação dos sorotipos, são utilizados antissoros monovalentes específicos (BRASIL, 2011).

Por se tratar de uma bactéria cuja fonte primária é o trato gastrointestinal dos seres humanos e animais, sua via de transmissão é fecal-oral. A bactéria está amplamente distribuída no meio ambiente, em que pode sobreviver por longos períodos no solo e na água quando as condições ambientais são favoráveis. Devido a sua ubiquidade, *Salmonella* spp. pode ser encontrada na superfície e no interior dos alimentos de origem animal crus (BELL & KYRIAKIDES, 2002).

Seu desenvolvimento tem sido relatado em temperaturas na faixa de 5°C a 45°C, sendo sua temperatura ótima de multiplicação em torno de 37°C. Desenvolvem em uma faixa de pH entre 4.0 a 9.0, com ótima de 7.0 (SWAYNE et al., 2020). Não se multiplicam em alimentos cuja atividade de água (Aw) seja inferior a 0,94. São sensíveis ao aquecimento e destruídas facilmente durante o processo de pasteurização. Fatores como acidez, concentrações de açúcar e sal nos alimentos e temperatura afetam significativamente a tolerância térmica desse microrganismo (DOYLE & MAZZOTTA, 2000; ADAMS & MOSS, 1995). Quando presentes em alimentos com baixa Aw, há aumento da termorresistência, enquanto que em condições de baixo pH, há decréscimo da termorresistência (DOYLE & MAZZOTTA, 2000).

Fatores de virulência e patogenicidade

A capacidade de um microrganismo de entrar, replicar, disseminar e permanecer em seus hospedeiros está diretamente relacionada aos seus fatores de virulência. Dentre estes, destacam-se no gênero *Salmonella* os antígenos de superfície, as fímbrias, o lipopolissacarídeo (LPS) e as proteínas efetoras, secretadas pelas Ilhas de patogenicidade (*Specific Pathogenicity Island* - SPI) (CAMPOS, 2015).

As fímbrias estão associadas à adesão em células epiteliais, entretanto o papel que desempenham na virulência é difícil de ser avaliado, uma vez que a distribuição dos diferentes tipos de fímbrias é variável entre os sorotipos (CAMPOS, 2015).

O antígeno O se localiza no LPS da membrana externa. O LPS possui uma porção polissacarídica conhecida como cerne, de onde partem cadeias laterais monossacarídicas compostas de sequências de açúcares que se repetem duas a seis vezes. Essas cadeias laterais são específicas e caracterizam o antígeno O. Algumas *Salmonella* spp. possuem o antígeno O comum, já outras não possuem esse antígeno, determinando a formação de colônias de bactérias rugosas quando cultivadas em meio sólido (FRANCO & LANDGRAF, 1996). O antígeno Vi é codificado pelas Ilhas de patogenicidade (SPI-7) e consiste no principal antígeno de superfície de *S. Typhi*, que protege contra os mecanismos da imunidade inata do hospedeiro, impede a opsonização mediada por anticorpo e aumenta a resistência da *Salmonella* spp. à ação do sistema complemento (CAMPOS, 2015).

O antígeno H é espécie-específico e possui natureza proteica, sendo conhecido como flagelina. *Salmonella* spp. possui dois tipos de flagelina: flagelina H1 e flagelina H2, que são produzidas por diferentes genes. Há uma alternância na síntese desses dois tipos de flagelina, uma vez que *Salmonella* spp. possui capacidade de realizar a inversão ocasional de um segmento de DNA específico. Conforme orientação espacial desse segmento de DNA, haverá transcrição do gene *fliC* que codifica a flagelina H1 e bloqueio da expressão do gene *fliB*, que codifica a flagelina H2, fenômeno denominado “variação de fase”. Quando ocorre a inversão da orientação espacial desse segmento de DNA, há síntese da flagelina H2 e bloqueio da síntese da H1 (ALBERTS *et al.*, 2010). A variação de fase ajuda a proteger as células bacterianas da resposta imune do hospedeiro. Portanto, uma cultura de *Salmonella* spp. pode ter células com antígenos H na fase 1 e 2 simultaneamente, independente da fase em que se encontrava a célula que originou essa cultura. Alguns isolados de *Salmonella* spp. não possuem flagelos (imóveis), outras possuem flagelos em uma fase só (monofásicas), entretanto a maioria possui flagelos nas duas fases simultaneamente (bifásicas) (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

Além dos antígenos citados anteriormente, a sobrevivência da *Salmonella* spp. no hospedeiro depende da ação de vários produtos codificados por genes, encontrados nos plasmídeos de virulência ou nas Ilhas de patogenicidade presentes no cromossomo (MARCUS *et al.*, 2000; CAMPOS, 2015).

Os plasmídeos de virulência estão altamente associados com a bacteremia e disseminação nas infecções em hospedeiros. A virulência desses plasmídeos se difere entre os sorovares, mas todos possuem um plasmídeo com uma região genômica de 8 kb que contém o *locus spv* (*Salmonella plasmid virulence*) composto pelo gene regulador *spvR* e outros quatro genes estruturais *spvABCD*. Todos estes genes estão relacionados com a sobrevivência da *Salmonella* spp. dentro dos macrófagos e sua multiplicação dentro de outras células do hospedeiro. Outro grupo de plasmídeos de alto peso molecular são responsáveis pela resistência a antibióticos (GUINEY *et al.*, 1995; RYCHLIK *et al.* 2006).

As Ilhas de patogenicidade são grandes grupos de genes localizados no cromossomo da *Salmonella* spp. que codificam vários fatores de virulência (MARCUS *et al.*, 2000). Já foram descritas 17 Ilhas de patogenicidade, as quais codificam os mais proeminentes fenótipos de virulência (SAROJ *et al.*, 2008), sendo as ilhas SPI-1 e SPI-2 as mais relevantes (CAMPOS, 2015). Essas Ilhas conferem à *Salmonella* spp. capacidade de invadir células epiteliais, evadir do sistema imune do hospedeiro e causar infecções sistêmicas nos animais (OCHMAN & GROISMAN, 1996).

A SPI-1 está relacionada à capacidade da *Salmonella* spp. de invadir as células epiteliais e macrófagos do hospedeiro (GALÁN, 1996). A SPI-1 codifica componentes estruturais de um dos dois sistemas de secreção do tipo III (T3SS), que por sua vez, através de um poro, é responsável por injetar proteínas no citosol da célula do hospedeiro, provocando um rearranjo do citoesqueleto de actina da célula e permitindo a interiorização do agente. Uma vez dentro da célula hospedeira, a bactéria destrói as células M e enterócitos, o que permite que ela entre em contato com os macrófagos residentes no tecido e provoque a morte deles (CAMPOS, 2015). Já a SPI-2 está relacionada à capacidade da *Salmonella* spp. de sobreviver e replicar no interior das células epiteliais e macrófagos do hospedeiro (OCHMAN *et al.*, 1996). A SPI-2 contém quatro tipos de genes importantes para a virulência: *ssa*, genes relacionados ao seu próprio sistema de secreção tipo III (T3SS-2); *ssr*, que codifica proteínas reguladoras; *ssc*, que codifica proteínas chaperones; e *sse*, relacionados às proteínas efetoras que são injetadas na célula hospedeira (CAMPOS, 2015).

Importância de *Salmonella* spp. como causadora de doenças veiculadas por alimentos

Salmonella spp. pode causar três tipos de doenças: a febre tifoide, causada pela *Salmonella* Typhi, as febres entéricas, causadas pela *Salmonella* Paratyphi (A, B e C), e as enterocolites causadas pelos demais sorotipos (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

A febre tifoide acomete apenas seres humanos, sendo este o reservatório da *S. Typhi*, e a doença é veiculada por meio do consumo de alimentos e água contaminados com fezes humanas. Os sintomas são graves e incluem septicemia, febre alta, diarreia e

vômito, sendo que algumas pessoas podem se tornar portadoras durante muito tempo após o término dos sintomas. A febre entérica se assemelha a febre tifoide, entretanto, sua duração é menor e seus sintomas são mais brandos (FRANCO & LANDGRAF, 1996; ADAMS & MOSS, 1995).

Nas salmoneloses, os sinais clínicos incluem diarreia, febre, dores abdominais e vômito. A doença normalmente é auto limitante, mas em indivíduos imunossuprimidos e crianças a doença pode cursar de forma mais grave, envolvendo a ocorrência de septicemia, meningite, osteomielites e problemas renais. Os sintomas aparecem, em média, 12 a 36 horas após o contato com o microrganismo e podem durar entre um a quatro dias (FRANCO & LANDGRAF, 1996; ADAMS & MOSS, 1995).

Considerada a DVA mais difundida no mundo, a importância epidemiológica de infecções por *Salmonella* spp. pode ser explicada pela infecção por esta bactéria envolver praticamente todos os vertebrados, pela veiculação do microrganismo estar associada à ingestão de alimentos e por alterações na predominância dos sorovares em infecções humanas, o que torna o seu controle um desafio para a saúde pública no Brasil (BRASIL, 2011).

Dados do Ministério da Saúde evidenciam que *Salmonella* spp. é responsável por mais de 30% dos casos de DVA no Brasil (BRASIL, 2019), envolvendo diversos produtos de origem animal, como carnes, ovos e leites e seus derivados, além de frutas e vegetais (PONTELLO *et al.*, 1998; HEINITZ *et al.*, 2000; HUMPHREY *et al.*, 1991; DE VALK *et al.*, 2000; TAUXE *et al.*, 1997; COOK *et al.*, 1998; GREIG & RAVEL, 2008).

Greig & Ravel (2008) identificaram que surtos de salmonelose estavam associados com os seguintes alimentos: sobremesa, molhos, sanduiche e comidas diversas (37%); aves (23%); ovos (14%); carne vermelha (13%); peixes (5%) e vegetais (4%). Apesar de grande parte dos alimentos incriminados em surtos de DVA serem ignorados ou inconclusivos, a carne de aves e seus derivados estão entre os principais veiculadores de *Salmonella* spp. (BRASIL, 2019).

No Brasil, o predomínio dos sorotipos isolados no decorrer das décadas tem apresentado variabilidade. Um estudo realizado por Taunay *et al.* (1996) com amostras provenientes de infecção humana e materiais de origem não humana indicou que no período de 1950 a 1966 não houve predomínio de sorotipos específicos. Entretanto, no período de 1970 a 1976, *S. Typhimurium* passou a ser sorotipo predominante, representando 77,7% dos isolados. O período de 1977 a 1990 é caracterizado pelo declínio de isolamento da *S. Typhimurium* e o aumento significativo do isolamento de outros sorovares, como *S. Agona*. A partir de 1993, houve um aumento expressivo da ocorrência de *S. Enteritidis* (TAVECHIO *et al.*, 1996).

A ocorrência de *Salmonella* spp. em carne de aves tem sido constatada por diferentes pesquisadores. Almeida *et al.* (2000) identificaram a presença desse microrganismo em carcaças, sendo que 46,7% das carcaças congeladas e 86,7% das resfriadas estavam

contaminadas. Carvalho & Cortez (2005) avaliaram a presença de *Salmonella* spp. em carcaças de frango, carne mecanicamente separada (CMS), linguiça de frango, peito, coxa e sobrecoxa procedentes da Região Nordeste do Estado de São Paulo, e encontraram contaminação em 13,3%, 25%, 16%, 30%, 13,3% das amostras, respectivamente.

Um estudo realizado em Jaboticabal, São Paulo, avaliou 150 carcaças de frango congeladas, em que foi constatado que 32,0% das carcaças estavam contaminadas por *Salmonella* spp. e 60,4% dos isolados pertenciam ao sorotipo Enteritidis, seguido de *S. Schwarzengrund* (8,3%), *S. Agona* e *S. Poona* (6,2%), *S. Hadar* e *S. Mbandaka* (4,2%), *S. Anatum*, *S. Havana*, *S. Montevideo* e *S. Ouakan* (SANTOS *et al.*, 2000). Esses achados confirmam os de Lírio *et al.* (1998), em que o sorovar mais frequentemente detectado em alimentos no Estado de São Paulo, foi a *S. Enteritidis* (70,6%), seguida de *S. Agona* (3,7%), *S. Brandenburg* (2,9%), *S. Hadar* (2,9%) e *S. Anatum* (2,9%), sendo que os alimentos compostos por produtos avícolas foram os mais contaminados.

Contaminação da matéria-prima envolvendo produtos avícolas associados a falhas de manipulação e preparo do alimento pelo consumidor implicam em surtos de salmonelose, como os investigados no Rio Grande do Sul em 2000, dos quais 72,8% estavam relacionados a matéria-prima sem inspeção e/ou manipulação incorreta de alimentos como fatores determinantes (NADVORNY *et al.*, 2004). Anderson *et al.* (2004) indicaram que as más práticas durante a manipulação do alimento pelo consumidor em suas residências contribuem de forma substancial para a ocorrência das DVA.

Kaku *et al.* (1995) e Peresi *et al.* (1998) atribuíram parte da responsabilidade de surtos alimentares causados por *S. Enteritidis* à contaminação cruzada pelo uso de utensílios ou equipamentos no preparo final dos alimentos, tal afirmação corrobora com o descrito por Klontz *et al.* (1995) que realizaram um estudo sobre práticas de higiene e demonstraram que 25% dos entrevistados reutilizavam tábuas de cortar sem higienizá-las após cortar carne crua de frango.

A contaminação cruzada por *S. enterica* da carne de frango crua para o alface foi observada por Ravishankar *et al.* (2010), em diferentes cenários, com ou sem a adoção de procedimentos de higienização dos utensílios. Carvalho & Cortez (2005) relataram que lavar os utensílios usando apenas água não é o suficiente para remover a *S. enterica*, enquanto a lavagem feita com água quente, sabão e fricção mecânica são suficientes para evitar a contaminação cruzada.

Na região Noroeste do Estado de São Paulo, no período de 1993 a 1997, foram descritos 23 surtos de salmonelose acometendo 906 pessoas no total, sendo que em 84% das amostras humanas foram obtidos isolados de *Salmonella* Enteritidis Fagotipo 4. Os principais sintomas apresentados foram diarreia (99,2%), febre (88,9%), dor abdominal (74,6%) e vômito (65,7%) (PERESI *et al.*, 1998). Esses achados corroboram a sintomatologia evidenciada por Kaku *et*

al., (1995), cujos sinais predominantes também foram diarreia, febre, dor abdominal, vômito, calafrios e cefaleia, nessa ordem de importância.

Pontos críticos de contaminação durante o abate de aves

A disseminação da *Salmonella* spp. por toda a cadeia produtiva da carne de frango é muito bem documentada (GREIG & RAVEL, 2008; JONES *et al.*, 1991; BAILEY *et al.*, 2002). Falhas nas condições de manejo durante a criação dos animais e nos procedimentos higiênico-sanitários durante as operações de abate e manipulação das carcaças justificam, em parte, a disseminação dessa bactéria em todas as etapas de produção (BELL & KYRIAKIDES, 2002).

Jones *et al.* (1991) coletaram amostras em vários pontos da cadeia produtiva: fábrica de rações, aviários de reprodutores, incubatórios, aviários do frango de corte e abatedouros, sendo que 20,8%, 13%, 7,1%, 4,5% e 16,1% apresentaram contaminação por *Salmonella* spp., respectivamente. Bailey *et al.* (2002) observaram 12 diferentes sorotipos de *Salmonella* spp. nas amostras coletadas em diversos pontos da cadeia, cujo sorotipo predominante foi *S. Senftenberg*, com exceção da fase de produção de ovos.

A maioria dos abatedouros-frigoríficos de aves são indústrias altamente automatizadas e, apesar dos avanços tecnológicos, a carne de frango ainda é passível de contaminação por *Salmonella* spp. A própria automatização do processo propicia a contaminação cruzada por meio do contato com a água contaminada nas etapas de escaldagem e resfriamento, disseminação da contaminação durante a depenagem e disseminação de resíduos gastrointestinais durante as várias etapas da evisceração (RASSCHAERT *et al.* 2008; HAMIDI *et al.*, 2014).

Os lotes de frango de corte negativos podem se contaminar através da contaminação cruzada provocada por lotes positivos abatidos no mesmo dia ou pelo uso de equipamentos compartilhados, ou pelo extravasamento de conteúdo gastrointestinal, sendo essa a principal fonte de contaminação das carcaças por *Salmonella* spp. nos abatedouros (RASSCHAERT *et al.*, 2008; LILLARD, 1989). Além disso, o grande número de frangos processados, alta velocidade de abate e falhas na regulagem dos maquinários associado a lotes com peso dos frangos desuniforme levam a uma dificuldade no controle da contaminação (DIAS *et al.*, 2016).

Rasschaert *et al.* (2008) avaliaram o impacto que uma linha de abate contaminada por *Salmonella* spp. exerce sobre a contaminação das carcaças durante o processamento e observaram que, durante o abate, as carcaças do primeiro lote de frangos negativos para *Salmonella* spp. abatidos no dia se tornaram contaminadas pelo mesmo isolado previamente detectado na linha de abate. Portanto, como forma de se prevenir a contaminação cruzada nas linhas, a indústria deve organizar a programação de abate de modo que os lotes com *status* sanitário negativo sejam abatidos antes dos positivos ou em dias diferentes.

Outra pesquisa que evidencia a ocorrência de contaminação cruzada foi a realizada por Fuzihara *et al.* (2000), que observaram a prevalência de *Salmonella* spp. em carcaças, utensílios e amostras ambientais coletadas em 60 abatedouros de aves no Brasil. Apresentaram contaminação 42% das amostras de carcaças, 23,1% dos utensílios, 71,4% das águas de abastecimento e 71,4% dos freezers e refrigeradores. Todas as amostras coletadas no decorrer do processo de abate foram positivas para *Salmonella* spp. Esse resultado indica que essa bactéria se dissemina facilmente dentro no abatedouro e é capaz de sobreviver em ambientes hostis. Diante disso, a estratégia de prevenção requer múltiplas abordagens para que se diminua a disseminação da bactéria durante o processamento da carne de aves, incluindo um enfoque de Saúde Única (*One Health*) (SILVA *et al.*, 2014).

Rasschaert *et al.* (2008) também isolaram *S. Tiphymurium* de suabes coletados de superfícies na linha de abate recém higienizada, entretanto, por esta mesma linha um lote positivo para *S. Tiphymurium* havia sido abatido na semana anterior a coleta. Em outro abatedouro, cepas de *S. Agona* e *S. Virchow* provenientes de lotes positivos abatidos não foram encontradas em suabes de superfície coletados da linha de abate após higienização. Esse resultado indica que alguns isolados de *Salmonella* spp. são facilmente eliminados durante os procedimentos de higienização, no entanto outras podem permanecer nas superfícies de maquinários e equipamentos mesmo após sucessivos procedimentos de higienização (OLSEN *et al.*, 2003).

Etapas importantes que propiciam a contaminação de lotes inicialmente negativos são as etapas de escaldagem e de pré-resfriamento, pois trata-se de imersão de carcaças em meios com alta concentração de células bacterianas, o que influencia diretamente na taxa de adesão da *Salmonella* spp. na pele (LILLARD, 1989). Hamidi *et al.* (2014) coletaram um total de 420 amostras de água em diferentes pontos de processamento, sendo que 46 amostras estavam contaminadas com *Salmonella* spp. Lillard (1989) demonstrou que após a imersão em água, cristas e fendas da pele se tornam mais pronunciadas, aprisionando as bactérias que inicialmente estavam em um filme de água sobre a pele, dificultando a ação de substâncias antimicrobianas. Entretanto, os lotes positivos que entram para o abate possuem a bactéria firmemente aderida à pele e mesmo os sucessivos enxágues nas carcaças são insuficientes para eliminar ou controlar esse microrganismo. Portanto, a produção de lotes livres de *Salmonella* spp. é indispensável para a produção de carcaças sem essa bactéria (LILLARD, 1989).

Substâncias antimicrobianas são adicionadas na água dos *pré-chillers* e *chillers* com o propósito de reduzir o nível de contaminação microbiana nas carcaças. No Brasil, a água de renovação do sistema de pré-resfriamento por imersão pode ser hiperclorada, permitindo-se no máximo 5 ppm de cloro livre (BRASIL, 1998). Entretanto, países como Estados Unidos utilizam hipoclorito de sódio na água do *chiller* na concentração de até 50 ppm de cloro livre, além de

outros produtos antimicrobianos como ácido peracético e metil sulfato de sódio (USA, 2018).

O tratamento da água do *chiller* requer relativamente um alto nível de cloro para um efetivo controle da população microbiana presente no sistema (BUNCIC e SOFOS, 2011). Xiao *et al.* (2019) relataram que a utilização de 50-100 mg/L de cloro na água do *chiller* foi suficiente para reduzir a carga de *Salmonella* spp. na água, diminuindo as chances de contaminação cruzada, entretanto, não foi suficiente para reduzir as contagens de bactérias aderidas às carcaças. Bauermeister *et al.* (2008) observaram que a água do *chiller* tratada com 30 ppm de cloro apresentou redução da contaminação das carcaças em 57%. Cloro na água do *chiller* nas concentrações de 20 a 100 ppm tem se mostrado eficaz na redução da contagem de *Salmonella* spp. nas carcaças (LILLARD, 1980; NORTH CUT *et al.*, 2003, YANG *et al.* 2001).

Mesmo reduzindo os níveis de contaminação, a água clorada do *chiller* ainda pode permitir a contaminação cruzada (SARLIN *et al.*, 1998), principalmente porque com o passar das horas o cloro tem seu efeito reduzido (YANG *et al.*, 2001). Além disso, como a legislação brasileira estabelece o limite de 5 ppm de cloro, o controle de *Salmonella* spp. neste sistema deve ser realizado apenas pelo efeito da temperatura da água, aliada ao movimento de renovação por contrafluxo respeitando o volume indicado, tempo de passagem no *chiller*, carga de carcaças e pH da água conforme preconizado pela Portaria SDA nº 210 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1998). Dentro da indústria, esses parâmetros devem sempre ser monitorados, uma vez que a eficácia do cloro é reduzida em pH acima de 7,0-7,5, em temperaturas elevadas e em grandes quantidades de matéria orgânica (BUNCIC & SOFOS, 2011; YANG *et al.*, 2001).

Yang *et al.* (2001) inocularam *S. Tiphymurium* na água de escaldagem, água do *chiller* e na pele das carcaças para avaliar o efeito da temperatura da água de escaldagem e nível de cloro da água do *chiller* sobre a bactéria. No tanque de escaldagem, *S. Tiphymurium* se mostrou sensível ao aquecimento a partir da temperatura de 55°C, sendo que na temperatura de 60°C houve uma redução de >5,5 log UFC/mL na água e >2 log UFC/cm² na pele da carcaça. O tempo de escaldagem não afetou de forma significativa a sensibilidade da *S. Tiphymurium* ao aquecimento, entretanto o pH baixo da água do tanque, devido a presença da matéria orgânica, aumenta sua resistência ao aquecimento. Em contrapartida, outro estudo mostrou que altas temperaturas de escaldagem causam a perda do extrato córneo da pele da carcaça, facilitando a adesão das bactérias (KIM *et al.*, 1993).

Apesar da temperatura do tanque de escaldagem ter um efeito antimicrobiano, devido à presença de matéria orgânica (sangue, material fecal, penas e outros tipos de sujidades), esta etapa ainda pode permitir a contaminação cruzada. Sistema contracorrente e escaldagem em vários estágios parecem reduzir a oportunidade de contaminação (CASON & HINTON, 2006; USA, 2018). Além disso,

no Brasil, a Portaria SDA nº 210 institui a renovação contínua de água, de maneira que em cada turno de trabalho (oito horas) seja renovado o correspondente ao seu volume total (BRASIL, 1998).

Apesar das depenadeiras mecânicas removerem as penas das carcaças, também influenciam na dispersão microbiana e contaminação de outras carcaças. Nesta etapa, as três rotas potenciais de contaminação microbiana são o contato direto, a contaminação indireta por meio de equipamentos, especialmente os dedos protetores de borracha, e a difusão aérea pelos aerossóis, gotículas de água ou material articulado (ALLEN *et al.*, 2003). Medidas que podem reduzir a contaminação durante esta etapa incluem a prevenção de acúmulo de penas nos equipamentos, limpeza e manutenção regular dos dedos de borracha, adequada higienização do equipamento antes das operações e enxágue contínuo das carcaças e equipamentos durante o procedimento (FAO/WHO, 2009a,b).

Outra importante fonte de contaminação dentro da indústria são os manipuladores de alimentos. O papel destes na ocorrência das DVA tem sido claramente demonstrado. A lavagem das mãos continua sendo o principal meio de redução da contagem microbiana, sendo que o tempo gasto para lavar as mãos e a intensidade do atrito durante o ensaboamento são mais importantes para remoção dos microrganismos do que a temperatura da água (TODD *et al.*, 2009).

Salmonella spp. é capaz de se aderir às superfícies inertes presentes na indústria de processamento de alimentos e formar biofilmes. Essa adesão se inicia por meio do acúmulo de matéria orgânica nos equipamentos e superfícies de contato, onde os microrganismos interagem com as mesmas e iniciam a multiplicação celular. Quando a massa bacteriana é suficientemente espessa para agregar nutrientes, resíduos e outros organismos, o biofilme está estabelecido (OLIVEIRA *et al.*, 2010). O biofilme formado possui potencial para atuar como uma fonte constante de contaminação microbiana, uma vez que dificilmente será removido pelos procedimentos rotineiros de higienização (limpeza e sanitização), podendo levar a contaminação desses alimentos, causando deterioração ou veiculação de patógenos (MERINO *et al.*, 2019).

Oliveira *et al.* (2014) avaliaram a habilidade de *Salmonella* spp. em formar biofilmes em diversos materiais em diferentes temperaturas e observaram que 98,3% dos isolados formaram biofilmes em algum material em pelo menos uma das temperaturas testadas. Ziech (2015) avaliou 98 isolados obtidos de esteiras transportadoras em salas de cortes de plantas processadoras de aves, sendo que todas apresentaram habilidade de formar biofilme. O biofilme propicia uma tolerância ao estresse, pois a susceptibilidade aos antibióticos e desinfetantes é reduzida, tornando a sua eliminação de instalações de processamento de alimentos um grande desafio (CORCORAN, 2013; JOSEPH *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Joseph *et al.* (2001) observaram que biofilmes de *Salmonella* spp. formados em superfícies de

plástico, cimento e aço inoxidável são mais resistentes a sanitizantes quando comparados às células planctônicas. Ao expor o biofilme a 100 ppm de cloro ou 50 ppm de iodo por pelo menos 15 minutos, o biofilme era completamente removido, enquanto as células planctônicas são completamente mortas após exposição a uma solução de 10 ppm de cloro ou iodo por 5 minutos.

Para evitar a formação de biofilmes, é preciso eliminar todos os fatores que predisõem ao acúmulo de matéria orgânica nos equipamentos e ambientes. É imprescindível o estabelecimento de programas e procedimentos de higienização corretos, como o Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e Boas Práticas de Fabricação (BPF), associado à realização de métodos de validação dos procedimentos de higienização como o teste do suabe de superfície como forma de controle laboratorial (KASNOWSKI *et al.*, 2010). Além disso, deve-se atentar para a escolha dos materiais de superfície e revestimento e design dos equipamentos, evitando cantos inacessíveis, frestas, juntas e soldas não sanitárias, pois são pontos vulneráveis para o acúmulo de resíduos.

Legislações pertinentes

A ausência de determinados microrganismos causadores de zoonoses em produtos de origem animal é uma exigência de regulamentos nacionais e internacionais. Segundo orientações do *Codex Alimentarius*, qualquer programa de controle de *Salmonella* spp. deve ter como objetivo a prevenção e redução da contaminação das carcaças (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

Não como forma de controle específico para *Salmonella* spp., mas para qualquer tipo de contaminação, o Brasil dispõe da Portaria nº 210, de 10 de Novembro de 1998, Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, Portaria nº 46, de 10 de Fevereiro de 1998, Circular 175, de 16 de Maio de 2005 e Portaria nº 368, de 4 de Setembro de 1997. O abate de aves está regulamentado pela Portaria nº 210, que estabelece o Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves que, juntamente com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), abordará as questões relacionadas à localização dos estabelecimentos, particularidades quanto aos equipamentos e instalações, assim como os materiais utilizados, layout e higiene destes, binômios de tempo e temperatura utilizados durante o processamento, higiene dos colaboradores e dos procedimentos *ante e post mortem*.

No ano de 2005 foi publicada pelo MAPA a Circular nº 175, que fundamentava os Programas de Autocontrole, que deveriam ser sistematicamente submetidos à verificação contínua de todos os fatores que, de alguma forma, pudessem interferir na qualidade higiênico-sanitária dos produtos expostos ao consumo da população (BRASIL 2005), mas que atualmente não se encontra mais em vigor.

Já no ano de 2017, foi publicada pelo MAPA a Norma Interna 01 que trouxe uma atualização nos

elementos de inspeção estabelecidos nos Programas de Autocontrole, com a necessidade de uma verificação oficial aplicada a cada elemento de inspeção, sendo estes: manutenção, água de abastecimento, controle integrado de pragas, higiene industrial e operacional, higiene e hábitos higiênicos dos funcionários, procedimentos sanitários operacionais, controle de matéria-prima, controle de temperatura, programa de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC), análises laboratoriais (autocontrole e atendimento de requisitos sanitários específicos), controle de formulação de produtos e combate a fraudes, rastreabilidade e recolhimento, respaldo para certificação oficial e bem estar animal (BRASIL, 2017).

Além da verificação sistemática dos Programas de Autocontrole, o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), estabelece como requisitos básicos para a garantia da inocuidade dos produtos o Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO), o APPCC (Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), que foi instituído gradativamente nas indústrias de produtos de origem animal pela Portaria nº 46 e as Boas práticas de fabricação (BPF), aprovada pela Portaria nº 368 de 1997.

Uma normativa de grande relevância que foi posteriormente publicada pelo MAPA foi a IN nº 20, de 21 de outubro de 2016, que regulamenta o controle e monitoramento de *Salmonella* spp. nos estabelecimentos avícolas comerciais de frangos e perus de corte e nos estabelecimentos de abate de frangos, galinhas, perus de corte e reprodução, registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF), com objetivo de reduzir a prevalência desse agente. As coletas são realizadas em ciclos de amostragem, cujo número de amostras de carcaças de frango a serem coletadas após o pré-resfriamento e o número de amostras positivas aceitáveis serão determinados pelo volume de abate do estabelecimento. Além disso, há um monitoramento da ocorrência de infecção por *Salmonella* spp. nos aviários.

Ainda no Brasil, a regulamentação técnica sobre padrões microbiológicos para alimentos é apresentada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabeleceu a Instrução Normativa (IN) nº 60, de 23 de dezembro de 2019. A IN nº60 estipula ausência de *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium* em 25g de amostra de carne de aves ou miúdos crus e seus derivados, bem como a ausência desse gênero bacteriano em outros alimentos.

Todas essas legislações embasam a atuação da indústria quanto ao atendimento dos requisitos higiênico-sanitários, direcionando-as na implantação dos seus próprios procedimentos e para adoção de medidas de controle no caso de violação dessas normas, garantindo a qualidade e segurança dos produtos cárneos oriundos de aves.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle de *Salmonella* spp. na produção animal e dentro da indústria de alimentos é um grande

desafio. Isso se deve à existência de inúmeras possibilidades de contaminação e disseminação da *Salmonella* spp. nas aves e carne do campo à mesa. Ao longo de toda cadeia produtiva, deve ser feita uma análise crítica para então estabelecer medidas específicas baseadas em ciência, com ênfase maior na prevenção e controle da contaminação. Apesar das dificuldades, o seu controle é necessário para garantir a inocuidade do alimento produzido e mitigar o risco de agravos à saúde dos consumidores.

A adoção de medidas de biossegurança durante a produção a criação das aves e de programas de autocontrole na indústria são recomendados. Por melhores que sejam os processos dentro do abatedouro frigorífico, algumas falhas são esperadas, e quando lotes infectados são abatidos, as chances de contaminação direta e indireta das carcaças abatidas na sequência são grandes. Diante disso, a implementação dos Programas de Autocontrole, BPF, PPHO e APPCC, bem como Normas ISO e a utilização da Análise de Riscos têm sido importantes para a prevenção e controle da contaminação, garantindo produtos seguros e competitivos.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. M.; MOSS, O. M. Food Microbiology. In: Bacterial Agents of Foodborne Illness. 3 ed. Guildford: RSC Publishing, 1995, p. 235-249.
- ALLEN, V. M.; TINKER, D. B.; HINTON, M. H.; WATHES, C. M. Dispersal of microorganisms in commercial defeathering systems. *British Poultry Science*, London, v. 44, p. 53-59, 2003.
- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; MORGAN, D.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P.; WILSON, J.; HUNT, T. *Biologia molecular da célula*. 6 ed. Artmed Editora, 2010.
- ALMEIDA, I. C.; GONÇALVES, P. M. R.; FRANCO, R. M.; CARVALHO, J. C. A. P. Isolamento e identificação de *Salmonella* em carcaças de frango congelados e frescos, através de método rápido. *Higiene Alimentar*, São Paulo, v.14, n.70, p.59-62, 2000.
- ANDERSON, J.B.; SHUSTER, T. A.; HANSEN, K. E.; LEVY, A. S.; VOLK, A. A camera's view of consumer food-handling behaviors. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 104, p. 186-191, 2004.
- AFSHARI, A; BARATPOUR, A.; KHANZADE, S.; JAMSHIDI, A. *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimorium identification in poultry carcasses. *Iranian journal of microbiology*, v. 10, n. 1, p. 45, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6004630/>. Acesso em: 08 nov, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. Relatório Anual 2020. São Paulo, 2020. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf. Acesso em: 08 nov. 2020.
- BAILEY, J. S.; COX, N. A.; CRAVEN, S. E.; COSBY, D. E. Serotype tracking of *Salmonella* through integrated broiler chicken operations. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 65, p. 742-745, 2002.
- BAUERMEISTER, L. J.; BOWERS, J. W. J.; TOWNSEND, J. C.; MCKEE, S. R. Validating the Efficacy of Peracetic Acid Mixture as an Antimicrobial in Poultry Chillers. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 71, n. 6, p. 1119-1122, 2008.
- BELL, C.; A. KYRIAKIDES. *Salmonella* - a practical approach to the organism and its control in foods. Oxford: Blackwell Science, 2002. Disponível em http://ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user_upload/Daneshkadeha/dbehdasht/behdasht_imani/book/Salmonella-a_practical_approach_to_the_organism_and_its_control. Acesso em: 12 fev. 2018.
- BERCHIERI JÚNIOR, A.; FREITAS NETO, O. C. *Salmoneloses*. In: BERCHIERI JUNIOR, SILVA, E. N.; DI FÁBIO, J.; SESTI, L.; ZUANAZE, M. A. F. *Doenças das aves*. 2 ed. Campinas: Editora Facta, 2009, p. 435-450.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 18 ago. 2020. Seção 1, p. 5. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/decreto-revisao-riispoa-decreto-10-468-2020.pdf/view>. Acesso em: 08 nov. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 20, de 21 de outubro de 2016. Programa de Controle e Monitoramento de *Salmonella* spp. em frangos, galinhas e perus de corte e reprodução. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 25 out. 2016. Seção 1, p 13-16. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/control-de-patogenos/arquivos-control-de-patogenos/SalmonellaIN202016Salmonella.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ofício circular nº 175 de 16 de maio de 2005. Disponível em: <http://dzetta.com.br/info/wp-content/uploads/2011/06/dzetta-Circular-175-de-16-de-maio-de-2005.pdf>, acesso em 16 nov. 2020
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria DAS nº 210, de 10 de

novembro de 1998. Aprova o Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 26 nov. 1998. Seção 1, p. 226.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Surto de doenças alimentares transmitidas no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde, 2019a. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/fevereiro/15/Apresenta---o-Surtos-DTA---Fevereiro-2019.pdf> Acesso em: 08 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual técnico de diagnóstico laboratorial de *Salmonella spp.*: diagnóstico laboratorial do gênero *Salmonella*. 1 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2014/dezembro/15/manual-diagnostico-Salmonella-spp-web.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2019b. Seção 1, p. 133. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 08 nov. 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma Interna nº1 DIPOA/DAS de 2017. Disponível em: https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Norma_Interna.pdf, acesso em 16 nov. 2020

BOUBENDIR, S.; ARSENAULT, J.; QUESSY, S.; THIBODEAU, A.; FRAVALO, P.; THÉRIAULT, W.; FOURNAISE, S.; GAUCHER, M. L. Research paper Salmonella contamination of broiler chicken carcasses at critical steps of the slaughter process and in the environment of two slaughter plants: Prevalence, genetic profiles and association with the final carcass status Salmonella contamination of broiler carcasses. Journal of Food Protection, 2020. doi: 10.4315/JFP-20-250. Epub ahead of print. PMID: 33003200.

CAMPOS, L. C. *Salmonella*. In: TRABULSI, L; ALTERTHUM, F. Microbiologia. São Paulo: Atheneu, 6 ed., 2015, p. 351-360.

CARVALHO, A.C.F.B.; CORTEZ, A.L.L. *Salmonella* sp. em carcaças, carne mecanicamente separada, linguças e cortes comerciais de frango. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1465- 1468, 2005.

CASON, J. A.; HINTON, A. *Coliforms, Escherichia coli, Campylobacter, and Salmonella* in a counterflow poultry scalding tank with a dip tank. International Journal of Poultry Science, London, v. 5, n. 9, p. 846–849, 2006.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Animal Food Production. Food & Agriculture Org., Roma, 2 ed., 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i1111e/i1111e.pdf> Acesso em: 11 de mai. 2018.

COOK, K. A.; DOBBS, T. E.; HLADY, W. G.; WELLS, J. G.; BARRETT, T. J.; PUHR, N. D.; LANCETTE, G. A.; BODAGER, D. W.; TOTH, B. L.; GENESE, C. A.; HIGSMITH, A. K.; PILOT, K. E.; FINELLI, L.; SWERDLOW, D. L. Outbreak of *Salmonella* serotype *Hartford* infections associated with unpasteurized orange juice. American Medical Association, v. 280, n. 17, p. 1504-1509, 1998.

CORCORAN, M. *Salmonella enterica* - biofilm formation and survival of disinfection treatment on food contact surfaces. 2013. 268 f. Dissertação – School of Medicine, National University of Ireland, Galway, 2013.

D'AOUST, J. Y.; MAURER, J. *Salmonella* species. In: DOYLE, M. P.; BEUCHAT, L. R. International Journal of Food Microbiology: fundamentals and frontiers. 3 ed. Washington, DC: ASM Press, 2007, p. 187-236.

DIAS, M. R.; CAVICCHIOLI, V. Q.; CAMARGO, A. C.; LANNA, F. G. P. A.; PINTO, P. S. A.; BERSOT, L. S.; NERO, L. A. Molecular tracking of *Salmonella spp.* in chicken meat chain: from slaughterhouse reception to end cuts. International. Journal of Food Science and technology, v. 53, p. 1084-1091, 2016

DOYLE, M. E.; A. S. MAZZOTTA. Review of studies on the thermal resistance of *Salmonellae*. Journal of Food Protection, Des Moines, v. 63, n. 6, p. 779–795, 2000.

FAO/WHO. Microbiological Risk Assessment, Series 19. *Salmonella* and *Campylobacter* in chicken meat. Meeting Report, 2009a. Disponível em: http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/MR_A19.pdf Acesso em: 29 de Março de 20018.

FAO/WHO. Proposed Draft Guidelines for Control of *Campylobacter* and *Salmonella* spp. In chicken meat (N08-2007). Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Committee on Food Hygiene. 4 ed., 2009b. Disponível em: <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/6732c082-af40-415e-9b57-90533ea4c252/Controlling-Salmonella-Campylobacter-Poultry-2015.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 29 mar. 2018.

FILHO, A. L.; SHNEIDER, M. B. Competitividade e barreiras comerciais a produção de frango brasileira na perspectiva dos gestores: uma avaliação usando a Matriz de Impactos Cruzados – MIC MAC. Economia & Região, v.6, n.1, p. 23-45, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032018000300467&script=sci_arttext#fn5 Acesso em: 08 nov. 2020.

- FINGER, J. A. F. F.; BARONI, W. S. G. V.; MAFFEI, D. F.; BASTOS, D. H. M.; PINTO, U. M. Overview of Foodborne Disease Outbreaks in Brazil from 2000 to 2018. *Foods*, v. 8, n. 10, p. 434, 2019.
- FORSHELL, L. P.; WIERUP, M. *Salmonella* contamination: a significant challenge to the global marketing of animal foods products. *Revue Scientifique Technique Office International des Epizooties*, Paris, v. 25, n. 2, p. 541-554, 2006.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microrganismos patogênicos de importância em alimentos - *Salmonella*. In: FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M: *Microbiologia dos Alimentos*. 1 ed. São Paulo: Atheneu, 1996. p. 55-60.
- FUZHARA, T. O.; FERNANDES, S. A.; FRANCO, B. D. G. M. Prevalence and dissemination of *Salmonella* serotypes along the slaughtering process in Brazilian small poultry slaughterhouses. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 63, n. 12, p. 1749-1753, 2000.
- GALÁN, J. E. Molecular genetic bases of *Salmonella* entry into host cells. *Molecular Microbiology*, Oxford, v. 20, n. 2, p. 263-271, 1996.
- GUINEY, D. G., FANG, F. C., KRAUSE, M., LIBBY, S., BUCHMEIER, N. A., Fierer, J. *Biology and Clinical Significance of Virulence Plasmids in Salmonella* Serovars. *Clinical Infectious Diseases*, Chicago, v. 21, n. 2, p. S146-S151, 1995.
- GREIG, J. D.; RAVEL, A. Analysis of foodborne outbreak data reported internationally for source attribution. *International Journal of Food Microbiology*, Washington, v. 130, n. 2, p. 77-87, 2009.
- GRIMONT, D. A. P.; WEILL, X. F. Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars. WHO collaborating Center for Reference and Research on *Salmonella*. 9 ed. Paris, Pasteur Institute, 2007.
- HAMIDI, A.; IRSIGLER, H.; JAEGER, D.; MUSCHALLER, A; FRIES, R. Quantification of water as a potential risk factor for cross-contamination with *Salmonella*, *Campylobacter* and *Listeria* in a poultry abattoir. *British poultry science*, v. 55, n. 5, p. 585-591, 2014.
- HUMPHREY, T. J.; WHITEHEAD, A.; GAWLER, A. H. L.; HENLEY, A.; ROWE, B. Numbers of *Salmonella enteritidis* in the contents of naturally contaminated hens' eggs. *Epidemiology & Infection*, v. 106, n. 3, p. 489-496, 1991.
- JONES, F. T.; AXTELL, R. C.; RIVES, D. V.; SCHEIDELER, S. E.; TARVER JR, F. R.; WALKER, R. L.; WINELAND, M. J. A survey of *Salmonella* contamination in modern broiler production. *Journal of Food Protection*, v. 54, n. 7, p. 502-507, 1991.
- JOSEPH, B.; OTTA, S. K.; KARUNASAGAR, I. Biofilm formation by *Salmonella* spp. on food contact surfaces and their sensitivity to sanitizers. *International Journal of Food Microbiology*, v. 64, p. 367-372, 2001.
- KASNOWSKI, M. C.; MANTILLA, S. P. S.; OLIVEIRA, L. A. T.; FRANCO, R.M. Formação de biofilme na indústria de alimentos e métodos de validação de superfícies. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Garça*, v. 15, p. 1-23, 2010.
- KAKU, M.; PERESI, J. T. M.; TAVECHIO, A. T. Surto alimentar por *Salmonella* Enteritidis no Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 29, p. 127-131, 1995.
- KIM, J. W.; SLAVIK, M. F.; GRIFFIS, C. L.; WALKER, J.T. Attachment of *Salmonella typhimurium* to skins of chicken scalded at various temperatures. *Journal of Food Protection*, v. 56, n. 8, p. 661-665, 1993.
- KLONTZ, K. C.; TIMBO, B.; FEIN, S.; LEVY, A. Prevalence of selected food consumption and preparation behaviors associated with increased risks of foodborne disease. *Journal of Food Protection*, v. 58, n. 8, p. 927-930, 1995. Disponível em: <http://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-58.8.927>. Acesso em: 16 mai. 2018.
- LILLARD, H. S. Effect on broiler carcasses and water of treating chiller water with chlorine or chlorine dioxide. *Poultry Science*. v. 59, p. 1761- 1766, 1980.
- LILLARD, H. S. Factors affecting the persistence of *Salmonella* during the processing of poultry. *Journal of Food Protection*. v.52, n. 11, p. 829-832, 1989.
- MARCUS, S. L.; BRUMELL, J. H.; PFEIFER, C. G.; FINLAY, B. B. *Salmonella* pathogenicity islands: big virulence in small packages. *Microbes and infection*, v.2, p. 145-56, 2000.
- MERINO, L.; PROCURA, F.; TREJO, F. M.; BUENO, D. J.; GOLOWCZYC, M. A. Biofilm formation by *Salmonella* sp. in the poultry industry: Detection, control and eradication strategies. *Food Research International*, v. 119, p. 530-540, 2019.
- NADVORNY, A.; FIGUEIREDO, D. M. S.; SCHMIDT, V. Ocorrência de *Salmonella* sp. em surtos de doenças transmitidas por alimentos no Rio grande do Sul em 2000. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.32, n. 1, p. 47-51, 2004.
- OCHMAN, H.; GROISMAN, E. A. Distribution of Pathogenicity Islands in *Salmonella* spp. *Infection and Immunity*, v.64, n. 12, p. 5410-5412, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC174539/pdf/645410.pdf> Acesso em: 19 mar. 2017.

- OCHMAN, H.; SONCINI, F. C.; SOLOMON, F.; GROISMAN, E. A. Identification of a pathogenicity island required for *Salmonella* survival in host cells. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 93, p. 7800-7804, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC38828/pdf/pnas01519-0385.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNETRA, D. F.; PICCOLI, R. H. Biofilmes microbianos na indústria de alimentos: uma revisão. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 69, n. 3, p. 277-284, 2010.
- OLIVEIRA, D. C. V. DE; JUNIOR, A. F.; KANENO, R.; SILVA, M. G.; ARAUJO-JUNIOR, J. P.; SILVA, N. C. C.; RALL, V. L. M. Ability of *Salmonella* spp. to Produce Biofilm Is Dependent on Temperature and Surface Material. Foodborne pathogens and disease, v. 11, n. 6, p. 1-7, 2014.
- PERESI, J.T.M.; IVETE, A.Z.C.; ALMEIDA, S.I.L.; MARQUES, D.F.; RODRIGUES, E.C.A.; FERNANDES, S.A.; GELLI, D.S.; IRINO, K. Surto de enfermidades transmitidas por alimentos causados por *Salmonella enteritidis*. Revista de Saúde Pública, v.32, n. 5, p. 477-83, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v32n5/32n5a8.pdf> Acesso em: 18 Abr. 2018.
- PONTELLO, M.; SODANO, L.; NATASI, A.; MAMMINA, C.; ASTUTI, M.; DOMENICHINI, M.; BELLUZZI, G.; SOCCINI, E.; SILVESTRI, M. G.; GATTI, M.; GEROSA, E.; MONTAGNA, A. A community-based outbreak of *Salmonella enterica* serotype *Typhimurium* associated with salami consumption in Northern Italy. Epidemiology & Infection, v. 120, p. 209-214, 1998
- RASSCHAERT, G., HOUF, K., GODARD, C., WILDEMAUWE, C., PASTUSZCZAK-FRAK, M., DE ZUTTER, L. Contamination of carcasses with *Salmonella* during poultry slaughter. Journal of Food Protection, v. 71, n. 1, p. 146-152, 2008.
- RAVISHANKAR, S.; ZHU, L.; JARONI, D. Assessing the cross contamination and transfer rates of *Salmonella enterica* from chicken to lettuce under different foodhandling scenarios. Food microbiology, v. 27, p. 791-794, 2010.
- RYCHLIK, I.; GREGOROVA, D.; HRADECKA, H. Distribution and function of plasmids in *Salmonella enterica*. Veterinary microbiology, v. 112, n. 1, p. 1-10, 2006
- SANTOS, D. M. S.; BERCHIERI JÚNIOR, A.; FERNANDES, S. A.; TAVECHIO, A. T.; AMARAL, L. A. *Salmonella* em carcaças de frango congeladas. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 20, p. 39-42, 2000.
- SARLIN, L. L.; BARNHART, E. T.; CALDWELL, D. J.; MOORE, R.W.; BYRD, J. A.; CALDWELL, D. Y.; CORRIER, D. E.; DELOACH, J. R.; HARGIS, B. M. Evaluation of alternative sampling methods for *Salmonella* critical control point determination of broiler processing. Poultry Science, v. 77, p. 1253-1257, 1998.
- SAROJ, S. D.; SHASHIDHAR, R.; KARANI, M.; BANDEKAR, J. R. Distribution of *Salmonella* pathogenicity island (SPI)-8 and SPI-10 among different serotypes of *Salmonella*. Journal of Medical Microbiology, v. 57, p. 424-427, 2008.
- SILVA, C.; CALVA, E.; MALOY, S. One health and food-borne disease: *Salmonella* transmission between humans, animals and plants. Microbiology Spectrum. v. 2, n. 1, 2014. doi: 10.1128/microbiolspec.OH-0020-2013
- SWAYNE, D. E.; BOULIANNE, M.; LOGUE, C. M.; MCDUGALD, L. R.; NAIR, V.; SUAREZ, D. L.; DE WIT, S.; GRIMES, T.; JOHNSON, D.; KROMM, M.; PRAJITNO, T. Y.; RUBINOFF, I.; ZAVALA, G. Diseases of poultry. In: GAST, RICHARD K.; PORTER JR, ROBERT E. (Ed). *Salmonella infections*. 14.ed. New Jersey: Wiley-Blackwell. 2020, p. 717-753.
- TAUNAY, A. E.; FERNANDES, S. A.; TAVECHIO, A. T.; NEVES, B. C.; DIAS, A. M. G.; IRINO, K. The role of Public Health Laboratory in the problem of salmonellosis in São Paulo, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 38, p. 119-127, 1996. .
- TAUXE, R.; KRUSE, H.; HEDBERG, C.; POTTER, M.; MADDEN, J.; WACHSMUTH, K.; Microbial hazards and emerging issues associated with produce a preliminary report to the national advisory committee on microbiologic criteria for foods. Journal of Food Protection, v. 60, n. 11, p. 1400-1408, 1997.
- TAVECHIO A. T.; FERNANDES, S. A.; NEVES, B. C.; DIAS, A. M. G.; IRINO, K. Changing patterns of *Salmonella* serovars: increase of *Salmonella enteritidis* in São Paulo, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 38, p. 315-322, 1996.
- TODD, E.; GREIG, J. D.; BARTLESON, C. A.; MICHAELS, B. S. Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 6. Transmission and survival of pathogens in the food processing and preparation environment. Journal of Food Protection, v. 72, p. 202-219, 2009. Disponível em: <http://jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-73.10.1937> Acesso em: 04 abr. 2018.
- U.S.A. United States Department of Agriculture - USDA. Food Safety and Inspection Service – FSIS. Compliance guidelines for controlling *Salmonella* and *Campylobacter* in poultry. 4 ed. Washington, DC, 2015. Disponível em: <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/6732c082-af40-415e-9b57-90533ea4c252/Controlling->

Salmonella-Campylobacter-Poultry-2015.pdf?MOD=AJPERES Acesso em: 27 mar. 2018.

XIAO, X.; WANG, W.; ZHANG, J.; LIAO, M.; YANG, H.; FANG, W.; LI, Y. Modeling the Reduction and Cross-Contamination of *Salmonella* in Poultry Chilling Process in China. *Microorganisms*, v. 7, n. 10, p. 448, 2019.

YANG, H., LI, Y.; JOHNSON, M. G. Survival and death of *Salmonella typhimurium* and *Campylobacter jejuni* in processing water and on chicken skin during poultry scalding and chilling. *Journal of Food Protection*, v. 64, p. 770–776, 2001.

ZIECH, R. E. Caracterização de *Salmonella* sp. isolada de indústrias de aves baseada na formação de biofilmes, tolerância a sanitizantes e resistência a antimicrobianos. 2015. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Paraná, Palotina.