v7.n8.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

SOBREVIVÊNCIA SOB REFRIGERAÇÃO E RESISTÊNCIA TÉRMICA DE *Salmonella* Typhimurium EM LINGUIÇA CALABRESA E SALSICHA TIPO *HOT DOG*

SURVIVAL UNDER REFRIGERATION AND THERMAL RESISTANCE OF Salmonella Typhimurium IN CALABRESE SAUSAGE AND HOT-DOG SAUSAGE

SUPERVIVENCIA EN REFRIGERACIÓN Y RESISTENCIA TÉRMICA DE Salmonella Typhimurium EN EMBUTIDOS TIPO CALABRESA Y SALCHICHAS TIPO PERRITO CALIENTE

Gabriel Soares Sodre[1], Paula Fernanda Morais de Sousa[2], Raquel Mesquita Senado[3], Ana Paula Presley Oliveira Sampaio[4], Anna Klara de Matos Guerreiro Neri[5], Adria Iolanda Lima Paixão[6], Josyane Brasil da Silva[7], Joelson Sousa Lima[8]

e788455
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8455

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

Alimentos processados e ultraprocessados são amplamente consumidos devido ao sabor, à praticidade e à segurança; entretanto, não estão isentos de contaminação quando há falhas no controle de qualidade. Entre os principais agentes associados a esses alimentos destacam-se as bactérias do gênero *Salmonella*, tornando essencial compreender o comportamento desse patógeno em diferentes matrizes alimentares para subsidiar medidas de controle. Dessa forma, este estudo teve como objetivo investigar a cinética do crescimento de *Salmonella* Typhimurium em salsicha *hot dog* e linguiça calabresa armazenadas a temperatura de refrigeração e abuso térmico, bem como determinar a inativação térmica. Na metodologia, foram testadas diferentes concentrações de *S.* Typhimurium nas matrizes alimentares para definir a concentração ideal de inoculação. Em seguida, realizou-se a cinética de crescimento a 8° C e 30° C e a cinética de morte a 55° C, 60° C e 65° C. Por fim, utilizou-se estatística descritiva, e os valores D foram estimados por regressão linear da redução logarítmica (log10 N). Os resultados demonstraram que *S.* Typhimurium foi capaz de sobreviver em temperatura de refrigeração, evidenciando sua capacidade de adaptação. Os valores D obtidos para linguiça calabresa a 55° C, 60° C e 65° C foram de 41,7 min, 2,4 min e 2,8 min, respectivamente, enquanto para salsicha tipo *hot dog* foram de 9,2 min, 2,3 min e 1,4 min. Esses achados fornecem resultados relevantes do comportamento microbiológico da bactéria em alimentos cárneos processados e ultraprocessados, contribuindo para estratégias de controle térmico e redução de riscos à saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos Cárneos. Cinética. Segurança de Alimentos.

ABSTRACT

Processed and ultra-processed foods are widely consumed due to their flavor, convenience, and safety; however, they are not immune to contamination when quality control failures occur.

[1] Doutorando em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, Biólogo, membro do Laboratório de Higiene e Qualidade de Alimentos UFPA.
[2] Mestra em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, Médica Veterinária.
[3] Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal do Pará.
[4] Doutora em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, Tecnóloga de Alimentos.
[5] Doutoranda em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, Bióloga, membro do Laboratório de Higiene e Qualidade de Alimentos UFPA.
[6] Doutoranda em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, Médica Veterinária, membro do Laboratório de Higiene e Qualidade de Alimentos UFPA.
[7] Doutora em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, coordenadora do Laboratório de Análises e Pesquisas em Alimentos e Água.
[8] Doutor em Saúde Animal pela Universidade Federal do Pará, professor do Instituto de Educação Médica (IDOMED) e UFPA.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Bacteria of the genus Salmonella sp. are among the primary agents associated with these foods, making it essential to understand the pathogen's behavior in different food matrices to inform control measures. Thus, this study aimed to investigate the growth kinetics of Salmonella Typhimurium in hot dog sausages and calabresa sausages stored under refrigeration and temperature abuse conditions, as well as to determine thermal inactivation. The methodology involved testing different S. Typhimurium concentrations in the food matrices to establish the optimal inoculation level. Subsequently, growth kinetics were assessed at 8°C and 30°C, and death kinetics were evaluated at 55°C, 60°C, and 65°C. Finally, descriptive statistics were used, and D-values were estimated via linear regression of the logarithmic reduction (log10 N). The results demonstrated that S. Typhimurium could survive at refrigeration temperatures, highlighting its adaptability. The D-values obtained for calabresa sausage at 55°C, 60°C, and 65°C were 41.7 min, 2.4 min, and 2.8 min, respectively, while for hot dog sausages, they were 9.2 min, 2.3 min, and 1.4 min. These findings provide relevant results of the microbiological behavior of bacteria in processed and ultra-processed meat foods, contributing to strategies of thermal control and reduction of risks to public health.

KEYWORDS: *Meat Products. Kinetics. Food Safety.*

RESUMEN
Los alimentos procesados y ultraprocesados se consumen ampliamente debido a su sabor, conveniencia y seguridad; sin embargo, no están exentos de contaminación cuando se producen fallas en el control de calidad. Entre los principales agentes asociados a estos alimentos se encuentran las bacterias del género Salmonella spp., por lo que resulta esencial comprender el comportamiento de este patógeno en diferentes matrices alimentarias para respaldar las medidas de control. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo investigar la cinética de crecimiento de Salmonella Typhimurium en salchichas para perritos calientes y salchichas calabresas almacenadas a temperaturas de refrigeración y de abuso térmico, así como determinar su inactivación térmica. En la metodología, se evaluaron diferentes concentraciones de S. Typhimurium para definir la concentración de inoculación ideal. Posteriormente, se realizaron ensayos de crecimiento a 8 °C y 30 °C y de inactivación térmica a 55 °C, 60 °C y 65 °C. Los valores D se estimaron mediante regresión lineal de la reducción logarítmica (log10 N). Los resultados demostraron que S. Typhimurium sobrevivió a temperaturas de refrigeración. Los valores D para la salchicha tipo calabresa a 55 °C, 60 °C y 65 °C fueron de 41,7 min, 2,4 min y 2,8 min, respectivamente, mientras que para la salchicha para perritos calientes fueron de 9,2 min, 2,3 min y 1,4 min. Estos hallazgos brindan resultados relevantes en el comportamiento microbiológico de bacterias en alimentos cárneos procesados y ultraprocesados, contribuyendo a estrategias de control térmico y reducción de riesgos para la salud pública.

PALABRAS CLAVE: *Productos Cárnicos. Cinética. Seguridad Alimentaria.*

1. INTRODUÇÃO

Alimentos processados e ultraprocessados são amplamente apreciados pelos consumidores devido a diversos fatores, como praticidade para o preparo e sabor acentuado (Monteiro *et al.*, 2019, Senado *et al*., 2026). Observa-se um aumento significativo no consumo de alimentos ultraprocessados tanto em países de alta renda quanto em economias emergentes, associado a mudanças nos padrões alimentares decorrentes da transição nutricional e do

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desenvolvimento econômico, os quais favorecem a substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados por produtos industrializados (Baker *et al.*, 2020).

Entre os anos de 2017 e 2018, no Brasil, as fontes nutricionais foram constituídas substancialmente de alimentos industrializados. Nesse período a população brasileira alcançou um consumo médio diário de 1.754,61 Kcal, sendo 11,28% provenientes de alimentos processados e 19,69% de ultraprocessados, com variações conforme as condições socioeconômicas da população, evidenciando maior participação deste último na dieta da população brasileira (Louzada *et al.*, 2023).

Dentro desse contexto, entre os alimentos processados e ultraprocessados, os embutidos cárneos, como linguiça calabresa e salsicha, destacam-se entre os produtos mais consumidos, tornando-se relevantes a realização de estudos que investiguem diferentes aspectos relacionados à sua qualidade e segurança microbiológica, incluindo o comportamento de patógenos em caso de contaminação (Senado *et al*., 2026).

Embora muitas vezes um dos objetivos do processamento na indústria de alimentos seja a conservação, esses grupos de alimentos não estão totalmente isentos de possíveis contaminações microbiológicas. Falhas durante as etapas da cadeia produtiva e comercialização podem predispor o contato com patógenos de importância médica (Kirchner *et al*., 2021; Macedo *et al*., 2021).

Entre os principais patógenos associados à contaminação de alimentos de origem cárnea, destacam-se bactérias do gênero *Salmonella* (Jaroni, 2014; Knodler & Elfenbein, 2019). A sobrevivência e o crescimento desses patógenos nos alimentos são influenciados por diversos fatores como pH, composição nutricional, microbiota acompanhante e a temperatura. A compreensão da cinética de crescimento e dos parâmetros de inativação térmica desse microrganismo é fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento de estratégias de controle microbiológico e segurança alimentar (Lima *et al*., 2021).

Entre os fatores extrínsecos que influenciam o comportamento de *Salmonella* sp. em alimentos, a temperatura destaca-se como um dos principais parâmetros controláveis ao longo da cadeia produtiva. Variações mesmo sutis nas condições térmicas podem alterar significativamente o crescimento deste patógeno (Son *et al.,* 2024).

Nesse contexto, considerando o elevado consumo de produtos cárneos processados e ultraprocessados e a importância de *Salmonella* sp. como patógenos de relevância em saúde pública, o objetivo do presente estudo foi avaliar a sobrevivência e o crescimento de *Salmonella* Typhimurium em salsicha tipo *hot dog* e linguiça calabresa sob as temperaturas de 8 ºC e 30 ºC, bem como determinar os parâmetros de inativação térmica.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2. METODOLOGIA

2.1. Obtenção e processamento das amostras

Amostras de linguiça calabresa e salsicha *hot dog* foram adquiridas utilizando critérios e amostragem por conveniência, adotando-se condições de seleção como: marcas comerciais com ampla distribuição local, comércio local, integridade da embalagem original (com preferência a vácuo) e com selo de inspeção federal (SIF). Após a aquisição, as amostras foram transportadas em caixas isotérmicas ao Laboratório de Higiene e Qualidade de Alimentos, da Universidade Federal do Pará (UFPA), *campus* Castanhal/PA, Brasil, para as análises microbiológicas.

No laboratório as amostras foram fracionadas em porções de 25 g e acondicionadas em bandejas de isopor e cobertas com plástico filme, semelhante às embalagens cujos alimentos são comercializados. Em paralelo uma das frações foi submetida as análises microbiológicas convencionais, conforme a ISO 6579-1:2002, para certificar que os alimentos adquiridos estavam isentos do patógeno e, portanto, garantindo o controle de inocuidade do experimento.

Todas os ensaios experimentais do presente estudo foram conduzidos em triplicatas biológicas independente e avaliados em duplicatas analíticas. Ademais, utilizou-se um controle negativo em todas as etapas do presente estudo.

2.2. Padronização dos inóculos bacterianos

Previamente, realizou-se um teste com diferentes concentrações de *Salmonella* Typhimurium para determinar a concentração inicial ideal do inóculo a ser utilizada nos ensaios de cinética do crescimento bacteriano no alimento. Para isso, 1 mL da cepa de *Salmonella* Typhimurium (ATCC 14028), previamente cultivada em caldo BHI a 37 °C por 24 h, foi transferido para 9 mL de solução salina estéril (0,85%), sendo posteriormente realizadas diluições seriadas, variando de 10^1 a 10^9 UFC/mL.

Em seguida, 1 mL de cada diluição foi utilizado para contaminar 25 g de cada alimento, que foram mantidos a 37 °C durante 24 h. Após esse período, procedeu-se à semeadura em ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD) e à contagem bacteriana. Com base nos resultados obtidos, definiu-se a concentração de 6 log UFC/mL como a menor concentração inicial capaz de garantir a sobrevivência da bactéria no alimento durante 24 h.

2.3. Cinética do crescimento de *Salmonella* Typhimurium

Uma alíquota de 1 mL do inóculo previamente padronizado (6 logs UFC/mL) foi utilizada para a contaminação das amostras, que permaneceram em contato com a suspensão durante

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

30 minutos em temperatura ambiente (período para a adesão das células bacterianas no alimento). Em seguida, as amostras foram incubadas às temperaturas de 8 ºC e 30 ºC. Os alimentos foram analisados em: 0h (momento da inoculação), 6h, 12h, 24h, 48h e 72 h.

A determinação da concentração de *S.* Typhimurium nas respectivas horas se deu a partir da adição das amostras de salsicha e calabresa em 225 mL de solução salina peptonada (SSP), em seguida, sucederam-se diluições seriadas (10^{-1} a 10^{-4}) em solução salina (0,85%), e alíquotas de 25µL de cada diluição (10^{-1} e 10^{-4}) foram inoculados por espalhamento com auxílio de alça de Drigalsky, na superfície do ágar XLD e SS (ágar Salmonella-Shigella), incubados por 24h, a 37 ºC. Após o crescimento, as colônias foram enumeradas e os valores expressos em UFC/g.

2.4. Cinética de morte/inativação térmica e valor D

Para os ensaios de inativação térmica, utilizou-se o mesmo procedimento de contaminação descrito anteriormente, empregando amostras de 25 g de linguiça calabresa e salsicha tipo *hot dog* inoculadas com 1 mL do inóculo padronizado de *Salmonella* Typhimurium (6 logs UFC/mL), permanecendo em contato por 30 minutos em temperatura ambiente para adesão bacteriana.

Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis e submetidas a tratamento térmico em banho-maria nas temperaturas de 55 °C, 60 °C e 65 °C, nos intervalos de 2,5; 5; 7,5; 10 e 15 minutos. Após cada intervalo de exposição, as amostras foram imediatamente transferidas para banho de gelo (8 °C), com o objetivo de interromper o tratamento térmico.

Posteriormente, cada fração foi adicionada a 225 mL de solução salina peptonada (SSP), homogeneizada e submetida a diluições seriadas (10^{-1} a 10^{-3}) em solução salina estéril (0,85%). Alíquotas de 100 µL de cada diluição foram inoculadas por espalhamento, com auxílio de alça de Drigalsky, na superfície dos meios ágar XLD e ágar SS (*Salmonella-Shigella*), sendo posteriormente incubadas a 37 °C por 18–24 h.

Após a determinação das contagens microbianas em cada tempo de tratamento, os valores D foram calculados a partir da inclinação da reta de regressão linear da redução logarítmica da população bacteriana em função do tempo. O valor D corresponde ao tempo necessário, em determinada temperatura constante, para reduzir 90% da população microbiana, ou seja, promover a redução de 1 log UFC da bactéria.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2.5. Análises estatísticas

Os dados de contagem microbiana foram transformados em log10(UFC/g) antes das análises. Para a cinética de crescimento, os efeitos de temperatura (8 °C e 30 °C), tempo (0, 6, 12, 24, 48 e 72 h) e sua interação foram avaliados de forma descritiva. Para a cinética de inativação térmica, os valores D foram estimados por regressão linear da redução logarítmica (log10 N) em função do tempo de tratamento adotando-se o nível de significância de 5% (p<0,05), sendo o valor D calculado como o inverso negativo da inclinação da reta (D = −1/slope). Considerando o caráter exploratório do estudo e o objetivo de descrever a cinética de crescimento, optou-se por análise descritiva dos dados. As análises foram realizadas no Microsoft Excel e no GraphPad Prism (versão 8.4.2).

2.6. Uso de inteligência artificial como ferramenta auxiliar

Utilizou-se modelo de inteligência artificial GPT 5.5 (OpenAI) como ferramenta auxiliar para revisão textual, organização de ideias, referências e suporte a escrita científica, sem substituir a análise crítica dos autores, que detêm a responsabilidade pela veracidade do conteúdo apresentado.

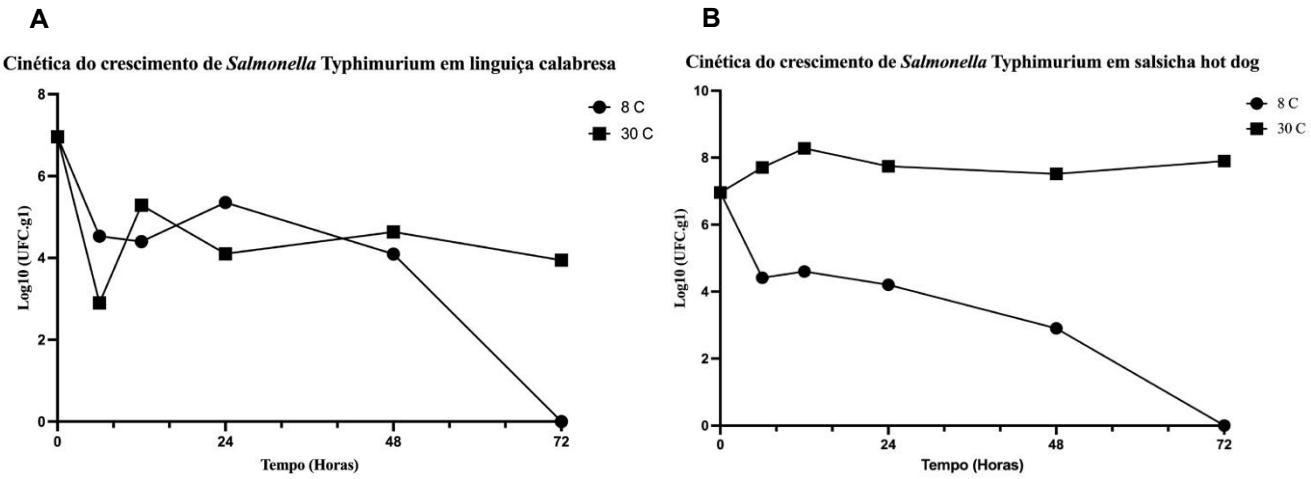
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos ensaios realizados verificou-se que *Salmonella* Typhimurium foi capaz de sobreviver tanto a 8º C quanto a 30 ºC, em linguiça calabresa e salsicha. Na linguiça calabresa, o patógeno entrou em fase log entre 6 e 12 h (4 logs UFC/g) e sobreviveu até 48 h a 8 ºC (4 logs UFC/g), iniciando a fase de declínio após esse período. Em contrapartida, *Salmonella* Typhimurium apresentou crescimento entre 6 e 12 h e sobreviveu nos demais intervalos de tempo avaliados, conforme a figura 1 A.

Já em relação a salsicha, o patógeno sobreviveu em ambas as temperaturas. A 30 ºC apresentou um discreto crescimento entre 6-12 h (8 logs UFC/g), mantendo-se em fase estacionária até o último intervalo de tempo (7 logs UFC/g). Já a 8 ºC, o início do declínio ocorreu entre 6 e 12 h (4 logs UFC/g), com redução completa observada apenas no último intervalo de tempo, conforme a figura 1 B.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Sobrevivência de *Salmonella* Typhimurium em linguiça calabresa (A) e salsicha (B) entre intervalos de tempo 0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h e 72 h



O crescimento de *Salmonella* sp. em temperaturas entre 20 ºC a 40 ºC é amplamente descrito na literatura científica, sendo associado a um metabolismo mais eficiente e maior taxa de multiplicação celular nessas condições (Nunes *et al.,* 2021). Esse comportamento foi corroborado no presente estudo para ambos os alimentos analisados. No entanto, há divergências entre os estudos quanto ao comportamento desse patógeno sob temperaturas de refrigeração, especialmente quando avaliados diferentes matrizes alimentares. Enquanto alguns autores relatam ausência de crescimento em condições de refrigeração (Sabike *et al.,* 2015), outros demonstram sobrevivência ou até mesmo crescimento limitados nessas condições (Zhao *et al.*, 2022; Noviyanti *et al.*, 2024).

No presente estudo, *S.* Typhimurium apresentou capacidade de sobrevivência e crescimento a 8 ºC, o que contraria os achados de Zaher e Fujikawa (2011) Sabike *et al.,* (2015), mas em consonância com os resultados reportados por Lima *et al.,* (2021), Zhao *et al.,* (2022) e Noviyanti *et al.,* (2024) em diferentes tipos de alimentos. Esses resultados fortalecem a hipótese de que esse patógeno vem desenvolvendo mecanismos adaptativos que favorecem a sua sobrevivência em condições de refrigeração, anteriormente consideradas desfavoráveis ao seu crescimento (Hong *et al.*, 2025)

Embora não avaliados neste estudo, fatores intrínsecos como pH e atividade de água (aw) influenciam diretamente a sobrevivência de *Salmonella* sp. em alimentos. A depender do pH, aw e temperatura podem levar a exaustão metabólica do patógeno. Assim, os resultados obtidos reforçam a necessidade de investigações futuras que integrem fatores intrínsecos e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

extrínsecos para elucidar a sobrevivência de *S.* Typhimurium sob refrigeração em produtos cárneos (Serra-Castelló *et al*., 2021; Serra-Castelló *et al*., 2022).

O presente estudo explorou, ainda, a inativação térmica de *Salmonella* Typhimurium em linguiça calabresa e salsicha *hot dog*, com o cálculo dos valores D, ou seja, tempo necessário para redução de 1 log na contagem bacteriana, nas temperaturas de 55 ºC, 60 ºC e 65 ºC, Observou-se que os grupos mantidos a 55 ºC sobreviveram ao tratamento por 15 min (4 log de UFC.mL^{-1}) enquanto que a 60 e 65 ºC, a inativação ocorreu dentro de 15 min, com exceção da salsicha a 65 ºC, na qual o teste foi limitado a 2, 3 min. Os valores D obtidos em linguiça calabresa foram 41,7 min (55 ºC), 2,4 min (60 ºC) e 2,8 min (65 ºC), enquanto na salsicha *hot dog* foram 9,2 min, 2,3 min e 1,4 min, respectivamente, conforme a figura 2.

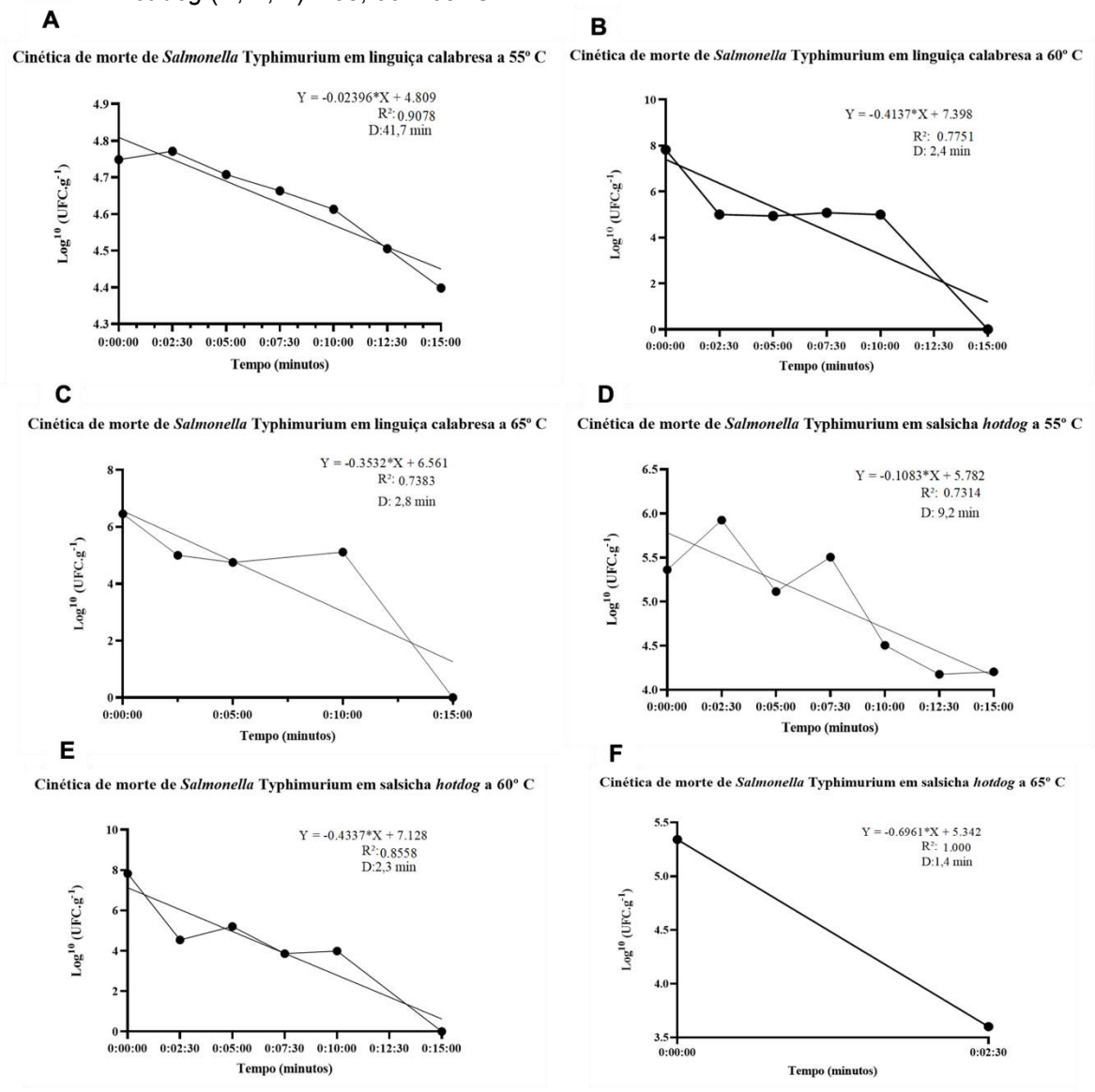
O aumento da temperatura resultou em significativa redução dos valores D em ambos os alimentos, além disso, observou-se a diferença entre as matrizes alimentares, com valores consistentemente maiores na calabresa em comparação a salsicha. Tal resultado sugere maior proteção térmica conferida pela estrutura e composição da linguiça calabresa em relação a salsicha, possivelmente associada ao maior teor lipídico, que podem dificultar a transferência de calor e criar microambientes protetores para *Salmonella* sp. Adicionalmente, de acordo com a legislação brasileira (Portaria SDA/MAPA nº 971), a linguiça calabresa cozida podem conter até 35% de gordura, enquanto que salsicha apresentam limite máximo de 30% (Aviles *et al*., 2022; Brasil, 2023; Ozturk *et al*., 2024 Xu *et al.,* 2026).

Gurman *et al*., (2016) destacam que a gordura atua como isolante térmico, reduzindo a transferência de calor e, consequentemente, favorecendo a sobrevivência do patógeno durante tratamentos térmicos. De forma semelhante, Ramirez-Hernandez *et al.,* (2018) observaram que, em produtos cárneos com elevado teor de gordura, os valores D de *Salmonella* a 60 ºC e 65 ºC foram 4,174 min e 2,175 min, respectivamente. Esses valores são superiores aos obtidos no presente estudo, no qual os valores D a partir de 60 ºC foram próximos a 2 min.

Os valores D obtidos no presente estudo estão de acordo com a literatura, que descreve uma relação inversa entre temperatura e resistência térmica de *Salmonella* Typhimurium. Dora-Liyana *et al.,* (2023) ao avaliarem *S.* Typhimurium em carne bovina inteira, observaram diminuição consistente dos valores D à medida que a temperatura foi elevada (58 °C, 60 °C, 62 °C e 64 °C), comportamento semelhante ao observado neste estudo.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Cinética de morte de *Salmonella* Typhimurium em linguiça tipo calabresa (A, B, C) salsicha *hot dog* (D, E, F) a 55, 60 e 65 ºC



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Em comparação, Coelho-Fernandes *et al.,* (2022), ao avaliarem a inativação térmica de *Salmonella* Typhimurium em massa de linguiça alheira, relataram que o valor de 26,52 min a 54 ºC. No presente estudo, os valores D obtidos a 55 ºC foram superiores, mesmo considerando matrizes alimentares distintas, o que reforça que, em temperaturas mais baixas, o valor D tende a ser mais elevado. Ademais, os autores observaram valores D de 3,663 min. e 0,348 min. a 65 ºC, evidenciando que o aumento da temperatura resulta em redução progressiva do valor D, comportamento que corrobora os achados do presente estudo e indica a diminuição da resistência térmica de *S.* Typhimurium em temperaturas elevadas.

Por outro lado, Maćkiw *et al*., (2024) apresentaram resultados que sugerem que os fatores intrínsecos do alimento podem não ser os principais determinantes da resistência térmica de *Salmonella* sp. ao avaliarem diferentes cepas isoladas de um mesmo alimento, os autores observaram variações significativas nos valores D, indicando que essa variabilidade estaria mais relacionada às características específicas de espécies e sorovares do patógeno do que a matriz alimentar propriamente dita. Esses achados contrastam com parte da literatura previamente citada e reforçam que a resistência térmica do patógeno resulta de uma interação complexa entre fatores intrínsecos e a variabilidade do microrganismo.

A persistência do patógeno em diferentes matrizes alimentares, associada à variabilidade observados nos parâmetros cinéticos e nos valores D, reforça que a eficácia das estratégias de controle microbiológico depende de uma abordagem multifatorial, que considere simultaneamente a temperatura, as características da matriz alimentar e a diversidade intraespecífica do microrganismo. Esses achados contribuem para o aprimoramento do conhecimento sobre o comportamento térmico de *S.* Typhimurium em produtos cárneos e destacam a necessidade de medidas de controle mais robustas ao longo da cadeia produtiva.

Do ponto de vista prático, esses achados reforçam que tratamentos térmicos aplicados a produtos cárneos não podem ser generalizados entre diferentes matrizes, mesmo quando submetidos à mesma temperatura. A maior resistência observada na linguiça calabresa indica a necessidade de tratamentos térmicos mais prolongados ou temperaturas mais elevadas para garantir reduções equivalentes de *Salmonella* Typhimurium, mesmo com o desafio de manter as propriedades organolépticas do alimento. Desse modo, a determinação de valores D específicos por tipo de produto constitui uma ferramenta essencial para avaliação de risco microbiológico (Xu *et al*., 2026).

É importante mencionar que o presente estudo se limita a fatores extrínsecos, como a temperatura. Dessa forma, faz-se necessário que futuras pesquisas avaliem os aspectos físico-químicos do alimento testado, a fim de confirmar hipóteses de quais componentes bioquímicos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

favoreceram a sobrevivência do patógeno nas temperaturas analisadas, ou ainda se existe algum mecanismo molecular e proteico responsável por favorecer sua resistência térmica.

Por fim, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre o comportamento de *Salmonella* Typhimurium em produtos cárneos processados e ultraprocessados, fornecendo subsídios para o aprimoramento das estratégias de controle microbiológico e reforçando a importância da adoção de boas práticas ao longo da cadeia produtiva, a fim de garantir segurança dos alimentos e contribuir para futuras legislações dos órgãos competentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que *Salmonella* Typhimurium foi capaz de sobreviver sob refrigeração em duas importantes matrizes cárneas comerciais e apresentou diferenças nos parâmetros de resistência térmica entre elas. Esses resultados indicam que protocolos de controle térmico devem considerar as características específicas de cada produto, contribuindo para estratégias de segurança de alimentos e avaliação de risco microbiológico. Como limitação, foram avaliados apenas fatores extrínsecos relacionados à temperatura, sendo necessários estudos futuros que incorporem características físico-químicas das matrizes alimentares e variabilidade entre cepas.

REFERÊNCIAS

AVILES, M. V. *et al.*Thermal resistance for *Salmonella enterica* strains in sous-vide chicken-and-vegetable patties. International Journal of Gastronomy and Food Science, v. 28, p. 100540, 2022.

BAKER, P. *et al.* Ultra-processed foods and the nutrition transition: global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. Obesity Reviews, v. 21, n. 12, p. 1–22, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA/MAPA nº 971, de 8 de dezembro de 2023. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 dez. 2023.

COELHO-FERNANDES, S.; CADAVEZ, V.; GONZALES-BARRON, U. Thermal inactivation kinetics of *Salmonella* Typhimurium in alheira sausage batter. Biology and Life Sciences Forum, v. 18, p. 44, 2022.

DORA-LIYANA, A. L. *et al.* Thermal inactivation D- and z-values of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium in whole muscle beef. Malaysian Applied Biology, v. 52, n. 6, p. 119–126, 2023.

GURMAN, P. M. *et al.*Thermal inactivation of *Salmonella* spp. in pork burger patties. International Journal of Food Microbiology, v. 219, p. 12–21, 2016.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

HONG, H. *et al.* Investigation of different cold adaptation abilities in *Salmonella enterica* serotype Typhimurium strains using extracellular metabolomic approach. International Microbiology, v. 28, p. 447–460, 2025.

JARONI, D. *Salmonella* Typhi. Encyclopedia of Food Microbiology. 2. ed. Oxford: Academic Press, 2014. p. 349–352.

KIRCHNER, M. *et al.* Cross-contamination on atypical surfaces and venues in food service environments. Journal of Food Protection, v. 84, p. 1239–1251, 2021.

KNODLER, L. A.; ELFENBEIN, J. R. *Salmonella enterica.* Trends in Microbiology, v. 27, p. 964–965, 2019.

LIMA, J. S. *et al.* Growth kinetics of *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* in buffalo milk under different processing and storage conditions. Ciência Rural, v. 51, n. 11, 2021.

LOUZADA, M. L. C. *et al.* Consumo de alimentos ultraprocessados no Brasil: distribuição e evolução temporal 2008–2018. Revista de Saúde Pública, v. 57, p. 12, 2023.

MACEDO, R. C. S. M. *et al.*Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de salsichas do tipo *hot dog* na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Research, Society and Development, v. 10, e118101119195, 2021.

MAĆKIW, E. *et al.*Thermal resistance of selected strains of *Salmonella* spp. isolated from eggs and sesame seeds. LWT, v. 198, 2024.

MONTEIRO, C. A. *et al.*Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. Public Health Nutrition, v. 22, n. 5, p. 936–941, 2019.

NOVIYANTI, F.; MOCHIDA, M.; KAWASAKI, S. Predictive modeling of *Salmonella* spp. growth behavior in cooked and raw chicken samples: real-time PCR quantification approach and model assessment in different handling scenarios. Journal of Food Science, v. 89, p. 2410–2422, 2024.

NUNES, A. D. S. *et al.* Modelagem do crescimento de *Salmonella* spp. em carne de frango armazenada em diferentes condições de temperatura. Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 91163–91175, 2021.

OZTURK, S. *et al.* Thermal resistance of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* in animal fat: kinetic analysis and mathematical modeling. Food Research International, v. 190, 2024.

RAMIREZ-HERNANDEZ, A. *et al.* Thermal inactivation of *Salmonella* in high-fat rendering meat products. Journal of Food Protection, v. 81, p. 54–58, 2018.

SABIKE, I. I. *et al.* The growth kinetics of *Salmonella* Enteritidis in raw ground beef. Biocontrol Science, v. 20, p. 185–192, 2015.

SERRA-CASTELLÓ, C. *et al.* Risk management tool to define a corrective storage to enhance *Salmonella* inactivation in dry fermented sausages. International Journal of Food Microbiology, v. 346, 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SERRA-CASTELLÓ, C. *et al.* Key factors determining the behavior of pathogens in dry-cured ham after high pressure processing. Applied Sciences, v. 12, 2022.

SON, S. B. *et al.*Modeling behavior of Salmonella spp. and Listeria monocytogenes in raw and processed vegetables. Foods, v. 13, p. 2972, 2024.

SENADO, R. M. *et al.*Consumo de alimentos ultraprocessados e perfil do consumidor: implicações para o risco de doenças crônicas não transmissíveis. In: Saúde, bem-estar e qualidade de vida em perspectiva interdisciplinar. 2. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2026.

XU, Y. *et al.* Foodborne pathogens in high-salt, high-sugar, and high-fat foods: matrix effects on persistence, adaption and inactivation for food safety. Foods, 2026.

ZAHER, S. M.; FUJIKAWA, H. Effect of native microflora on the growth kinetics of Salmonella Enteritidis strain 04-137 in raw ground chicken. Journal of Food Protection, v. 74, p. 735–742, 2011.

ZHAO, G. *et al.* Establishment and application of a predictive growth kinetic model of Salmonella with the appearance of two other dominant background bacteria in fresh pork. Molecules, v. 27, p. 7673, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.