

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

**EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E DA APLICAÇÃO DE
ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE O *SHELF-LIFE* DE LOMBO SUÍNO RESFRIADO**

LETÍCIA BEATRIZ LINDEN

PORTO ALEGRE

2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E DA APLICAÇÃO DE
ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE O *SHELF-LIFE* DE LOMBO SUÍNO RESFRIADO**

Autora: Letícia Beatriz Linden

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na área de concentração em Medicina Veterinária Preventiva e Patologia: Sanidade Animal e Saneamento

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Liris Kindlein

PORTO ALEGRE

2024

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CIP - Catalogação na Publicação

Linden, Leticia Beatriz
Efeito da temperatura de armazenamento e da aplicação de ácidos orgânicos sobre o shelf-life de lombo suíno resfriado / Leticia Beatriz Linden. -- 2024.
32 f.
Orientadora: Liris Kindlein.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. vida de prateleira. 2. carne suína. 3. oxidação lipídica. 4. ácidos orgânicos. I. Kindlein, Liris, orient. II. Título.

Letícia Beatriz Linden

EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E DA APLICAÇÃO DE ÁCIDOS
ORGÂNICOS SOBRE O *SHELF-LIFE* DE LOMBO SUÍNO RESFRIADO

Aprovada em 09/09/2024

APROVADO POR:

Prof^a. Dr^a. Liris Kindlein

Orientador e Presidente da Comissão

Prof^a. Dr^a. Aline Mondini Calil Racanicci

Membro da Comissão

Dr^a. Ângela Junges

Membro da Comissão

Prof^a. Dr^a. Neila Richards

Membro da Comissão

RESUMO

Este trabalho avaliou o efeito da aplicação de *blend* de ácidos orgânicos (ácidos ascórbico, cítrico e láctico) durante o *shelf life* de lombo suíno resfriado submetido a quatro temperaturas (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) armazenados em embalagens à vácuo. A qualidade da carne suína foi avaliada por meio de análises físico-químicas de pH por pHmetro de bancada, coloração através de colorímetro com padrão CIELab, capacidade de retenção de água por método de pressão, perda por cocção em forno elétrico, força de deformação e cisalhamento em texturômetro e oxidação lipídica através de metodologia TBARS, e além de análises microbiológicas para detecção de *Salmonella* spp. e contagem de *Escherichia coli*, mesófilos aeróbios, psicrotróficos aeróbios totais, *Aeromonas* spp. e *Pseudomonas* spp.. O uso dos ácidos orgânicos influenciou os parâmetros de *shelf life* como valor de pH, teor de oxidação lipídica e crescimento microbiano, enquanto a temperatura de armazenamento influenciou em características físico-químicas como coloração, a qual ocasionou palidez em amostras armazenadas a 10°C e 15°C, e capacidade de retenção de água. Apesar da aplicação de ácidos ter demonstrado impacto sobre o valor de pH, que possui influência nas análises de oxidação lipídica e microbiológico, a temperatura de armazenamento apresentou influência significativa ($P < 0.05$) sobre a vida de prateleira do produto, alterando quatro dos sete parâmetros físico-químicos (valor de pH, coloração instrumental, capacidade de retenção de água e oxidação lipídica). Enquanto amostras armazenadas a 1°C e 4°C apresentaram resultados satisfatórios até os 27 dias de validade, mostrando deterioração aos 28 dias indicada pela alta oxidação lipídica, amostras armazenadas em maior temperatura, 10°C e 15°C, foram consideradas impróprias para o consumo aos 24 e 22 dias de validade respectivamente, pela alta taxa de oxidação lipídica e baixa do valor de pH, causando acidificação do produto.

Palavras-chave: vida de prateleira, carne suína, oxidação lipídica, ácidos orgânicos.

ABSTRACT

This study evaluated the application of organic acids blend (ascorbic, citric and lactic acids) in chilled pork loins shelf life submitted to four storage temperatures (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) and its influence for 30 days. The pork meat quality was evaluated by physicochemical analyses of pH, instrumental colour, water holding capacity, cooking loss, shear force (MORS and Warner Bratzler blades) and lipid oxidation, and microbiological analyses for the detection of *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, mesophilic bacteria, total aerobic psychrotrophic bacteria, *Aeromonas* spp. and *Pseudomonas* spp.. Application of organic acids had influenced shelf-life parameters as pH value, lipid oxidation and microbiological growth, while storage temperature had more effect on organoleptic properties, which are associated with customer perception about meat products, as colour, which showed alteration of colour in 10°C and 15°C stored pork loins, and water holding capacity. Although organic acids application impacted pH values, which influence lipid oxidation and microbiological analyses, the storage temperature had significant influence ($P < 0.005$) on the product shelf life, altering four out of seven physicochemical parameters (pH value, instrumental colour, water holding capacity and lipid oxidation). While samples stored at 1°C and 4°C had satisfactory results until 27 days of the validity, showing deterioration at 28 days due to high lipid oxidation, the samples stored in higher temperatures, 10°C and 15°C, were considered unfit for consumption on 24 and 22 days of the validity, respectively, due to high lipid oxidation and low pH values leading to product acidification.

Keywords: shelf life, pork meat, lipid oxidation, organic acids.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1. Objetivo Geral | 10 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 10 |
| 3. ARTIGO..... | 11 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 13 |
| REFERÊNCIAS | 14 |

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne suína está em constante crescimento no Brasil, produzindo no ano de 2023 mais de 5,156 milhões de toneladas (ABPA, 2024). Acompanhando o crescimento da produção, o consumo interno *per capita* aumentou nos últimos sete anos, atingindo a marca de 18,3 kg/habitante e sendo responsável pelo consumo de 76,15% da produção de carne suína brasileira (ABPA, 2024). Estes dados indicam que o mercado interno tem uma tendência de crescimento de demanda para este tipo de proteína animal, seja por fatores econômicos (Meirelles, 2023) ou nutricionais. Apesar do crescimento de consumo e da demanda da carne suína ter se acentuado nos últimos anos, a produção concentra 99,75% dos abates em oito estados da região Sul, Sudeste e Centro-Oeste (ABPA, 2024), o que impacta diretamente no transporte de produto final até o consumidor nas regiões norte e nordeste do Brasil. Por consequência, ocorre o aumento de custo tanto na logística como em tecnologias para a conservação da carne.

Com o crescimento desta demanda de consumo tanto no Brasil como a nível mundial, a forma de conservação da carne suína tornou-se um tema relevante de estudo. Sabe-se que temperaturas consideradas de congelamento, abaixo de 0°C, contribuem significativamente para o controle da proliferação bacteriana e aumentam o *shelf-life* da carne (Zhao *et al.*, 2022), porém impactam diretamente na percepção do consumidor na hora da compra. Como alternativa ao congelamento, utiliza-se o resfriamento entre 2°C e 4°C, que possui a vantagem de manter a qualidade sensorial da carne mais próxima à carne crua (Pomponio; Ruiz-Carrascal, 2017). Contudo, o controle da temperatura durante toda a cadeia produtiva, do abatedouro-frigorífico até o consumidor, é um limitante na aplicação deste método de conservação. Quanto mais longo o trajeto de transporte, mais susceptível às variações de temperatura estará o produto (Zhao *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2024), acarretando na diminuição do tempo de prateleira e na conservação das propriedades da carne crua. O *shelf-life* da carne está diretamente relacionado aos níveis de contaminação bacteriana inicial do produto, valor de pH, temperatura de armazenamento e tipo de embalagem (ICMSF, 2011), sendo estes os principais pontos de controle durante todo o processo.

Após o abate, o valor de pH torna-se um ponto de controle, devido ao seu papel de indicador quanto à eficiência do processo de *rigor mortis*, quando há um declínio natural em até seis (6) horas *post mortem* em carcaças suínas (Greaser; Guo, 2012) de 7 para um valor final na faixa de 5,6 a 5,9.

O controle microbiológico do produto está diretamente ligado à conservação e forma de armazenamento da carne (ICMSF, 2011), seja pelas alterações físico-químicas e sensoriais, como pelo potencial de crescimento de bactérias patogênicas e deteriorantes (Theron; Lues, 2007). A utilização de mecanismos que visam inibir o crescimento bacteriano torna-se importante dentro da cadeia produtiva, seja pela temperatura de conservação, método de armazenamento ou utilização de aditivos alimentares com característica antimicrobiana. Com características favoráveis para a conservação da carne, a embalagem à vácuo é amplamente utilizada pela indústria (Bélles *et al.*, 2017), uma vez que durante o processo é retirado o oxigênio disponível em contato com a carne, criando um ambiente desfavorável para o crescimento de bactérias deteriorantes (Zhao *et al.*, 2015; Mcmillin, 2017), como bactérias psicotróficas (ICMSF, 2011). Ainda, a embalagem à vácuo permite a visualização do produto pelo consumidor, já que a coloração da carne e grau de marmoreio são considerados fatores decisivos na hora da compra (Verbeke *et al.*, 2005).

Consideradas de importância sanitária por serem bactérias patogênicas e responsáveis por doenças transmitidas por alimentos, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* são as principais bactérias a serem monitoradas durante o processo de abate, uma vez que podem indicar contaminação dentro do processo produtivo e falhas nos procedimentos higiênicos-sanitários. (Theron; Lues, 2007; ICMSF, 2011). Com limites máximos previstos para a carne suína resfriada pela Instrução Normativa nº 161, de 2022 (Brasil, 2022), *Salmonella* spp. precisa estar ausente na análise microbiológica, enquanto *Escherichia coli* pode apresentar até 1×10^2 UFC/mL, possuindo assim limites baixos de tolerância, pois a carne *in natura* é um meio favorável de multiplicação, principalmente se mantida fora da temperatura de refrigeração (Hui, 2012).

Por outro lado, bactérias psicotróficas, entre elas *Pseudomonas* spp., são capazes de crescer em temperatura de refrigeração, assim diminuindo o *shelf-life* de carnes resfriadas (ICMSF, 2011), com faixa de crescimento de 10°C a 45°C (Cruz-Monterrosa; Guerrero-Legarreta, 2012). O crescimento de *Pseudomonas* spp. ocorre principalmente após 14 dias de armazenamento (Zhao *et al.*, 2015), indicando que sua proliferação é um ponto crítico para extensão de *shelf-life* de produtos cárneos refrigerados.

Além do controle de temperatura e embalagem de armazenamento, nos últimos anos há um aumento de pesquisas focadas na extensão de *shelf-life* com a utilização de antimicrobianos naturais (Theron; Lues, 2007), seja de origem vegetal, animal ou de produção bacteriana (Pisoschi *et al.*, 2018), que incluem os ácidos orgânicos. Com a Resolução da Diretoria

Colegiada nº 272 (Brasil, 2019), que regulamenta o uso de aditivos alimentares, diversos ácidos orgânicos são permitidos com diferentes funcionalidades, como acidulantes ou antioxidantes, e não possuem limite máximo vigente para sua aplicação em produtos cárneos. Os ácidos orgânicos são produzidos naturalmente por bactérias específicas e atuam como inibidores de crescimento de outras, podendo ser adicionados no processo, como aditivo alimentar, ou serem resultado da fermentação natural que ocorre em alguns alimentos, como em produtos fermentados (Theron; Lues, 2007; Angmo *et al.*, 2016; Pisoschi *et al.*, 2018). Quando utilizados com fins antimicrobianos, os ácidos orgânicos podem ser utilizados de forma isolada ou em combinações, com o intuito de potencializar sua ação.

O ácido láctico possui origem bacteriana, sendo produzido por bactérias lácticas, e presente de forma natural em produtos fermentados (Angmo *et al.*, 2016), porém sua aplicação na indústria cárnea se dá principalmente na descontaminação das carcaças (Manzoor *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2020). O ácido láctico possui capacidade de atravessar membranas celulares e reduzir o valor de pH (Pisoschi *et al.*, 2018), impedindo o crescimento microbiano de forma satisfatória (Theron; Lues, 2007).

Os ácidos cítrico e ascórbico, por outro lado, possuem origem vegetal e são utilizados como antimicrobianos na indústria devido a sua capacidade antioxidante (Pisoschi *et al.*, 2018). O ácido cítrico pode ser extraído de frutas cítricas, possuindo capacidade inibitória de crescimento bacteriano como para *Listeria monocytogenes* e *Clostridium botulinum* (Glass *et al.*, 2024). Já o ácido ascórbico possui ação tanto na inibição de crescimento microbiano como na manutenção da coloração cárnea (Kim *et al.*, 2019), fatores importantes para a carne suína.

Considerando a demanda de mercado por soluções que prologuem o *shelf-life* da carne suína resfriada, se faz necessária a avaliação de formas de conservação do produto final, seja para definir a melhor temperatura de conservação, como adicionar aditivos alimentares com o intuito de diminuir o crescimento bacteriano e garantir a segurança e característica organolépticas do produto até a data final de validade. Neste sentido, o estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas e microbiológicas de cortes de lombo suíno submetidos a aspersão de *blend* de ácidos orgânicos (ácido ascórbico, ácido cítrico e ácido láctico) armazenados em quatro diferentes temperaturas (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) durante 30 dias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a vida de prateleira (*shelf life*) de carne de lombo suína submetida à aspersão de um *blend* de ácidos orgânicos (ácido ascórbico, ácido cítrico e ácido láctico) armazenada por 30 dias em quatro temperaturas diferentes (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as características físico-químicas (pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por cocção, deformação, cisalhamento e oxidação lipídica) da carne de lombo suína resfriada tratada com ácidos orgânicos, armazenadas em quatro diferentes temperaturas (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) durante 30 dias;
- Avaliar a contagem de microrganismos psicotróficos aeróbios totais, *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli* e mesófilos aeróbios, além da pesquisa de *Salmonella* spp. em carne de lombo suína tratada com ácidos orgânicos em quatro diferentes temperaturas (1°C, 4°C, 10°C e 15°C) durante 30 dias.

3. ARTIGO

Neste item é apresentado o artigo intitulado “Efeito da temperatura de armazenamento e da aplicação de ácidos orgânicos sobre o *shelf-life* de lombo suíno resfriado”, o qual foi redigido sob as normas da revista *International Journal of Food Science & Technology*, para submissão posterior.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de ácidos orgânicos, suas combinações e seus efeitos sobre a carne requerem maiores estudos para determinar combinações seguras e que permitam a extensão de *shelf-life*. Neste trabalho, houve influência da aplicação de ácidos orgânicos sobre o valor de pH, agindo como antioxidante, assim retardando a queda de valores e mantendo o meio básico, contribuindo para a inibição do crescimento bacteriano e possível extensão do *shelf-life* suíno. Nas demais análises físico-químicas não apresentaram influência estatisticamente significativa da aplicação de ácidos orgânicos nos seus resultados. A utilização de diferentes temperaturas de armazenamento mostrou que é um ponto de atenção para manutenção e extensão do *shelf-life* da carne suína resfriada, influenciando nos valores de pH, crescimento microbiano e na coloração. Amostras armazenadas em temperaturas maiores de refrigeração (10°C e 15°C) sofreram deterioração de forma mais rápida comparadas a amostras em menores temperaturas (1°C e 4°C), mesmo com a aplicação de ácidos orgânicos. Assim, os ácidos orgânicos agiram com agente antioxidante e antimicrobiano de forma satisfatória em amostras armazenadas a 1°C e 4°C, porém não apresentaram uma influência para aumento de *shelf-life* em cortes cárneos armazenados a 10°C e 15°C. Para que possa atuar como um fator que estenda o *shelf-life* de lombo suíno, preservando por mais tempo características físico-químicas e inibindo o crescimento microbiológico, ainda é necessário a avaliação de combinações e concentrações de ácidos orgânicos combinados em *blend*.

REFERÊNCIAS

- ANGMO, K.; KUMARI, A.; Monika; ., Savitri; BHALLA, T. C.. Antagonistic activities of lactic acid bacteria from fermented foods and beverage of Ladakh against *Yersinia enterocolitica* in refrigerated meat. **Food Bioscience**, [S.L.], v. 13, p. 26-31, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.004>.
- BELLÉS, M.; ALONSO, V.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A.. The combined effects of superchilling and packaging on the shelf life of lamb. **Meat Science**, [S.L.], v. 133, p. 126-132, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.013>.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Brasília, 06 jul. 2022.
- BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 272, de 14 de março de 2019. Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos. Brasília, 18 mar. 2019.
- CRUZ-MONTERROSA, R.; GUERRERO-LEGARRETA, I.. Postmortem Handling. In: HUI, Y. H. (ed.). **Handbook of Meat and Meat Processing**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 1k.6+93,2
- GREASER, M. L.; GUO, W.. Postmortem Muscle Chemistry. In: HUI, Y. H. (ed.). **Handbook of meat and meat processing**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2012. p. 63-78.
- HAN, J.; LUO, X.; ZHANG, Y.; ZHU, L.; MAO, Y.; DONG, P.; YANG, X.; LIANG, R.; HOPKINS, D. L.; ZHANG, Y.. Effects of spraying lactic acid and peroxyacetic acid on the bacterial decontamination and bacterial composition of beef carcasses. **Meat Science**, [S.L.], v. 164, p. 108104, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108104>.
- HUI, Y. H.. Ground Meat Processing and Safety. In: HUI, Y. H. (ed.). **Handbook of Meat and Meat Processing**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2012. p. 865-880.
- ICMSF, International Commission On Microbiological Specifications for Foods. Microorganisms in Foods 8. **Microorganisms In Foods**, [S.L.], out. 2011. Springer US. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9374-8>.
- KIM, T.; HWANG, K.; LEE, M.; PAIK, H.; KIM, Y.; CHOI, Y.. Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids. **Meat Science**, [S.L.], v. 152, p. 141-145, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.015>.
- MANZOOR, A.; JASPAL, M. H.; YAQUB, T.; HAQ, A. U.; NASIR, J.; AVAIS, M.; ASGHAR, B.; BADAR, I. H.; AHMAD, S.; YAR, M. K.. Effect of lactic acid spray on microbial and quality parameters of buffalo meat. **Meat Science**, [S.L.], v. 159, p. 107923, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107923>.
- MCMILLIN, K. W.. Advancements in meat packaging. **Meat Science**, [S.L.], v. 132, p. 153-162, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.015>.
- MEIRELLES, A.. **Consumo de carne suína é o que mais cresce no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2023/11/03/consumo-de-carne-suina-e-a-que-mais-cresce-no-brasil.htm>. Acesso em: 07 ago. 2024.

POMPONIO, L.; RUIZ-CARRASCAL, J.. Oxidative deterioration of pork during superchilling storage. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 97, n. 15, p. 5211-5215, 16 jun. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8403>.

THERON, M. M.; LUES, J. F.R.. Organic Acids and Meat Preservation: a review. **Food Reviews International**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 141-158, 16 mar. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/87559120701224964>.

VERBEKE, W.; SMET, S.; VACKIER, I.; VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; VAN KENHOVE, P.. Role of intrinsic search cues in the formation of consumer preferences and choice for pork chops. **Meat Science**, [S.L.], v. 69, n. 2, p. 343-354, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.08.005>.

WANG, S.; ZHANG, D.; YANG, Q.; WEN, X.; LI, X.; YAN, T.; ZHANG, R.; WANG, W.; AKHTAR, K. H.; HUANG, C.. Effects of different cold chain logistics modes on the quality and bacterial community succession of fresh pork. **Meat Science**, [S.L.], v. 213, p. 109502, jul. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109502>.

ZHAO, F.; WEI, Z.; ZHOU, G.; KRISTIANSEN, K.; WANG, C.. Effects of Different Storage Temperatures on Bacterial Communities and Functional Potential in Pork Meat. **Foods**, [S.L.], v. 11, n. 15, p. 2307, 2 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11152307>.

ZHAO, F.; ZHOU, G.; YE, K.; WANG, S.; XU, X.; LI, C.. Microbial changes in vacuum-packed chilled pork during storage. **Meat Science**, [S.L.], v. 100, p. 145-149, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.004>.

ZHAO, Y.; ZHANG, X.; XU, X.; ZHANG, S.. Research progress of phase change cold storage materials used in cold chain transportation and their different cold storage packaging structures. **Journal Of Molecular Liquids**, [S.L.], v. 319, p. 114360, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114360>.