



PRODUTOS DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM SALAMES

TATIANA LABRE DA SILVA; JÚLIA DOS SANTOS FONSECA; DAVI DE SOUZA LEAL; WILLIAN BONNE MONTEIRO DOS SANTOS; FERNANDA DE JORGE GOUVÊA

RESUMO

O salame é um produto cárneo reestruturado, embutido, com sabor marcante, bastante versátil, prático e saboroso. A composição nutricional confere energia, proteína e ácidos graxos necessários. No entanto, este cárneo é vulnerável à oxidação através de vários mecanismos diferentes, o que ocasiona perda de nutrientes essenciais e formação de produtos oxidados tóxicos. Desta forma, as reações oxidativas devem ser retardadas sempre que possível. O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura sobre os fatores relacionados a ocorrência de oxidação lipídica em salames. Considerando a carne suína como principal matéria-prima de salames, o comportamento dessa matriz alimentar frente à oxidação lipídica possibilita compreender as modificações durante o processamento desse cárneo reestruturado e estabelecer estratégias de prevenção e controle do processo oxidativo, a fim de elevar a saudabilidade do produto.

Palavras-chave: cárneos reestruturados; lipídios; processamento; qualidade; segurança.

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos fornecem nutrientes e atuam em funções sensoriais e na regulação fisiológica. Os lipídios estão entre os principais componentes dos alimentos e são importantes componentes funcionais e estruturais das células. No entanto, os lipídios são facilmente oxidados por diferentes vias, o que ocasiona efeitos adversos na qualidade dos alimentos e saúde humana. Assim, esforços são direcionados para reduzir a oxidação lipídica e melhorar sua estabilidade (WANG *et al.*, 2023).

Dentre os compostos químicos pertencentes a classe de lipídios, os insaturados são mais suscetíveis à deterioração oxidativa iniciada por radicais, um dos problemas mais significativos de qualidade e desperdício de alimentos. A oxidação lipídica resulta em sabores indesejáveis, aldeídos tóxicos e a co-oxidação de proteínas e compostos de cor (BAYRAM e DECKER, 2023). A qualidade de alimentos é alterada por processos oxidativos, pois além da perda de ácidos graxos essenciais, os radicais livres podem destruir vitaminas lipossolúveis e outros compostos bioativos (RODRIGUEZ-AMAYA e SHAHIDI, 2021).

Em relação aos alimentos, os que possuem origem animal apresentam ácidos graxos e colesterol em sua fração lipídica insaturada, com implicações na saúde, visto que estes compostos quando expostos a fatores oxidantes sofrem perdas nutricionais e sensoriais e há formação de produtos da oxidação do colesterol (POCs) (DE OLIVEIRA *et al.*, 2018). A ingestão dos POCs causa efeitos deletérios a saúde e sua composição varia sob influência da ação do oxigênio, calor, ácidos graxos poli-insaturados, água, pH, radiação e embalagens e armazenamento inadequados (VICENTE *et al.*, 2012).

As condições de armazenamento também influenciam a oxidação em produtos de origem

animal, com elevação de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), consequência de quebra de hidroperóxidos, assim como teores superiores de óxidos de colesterol, o que ressalva a importância de limitar a absorção de luz e controlar a oxidação lipídica nesta etapa (CARDENIA *et al.*, 2015). Tanto a matriz, como o processamento, tipo de embalagem e condições de armazenamento influenciam a formação de POCs, o que gera o acúmulo em carnes, ovos, peixes, aves e laticínios (MALDONADO-PEREIRA *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2019).

Em relação ao processamento de salames, a influência da fração lipídica nas propriedades de produtos de carne de suíno, embutidos em invólucros de pequeno diâmetro, curados, fermentados, secos, adicionados de sal e especiarias, deve-se a fenômenos hidrolíticos e oxidativos, bem como à sua tipologia e composição (Summo *et al.*, 2010). Dentre as principais reações descritas, citam-se a degradação lipídica (reações oxidativas), degradação da tiamina, fermentação microbiana de carboidratos e metabolismo microbiano, assim como as interações complexas entre eles, a exemplo da degradação de aminoácidos produzida por produtos de oxidação lipídica (FLORES, 2018).

Ademais, a lipólise em carnes e produtos cárneos é um fenômeno que envolve a hidrólise de lipídios, principalmente por via enzimática e catálise que ocorre mesmo *post mortem*. Durante o armazenamento de carne, enzimas lipolíticas endógenas degradam ativamente os triacilgliceróis e fosfolipídios, resultando no acúmulo de ácidos graxos livres e outros produtos hidrolíticos. Vários fatores intrínsecos, como substratos lipídicos, atividade de enzimas lipolíticas e presença de antioxidantes e pró-oxidantes podem influenciar na composição. Entretanto, a adição de fermento microbiano no produto cárneo reestruturado fermentado dificulta ainda mais a interpretação dos resultados (TATIYABORWORNTHAM *et al.*, 2022). Também, o processamento (incluindo formulação e fermentação) induz a mudanças químicas ou físicas nos alimentos que podem modificar a bioacessibilidade de nutrientes e a formação de peptídeos, impactando o verdadeiro valor nutricional dos alimentos (NUNZIO *et al.*, 2022).

O presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar os fatores relacionados a oxidação lipídica em salames.

2 METODOLOGIA

Para elaboração do presente estudo foi feita uma busca de artigos científicos, na base de dados Capes, com seleção através o uso das palavras contidas no título e nas palavras-chave.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a produção de salame, os micro-organismos naturalmente presentes nas matérias-primas e eventualmente inoculadas como starters são responsáveis pelo processo de fermentação. No processamento ocorre uma sucessão de eventos, que caracterizam o gotejamento, secagem e as fases de amadurecimento, as quais precisam ser monitorados para garantir a higiene, a segurança e a qualidade sensorial do produto. Adicionalmente, as propriedades intrínsecas da carne podem afetar o crescimento e a sobrevivência de grupos microbianos, as composições químicas orgânicas, assim como as propriedades sensoriais (GAGLIO *et al.*, 2016). Assim, o processamento de produtos cárneos gera mudanças nas composições de ácidos graxos e oxidação do colesterol, o que pode vir a perturbar a integridade dos tecidos musculares e facilitar a interação de pró-oxidantes com ácidos graxos insaturados e a propagação de reações oxidativas (RATHER *et al.*, 2021).

A confecção de salame tipo Milano fatiado e embalado em atmosfera modificada, submetidos a condições comerciais de temperatura e exposição à luz foi pesquisado por Zanardi *et al.* (2002). De acordo com os pesquisadores, a gravidade da degradação lipídica e da cor depende das condições ambientais durante o armazenamento, especialmente a quantidade de

oxigênio residual nas embalagens. Contudo, os sistemas redutores endógenos e adicionados (nitrito/ascorbato) neste tipo de produto pareceram suficientes para controlar a produção de compostos de oxidação oriundos de ácidos graxos e colesterol até o final da maturação. No armazenamento, somente após 60 dias, os valores de TBARS atingiram o nível de 1 mg MDA/kg e 0,2 µg/g de POCs.

Resultados semelhantes foram identificados por Baggio e Bragagnolo (2006), que avaliaram a composição da fração lipídica de salame italiano em temperatura ambiente e ao abrigo da luz, durante 90 dias. Os ácidos graxos majoritários foram o C16:0 ($24,3 \pm 0,6$ g/100 g), seguido de C18:0 ($11,6 \pm 0,0$ g/100 g) e C18:1 ω^9 ($41,9 \pm 0,8$ g/100 g). Os teores de lipídios totais (21 ± 3 g/100 g a 23 ± 5 g/100 g), a composição de ácidos graxos, equivalente a 39 g/100 g de saturados, 46 g/100 g de monoinsaturados e 14 g/100 g de poli-insaturados e o teor de colesterol (48 ± 6 a 57 ± 4 mg/100 g), não alteraram, sem a formação de POCs. Estes resultados foram associados a adição de antioxidantes (eritorbato de sódio, especiarias e condimentos naturais) nas formulações, o que preveniu a formação de radicais derivados de ácidos graxos insaturados e óxidos de colesterol.

Visessanguan *et al.* (2006) identificaram a ocorrência de oxidação lipídica em salames durante a fermentação, cuja progressão resultou na elevação de peróxidos e redução de TBARS, com ausência de odor e sabor desagradáveis. No perfil de ácidos graxos, os pesquisadores destacaram em ordem decrescente: os ácidos oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e palmítico (C16:0), no total de 90% dos ácidos graxos.

Zanardi *et al.* (2009) identificaram a indução da oxidação lipídica pelo uso de irradiação (0, 2, 5 e 8 Kgy) em salames, com formação de TBARS em todos os níveis utilizados. Para o colesterol, a dose mais alta resultou em formação superior de óxidos, porém qualitativamente semelhantes. De acordo com os pesquisadores, os teores de POCs foram 100 vezes inferiores ao nível tóxico identificado em experimentos *in vitro* e *in vivo*.

Broncano *et al.* (2009) avaliaram a influência de métodos de cozimento (grelhado, frito, micro-ondas e assado, na oxidação lipídica e formação de POCs na carne de suínos alimentados em sistema intensivo. Para a oxidação lipídica, as amostras grelhadas apresentaram oxidação lipídica inferior (TBARS e hexanal). Os teores de POCs foram semelhantes, com predomínio do 7 α -hidroxicolesterol (7 α -OH) ($73,9$ a $159,8$ l g/100 g de músculo), 7 β -hidroxicolesterol (7 β -OH) ($76,4$ a $156,3$ µg/100 g de músculo) e 25-hidroxicolesterol (25-OH) ($22,1$ a $47,1$ µg/100 g de músculo).

Teores inferiores de POCs foram observados em fatias finas de carne de suíno desidratada (amostras de pernil liofilizado crua e após a adição de 8 diferentes aromatizantes com temperatura de torra (°C) a 120, 160 e 200. Os níveis totais de POCs (µg/g) variaram entre 0,027 e 2,030, sob influência direta da temperatura. Para os óxidos, foram identificadas variações entre: $0,01 \pm 0,0$ e $0,12 \pm 0,0$ para 7 α -OH, $0,02 \pm 0,0$ e $0,17 \pm 0,0$ para 7 β -OH, $0,26 \pm 0,01$ e $1,27 \pm 0,05$ para 5,6 β epoxicoolesterol (EP); $0,65 \pm 0,03$ e $0,67 \pm 0,02$ para 5,6 α EP $0,11 \pm 0,0$ e $0,12 \pm 0,0$ para o triol, traços de 25-OH e 7-cetocolesterol e (HUNG *et al.*, 2021).

De Lima Alves *et al.* (2018) avaliaram o uso de banho de ultrassom (US) (EUA, 25 kHz) em diferentes tempos (0, 3, 6 e 9 min) no processamento de salames italianos, durante o processamento (0, 2, 15 e 28 dias) e armazenamento (1, 30 e 120 dias). De acordo com os pesquisadores, o tempo mais elevado de exposição ao US ocasionou crescimento superior de micro-organismos, sem alterar o pH e o processo de fermentação. Todavia, os processos oxidativos de lipídios (valor de peróxido e TBARS) e proteínas (grupo tiol) foram acelerados pelo US, mantendo-se dentro dos limites aceitáveis, o que deve ser considerado para manter a qualidade do salame italiano.

A utilização de cepas de *Lactobacillus casei* no processo de fermentação de salame tipo italiano com baixo teor de gordura, adicionado de fruto-oligossacarídeos (FOS) foi pesquisada por Bis-Souza, Penna e Silva Barretto (2020), através da utilização de cepas probióticas em pH

5,5, 5,0 e 4,5 e temperaturas de incubação de 15 e 25 °C, adicionadas à linguiça fermentada com baixo teor de gordura – C (controle), FOS (25% de gordura reduzida com 2% de FOS), FOS_66 (25% de redução de gordura com 2% de FOS e *L.casei* SJRP 66) e FOS_169 (25% de redução de gordura com 2% de FOS e *L.casei* SJRP 169). De acordo com os pesquisadores, a adição do probiótico não mostrou efeito sobre os níveis lipídicos de oxidação e coloração, e conferiu propriedades promissoras às cepas de probióticos, para aplicações em salame tipo italiano com baixo teor de gordura e apelo mais saudável.

Liu *et al.* (2023) analisaram salames com uso de diferentes culturas starters de leveduras. Durante o processamento os teores de TBARS elevaram, com valores máximos após 60 dias de armazenamento. Contudo, o uso de leveduras resultou em valores de TBARS entre 0,70 e 1,25 mg MDA/kg, inferior ao observado nas formulações controle (2,45 mg MDA/kg) e com uso exclusivo de bactérias lácticas (3,60 mg MDA/kg), o que indicou a suplementação de levedura como estratégia para prevenir a oxidação lipídica.

4 CONCLUSÃO

Em virtude da presença de lipídios insaturados como os ácidos graxos e colesterol, o salame apresenta suscetibilidade à oxidação lipídica. Dentre os fatores relacionados ao processamento que influenciam a qualidade lipídica dos salames, as condições de exposição atmosférica, temperatura e luz, o processo de fermentação, as condições de armazenamento, o uso de irradiação e ultrassom, a adição de cepas probióticas e leveduras foram alguns dos fatores relacionados a ocorrência de oxidação lipídica e perda de qualidade desse produto cárneo.

REFERÊNCIAS

- BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N. Cholesterol oxide, cholesterol, total lipid and fatty acid contents in processed meat products during storage. **Lwt**, v.39, p.513–520, 2006. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.03.007.
- BAYRAM, I.; DECKER, E.A. Underlying mechanisms of synergistic antioxidant interactions during lipid oxidation. **Trends in Food Science & Technology**, v.133, p.219–230, 2023. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.003.
- BIS-SOUZA, C.V.; PENNA, A.L.B.; SILVA BARRETTO, A.C. DA. Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. **Meat Science**, v.168, p.108186, 2020. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108186.
- BRONCANO, J.M.; PETRÓN, M.J.; PARRA, V.; TIMÓN, M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. **Meat Science**, v.83, p.431–437, 2009. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.021.
- CARDENIA, V.; MASSIMINI, M.; POERIO, A.; VENTURINI, M.C.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T.; VECCHIA, P.; LERCKER, G. Effect of dietary supplementation on lipid photooxidation in beef meat, during storage under commercial retail conditions. **Meat Science**, v.105, p.126–135, 2015. DOI: 10.1016/j.meatsci.2015.02.010.
- FLORES, M. Understanding the implications of current health trends on the aroma of wet and dry cured meat products. **Meat Science**, v.144, p.53–61, 2018. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.016.

HUNG, Y.T.; LEE, Y.T.; INBARAJ, B.S.; SRIDHAR, K.; CHEN, B.H. Analysis and formation of polycyclic aromatic hydrocarbons and cholesterol oxidation products in thin slices of dried pork during processing. **Food Chemistry**, v.353, p.129474, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129474.

LIMA ALVES, L. DE; STEFANELLO DA SILVA, M.; MARTINS FLORES, D.R.; RODRIGUES ATHAYDE, D.; ROGGIA RUVIARO, A.; SILVA BRUM, D. DA; FAGUNDES BATISTA, V.S.; OLIVEIRA MELLO, R. DE; RAGAGNIN DE MENEZES, C.; BASTIANELLO CAMPAGNOL, P.C.; WAGNER, R.; SMANIOTO BARIN, J.; CICHOSKI, A.J. Effect of ultrasound on the physicochemical and microbiological characteristics of Italian salami. **Food Research International**, v.106, p.363–373, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.074.

LIU, Y.; CAO, Y.; YOHANNES WOLDEMARIAM, K.; ZHONG, S.; YU, Q.; WANG, J. Antioxidant effect of yeast on lipid oxidation in salami sausage. **Frontiers in Microbiology**, v.13, 2023. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1113848.

MALDONADO-PEREIRA, L.; SCHWEISS, M.; BARNABA, C.; MEDINA-MEZA, I.G. The role of cholesterol oxidation products in food toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, v.118, p.908–939, 2018. DOI: 10.1016/j.fct.2018.05.059.

NUNZIO, M. DI; LOFFI, C.; MONTALBANO, S.; CHIARELLO, E.; DELLAFIORA, L.; PICONE, G.; ANTONELLI, G.; TEDESCHI, T.; BUSCHINI, A.; CAPOZZI, F.; GALAVERNA, G.; BORDONI, A. Cleaning the Label of Cured Meat; Effect of the Replacement of Nitrates/Nitrites on Nutrients Bioaccessibility, Peptides Formation, and Cellular Toxicity of In Vitro Digested Salami. **International Journal of Molecular Sciences**, v.23, p.1–18, 2022. DOI: 10.3390/ijms232012555.

OLIVEIRA, V.S. DE; FERREIRA, F.S.; COPPE, M.C.R.; LABRE, T. DA S.; AUGUSTA, I.M.; GAMALLO, O.D.; SALDANHA, T. Use of Natural Antioxidants in the Inhibition of Cholesterol Oxidation: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.17, p.1465–1483, 2018. DOI: 10.1111/1541-4337.12386.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; SHAHIDI, F. **Oxidation of lipids**. [s.l.] INC, 2021. 125–170p. DOI: 10.1016/b978-0-12-817380-0.00004-x.

SUMMO, C.; CAPONIO, F.; PARADISO, V.M.; PASQUALONE, A.; GOMES, T. Vacuum-packed ripened sausages: Evolution of oxidative and hydrolytic degradation of lipid fraction during long-term storage and influence on the sensory properties. **Meat Science**, v.84, p.147–151, 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.08.041.

TATIYABORWORNTHAM, N.; OZ, F.; RICHARDS, M.P.; WU, H. Paradoxical effects of lipolysis on the lipid oxidation in meat and meat products. **Food Chemistry: X**, v.14, p.100317, 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100317.

VICENTE, S.J.V.; SAMPAIO, G.R.; FERRARI, C.K.B.; TORRES, E.A.F.S. Oxidation of Cholesterol in Foods and Its Importance for Human Health. **Food Reviews International**, v.28, p.47–70, 2012. DOI: 10.1080/87559129.2011.594972.

VISSANGUAN, W.; BENJAKUL, S.; RIEBROY, S.; YARCHAI, M.; TAPINGKAE, W. Changes in lipid composition and fatty acid profile of Nham, a Thai fermented pork sausage, during fermentation. **Food Chemistry**, v.94, p.580–588, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.11.051.

WANG, C.; SIRIWARDANE, D.A.; JIANG, W.; MUDALIGE, T. Quantitative analysis of cholesterol oxidation products and desmosterol in parenteral liposomal pharmaceutical formulations. **International Journal of Pharmaceutics**, v.569, p.118576, 2019. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2019.118576.

WANG, D.; XIAO, H.; LYU, X.; CHEN, H.; WEI, F. Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. **Oil Crop Science**, 2023. DOI: 10.1016/j.ocsci.2023.02.002.

ZANARDI, E.; BATTAGLIA, A.; GHIDINI, S.; CONTER, M.; BADIANI, A.; IANIERI, A. Lipid oxidation of irradiated pork products. **Lwt**, v.42, p.1301–1307, 2009. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.02.016.

ZANARDI, E.; DORIGONI, V.; BADIANI, A.; CHIZZOLINI, R. Lipid and colour stability of Milano-type sausages: Effect of packing conditions. **Meat Science**, v.61, p.7–14, 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00152-8.