

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 18/03/2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

Elisa Rafaela Bonadio Bellucci

Aplicação de extratos de pitaia e açaí em produtos cárneos: estudo da vida útil

São José do Rio Preto
2022

Elisa Rafaela Bonadio Bellucci

Aplicação de extratos de pitaia e açaí em produtos cárneos: estudo da vida útil

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor(a) em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES

Orientadora: Prof^{fa}. Dra. Andrea Carla da Silva Barretto

Coorientador: Prof. Dr. Jose Manuel Lorenzo Rodriguez

São José do Rio Preto
2022

B449a	Bellucci, Elisa Rafaela Bonadio Aplicação de extratos de pitaia e açaí em produtos cárneos: estudo da vida útil / Elisa Rafaela Bonadio Bellucci. -- São José do Rio Preto, 2022 141 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto Orientadora: Andrea Carla da Silva Barretto Coorientador: José Manuel Lorenzo Rodriguez 1. Antioxidantes naturais. 2. Aditivos naturais. 3. Produtos cárneos saudáveis. 4. Oxidação lipídica. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Elisa Rafaela Bonadio Bellucci

Aplicação de extratos de pitaia e açaí em produtos cárneos: estudo da vida útil

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor(a) em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos) do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Campus de São José do Rio Preto
Orientadora

Profa. Dra. Natália Soares Janzantti
UNESP – Campus de São José do Rio Preto

Profa. Dra. Marise A. Rodrigues Pollonio
UNICAMP – Campus de Campinas

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa
UNESP – Campus de São José do Rio Preto

Profa Dra. Profa. Dra. Tayse Ferreira Ferreira da Silveira
UNIFESP – Campus São Paulo

São José do Rio Preto
18 de março de 2022

Dedico este trabalho a minha família!

Aos meus pais, Edson e Dora, que nunca mediram esforços para me ajudar e estiveram ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Eder e Elisiane, por cada palavra de incentivo e por torcerem pelo meu sucesso.

Dedico também aos meus avós (in memoriam), em especial ao meu avô Dino Orlando Bonadio, que me colocava em suas orações e acreditava na minha capacidade, sempre com muito orgulho. Sei que minhas ações ainda estão sob as bênçãos de Deus, devido a ele.

AGRADECIMENTOS

Iniciando os agradecimentos, gostaria de agradecer à minha orientadora, Prof. Dr. Andrea Carla da Silva Barretto, que não foi apenas uma ferramenta para meu aprendizado e uma guia nos meus conhecimentos, mas também foi uma amiga, na qual pude ter ao meu lado em muitas situações que se passaram nesses anos em que estive sob sua orientação. Meu eterno muito obrigada! Obrigada, Prof. Andrea, pelo apoio, incentivo, pelas “brincas” em momentos certos e por compartilhar todo seu conhecimento comigo.

Agradeço ao meu coorientador, Dr. José Manuel Lorenzo Rodriguez, por todas as contribuições dadas para a realização desta tese de Doutorado, todas de grande importância para a conclusão deste trabalho. Agradeço também pela oportunidade a mim presenteada e por me receber no Centro Tecnológico da Carne, localizado na cidade de Ourense, Espanha. E, aqui, estendo meu agradecimento ao CTC e a todos os que estiveram comigo e puderam, de alguma forma, colaborar com a pesquisa que lá foi realizada.

Agradeço ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de São José do Rio Preto, pela infraestrutura oferecida para a execução da pesquisa aqui discutida. E, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, bem como a todos os docentes pertencentes a ele, principalmente pelo apoio e convivência durante esses anos.

Estendo o meu agradecimento aos Técnicos do DETA, Luiz, Tânia e Alana e aos demais funcionários que ali trabalham e que tive o prazer de conviver.

Aos meus colegas de laboratório, que estiveram comigo nesses anos, meu muito obrigada! Em especial àqueles que não só foram meus colegas, mas se tornaram meus amigos, e que me ajudaram não somente durante análises e escritas, mas também no dia a dia. Agradeço aos amigos da vida, aqueles que estão comigo desde sempre.

Agradeço a toda minha família, tios, tias, primos e primas, que estão sempre presentes em minha vida. Sinto o carinho e a preocupação de cada um e sei que estiveram ao meu lado em toda decisão que tomei, comemorando cada conquista obtida. Eu amo imensamente cada um!

Aos meus pais, Edson e Dora, não há “obrigada” o suficiente para expressar o quanto sou grata por tudo que hão feito por mim. Sou muito abençoada por tê-los em minha vida e sei que não conseguiria sem o apoio e as orações de vocês. E aos meus irmãos, Eder e Elisiane, meu obrigada por estarem ao meu lado, por serem minha calma e meu porto seguro.

E, em especial, agradeço a Deus por ter me proporcionado viver e concluir essa experiência. Por ter colocado em meu caminho somente pessoas maravilhosas e ter me colocado na família que tenho. Agradeço por ter me fortalecido nos momentos difíceis, por ter me dado discernimento nos momentos de dúvida e fé para seguir acreditando que tudo será conforme a vontade Dele.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, à qual agradeço, pelo suporte financeiro recebido e por contribuir para o desenvolvimento da pesquisa brasileira e para a capacitação de pesquisadores.

RESUMO

A mudança no hábito alimentar dos consumidores, que passaram a se preocupar mais com os alimentos que consomem, aliado aos riscos carcinogênico e tóxico associados aos aditivos sintéticos, levaram a um aumento na busca por alimentos com menores quantidades desses aditivos. Essa tendência refletiu no setor da carne impulsionando pesquisas para desenvolver produtos com adição de extratos naturais obtidos de diferentes fontes capazes de inibir ou retardar as reações de oxidação, a principal causa da deterioração desses produtos devido às alterações sensoriais e nutricionais. Extratos obtidos de frutas têm sido amplamente estudados. A pitaia vermelha e o açaí são frutos ricos em compostos bioativos com ação antioxidantes e com potencial para estender a vida útil de produtos cárneos, reduzindo as reações de oxidação lipídica e proteica, além de minimizar a descoloração durante o armazenamento. Assim, o objetivo deste trabalho foi obter extrato de pitaia vermelha para aplicação em hambúrguer suíno e avaliar os seus efeitos sobre a vida útil. Ainda neste contexto, obter extrato a partir da polpa de açaí e avaliar sua aplicação em hambúrguer suíno refrigerado e em salame tipo Italiano durante o tempo de maturação. O extrato de pitaia vermelha estudado foi adicionado em hambúrguer suíno com substituição de gordura suína por uma emulsão de óleo de chufa. Os tratamentos estudados foram: CON (sem adição de antioxidante), ERY (500 mg.kg⁻¹ de eritorbato de sódio), PEL, PEM e PEH (250, 500 e 1000 mg.kg⁻¹ de extrato de pitaia, respectivamente). O extrato de pitaia vermelha teve efeito sobre a coloração do produto, mantendo a coloração de hambúrguer suíno mais estável durante os 18 dias de armazenamento refrigerado sobre incidência de luz, além disso foi capaz de reduzir a oxidação lipídica e melhorar a aceitação sensorial, principalmente do atributo de cor. O extrato de açaí foi avaliado em ambos os produtos, hambúrguer e salame, nas concentrações de 250, 500 e 750 mg.kg⁻¹, e estas foram comparadas a um controle (sem adição de antioxidante) e um tratamento com eritorbato de sódio (500 mg.kg⁻¹). Em hambúrguer, o extrato de açaí melhorou a estabilidade oxidativa, no entanto, as concentrações 500 e 750 mg.kg⁻¹ (AEM e AEH) afetaram negativamente a coloração, o que não ocorreu na menor concentração estudada (AEL, 250 mg.kg⁻¹), além disso, foi capaz de inibir as reações oxidativas tal como o eritorbato de sódio. Portanto, em hambúrguer suíno, o extrato de açaí adicionado a 250 mg.kg⁻¹ pode ser usado como antioxidante natural em alternativa ao eritorbato de sódio. Já quando aplicado em salame, foi possível observar que o extrato de açaí aplicado nas concentrações de 500 e 750 mg.kg⁻¹ melhoraram a estabilidade oxidativa, além de terem reduzido os valores de pH, e aumentado o

crescimento de bactérias lácticas no tempo de fermentação. Diante disto, nestas concentrações, o extrato de açaí pode ser usado como antioxidante natural para melhorar a qualidade e prolongar a vida útil do salame do tipo italiano. Portanto, nas concentrações estudadas, tanto extrato de pitaia quanto o de açaí podem ser utilizados como antioxidantes para melhorar a vida útil de produtos cárneos.

Palavras-chave: Antioxidantes naturais. Aditivos naturais. Produtos cárneos saudáveis. Oxidação lipídica.

ABSTRACT

The change in the eating habits of consumers, who have become more concerned with the food they consume, combined with the carcinogenic and toxic risks associated with synthetic additives, has driven an increase in the search for foods with lower amounts of these additives. This trend was reflected in the meat sector, boosting research to develop products with the addition of natural extracts obtained from different sources capable of inhibiting or delaying oxidation reactions, the main cause of deterioration of these products due to sensory and nutritional changes. Extracts obtained from fruits are widely studied. Red pitaya and açaí are fruits rich in bioactive antioxidant compounds that can act to extend the life of meat products, reducing the reactions of lipid and protein oxidation, in addition to minimizing discoloration during storage. Thus, the objective of this work was to obtain red pitaya extract for application in pork patties and to evaluate its effects on the stability of color and oxidation reactions, as well as on the sensory acceptance of this product. And, still in this context, to evaluate the effect of the extract obtained from the açaí pulp when applied in refrigerated pork patty and in Italian-type salami during the ripening time. The red pitaya extract studied was added to pork patties with pork fat replacement by an emulsion of chufa oil. The treatments studied were: CON (no antioxidant added), ERY (500 mg.kg⁻¹ of sodium erythorbate), PEL, PEM and PEH (250, 500 and 1000 mg.kg⁻¹ of pitaya extract, respectively). The red pitaya extract influenced the color of the product, keeping the pork patties color more stable during the 18 days of refrigerated storage under light incidence, in addition, it was able to reduce lipid oxidation and improve sensory acceptance, especially of the color attribute. The açaí extract was evaluated in both products, pork patties and Italian-type salami, at concentrations of 250, 500 and 750 mg.kg⁻¹, and these were compared to a control (without the addition of antioxidant) and a treatment with sodium erythorbate (500 mg.kg⁻¹). In pork patties, the açaí extract improved the oxidative stability, however, the concentrations of 500 and 750 mg.kg⁻¹ (AEM and AEH) negatively affected the color, which did not occur at the lowest concentration studied (AEL, 250 mg.kg⁻¹), in addition, it was able to inhibit oxidative reactions such as sodium erythorbate. Therefore, in pork patty, açaí extract added at 250 mg.kg⁻¹ can be used as a natural antioxidant as an alternative to sodium erythorbate. When applied in Italian-type salami, açaí extract applied at concentrations of 500 and 750 mg.kg⁻¹ was able to improve oxidative stability, in addition to reducing the pH values and increasing the growth of lactic acid bacteria during the fermentation time. In this context, at these concentrations, the açaí extract can be used as a natural antioxidant to improve

the quality and prolong the shelf life of Italian-style salami. Therefore, at the concentrations studied, both pitaya and açai extracts can be used as antioxidants to improve the shelf life of meat products.

Keywords: Natural antioxidants. Natural additives. Healthy meat products. Lipid oxidation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - ADDITION OF NATURAL EXTRACTS WITH ANTIOXIDANT FUNCTION TO PRESERVE THE QUALITY AND SHELF LIFE OF MEAT PRODUCTS

Figure 1-1 Illustration representing the application of natural sources as an antioxidant in meat products as a means of preserving quality and shelf life.27

Figure 1-2 Mechanisms of the oxidative processes that occur in the meat system (Ribeiro et al., 2019).29

Figure 1-3 Mechanism of antioxidant in lipid oxidation at propagation step (Falowo at al., 2014).31

CAPÍTULO 2 - RED PITAYA EXTRACT AS NATURAL ANTIOXIDANT IN PORK PATTIES WITH TOTAL REPLACEMENT OF ANIMAL FAT

Figure 2-1. Evolution of TBARs values (A) and total carbonyl content (B) in pork patties during refrigerated storage.84

CAPÍTULO 3 - AÇAÍ EXTRACT POWDER AS NATURAL ANTIOXIDANT ON PORK PATTIES DURING THE REFRIGERATED STORAGE

Figure 3-1 Photographs of the A) raw pork patties, B) cooked pork patties. 111

Figure 3-2 Antioxidant activity (%DPPH) of pork patties with erythorbate and different levels of açai extract (AE) during 10 days of refrigerate storage. 114

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - ADDITION OF NATURAL EXTRACTS WITH ANTIOXIDANT FUNCTION TO PRESERVE THE QUALITY AND SHELF LIFE OF MEAT PRODUCTS

Table 1-1 Fruit (pulp, pigment, peel and seeds) as a source of antioxidants applied in meat products. 35

Table 1-2 Spices, products derivatives from them and essential oil as naturals source of antioxidants applied in meat products 41

Table 1-3 Flowers, leaves and vegetable residues as naturals source of antioxidants applied in meat products..... 51

CAPÍTULO 2 - RED PITAYA EXTRACT AS NATURAL ANTIOXIDANT IN PORK PATTIES WITH TOTAL REPLACEMENT OF ANIMAL FAT

Table 2-1. Proximate composition, cooking loss and texture parameters of pork patties 79

Table 2-2. Evaluation of pH values of pork patties during refrigerated storage..... 81

Table 2-3. Colour parameters of pork patties during refrigerated storage..... 82

Table 2-4. In vitro antioxidant activity (μg Trolox/g) of pork patties during refrigerated storage..... 86

Table 2-5. Fatty acid profile of pork patties (g/100 g of total fatty acids)..... 87

Table 2-6. Acceptance scores and sum of orders according to the preference of consumers on day 0 of cooked pork patties..... 89

CAPÍTULO 3 - AÇAÍ EXTRACT POWDER AS NATURAL ANTIOXIDANT ON PORK PATTIES DURING THE REFRIGERATED STORAGE

Table 3-1 Proximate composition of pork patties with sodium erythorbate and different levels of açai extract (AE) during refrigerated storage. 106

Table 3-2 Evaluation of pH values of pork patties with sodium erythorbate and different levels of açai extract (AE) during refrigerated storage..... 107

Table 3-3 Cooking loss and shrinkage of pork patties with sodium erythorbate and different levels of açai extract (AE) during refrigerated storage.....	108
--	-----

Table 3-4 Color parameters of pork patties with erythorbate and different levels of açai extract (AE) during refrigerated storage.....	110
---	-----

Table 3-5 Evolution of TBARs values of pork patties with sodium erythorbate and different levels of açai extract (AE) during refrigerated storage.....	112
---	-----

CAPÍTULO 4 - APPLICATION OF AÇAÍ EXTRACT POWDER AS NATURAL ANTIOXIDANT IN ITALIAN-TYPE SALAMI UNDER RIPENING CONDITIONS: EVALUATION ON PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES

Table 4-1 Weight loss, pH, and water activity of Italian-type salami with sodium erythorbate and açai extract during ripening time.	128
---	-----

Table 4-2 Lactic acid bacterial (LAB) count of Italian-type salami with sodium erythorbate and açai extract during ripening time.	130
---	-----

Table 4-3 Color parameters of Italian-type salami with sodium erythorbate and distinct levels of açai extract (EA) during processing.	132
---	-----

Table 4-4 Lipid oxidation values of Italian-type salami with sodium erythorbate and distinct levels of açai extract (EA) during processing (mg MDA/kg of sample).....	134
--	-----

Table 4-5 Centesimal composition (g/100g) and instrumental texture profile of Italian-type salami with sodium erythorbate and different levels of açai extract (EA).	135
--	-----

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS	11
INTRODUÇÃO GERAL	17
APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	19
OBJETIVOS.....	23
a) Objetivo Geral	23
b) Objetivos Específicos.....	23
Capítulo 1.....	24
ADDITION OF NATURAL EXTRACTS WITH ANTIOXIDANT FUNCTION TO PRESERVE THE QUALITY AND SHELF LIFE OF MEAT PRODUCTS	25
Introduction.....	26
Oxidation reactions in meat and meat products	27
Antioxidants used in meat products.....	30
Antioxidant substances derived from fruits (pulp, pigment, peel and seeds) applied in meat products	33
Spices and essential oils as natural source of antioxidants applied in meat products	40
Flowers, leaves and vegetable residues as natural source of antioxidants applied in meat products	49
Other sources of natural antioxidants applied in meat products.....	53
Final considerations.....	54
Acknowledgements	55
References.....	55
Capítulo 2.....	68

RED PITAYA EXTRACT AS NATURAL ANTIOXIDANT IN PORK PATTIES WITH TOTAL REPLACEMENT OF ANIMAL FAT	69
1. Introduction.....	70
2. Materials and Methods.....	71
2.1. <i>Red pitaya extract (PE).....</i>	71
2.2. <i>Total phenolic content and antioxidant activity of the PE.....</i>	71
2.3. <i>Manufacture of pork patties.....</i>	72
2.4. <i>Chemical composition of pork patties</i>	73
2.5. <i>Colour parameters and pH of pork patties</i>	73
2.6. <i>Cooking loss and texture profile analysis of pork patties.....</i>	74
2.7. <i>Lipid oxidation and protein oxidation of pork patties</i>	74
2.8. <i>In vitro antioxidant activity of pork patties</i>	75
2.9. <i>Fatty acid profile of pork patties</i>	76
2.10. <i>Sensory analysis of raw and cooked pork patties</i>	77
2.10. <i>Statistical analyses.....</i>	77
3. Results and discussion	78
3.1. <i>Total phenolic content and antioxidant capacity of PE.....</i>	78
3.2. <i>Chemical composition of pork patties</i>	79
3.3. <i>Cooking loss and texture profile analysis of pork patties.....</i>	80
3.4. <i>pH and colour parameters of pork patties</i>	80
3.5. <i>Lipid and protein oxidation of pork patties</i>	83
3.6. <i>In vitro antioxidant activity of pork patties</i>	85
3.7. <i>Fatty acid profile of pork patties</i>	86
3.8. <i>Sensory analysis of pork patties.....</i>	88
4. Conclusion	89
References.....	90
Capítulo 3.....	98

AÇAÍ EXTRACT POWDER AS NATURAL ANTIOXIDANT ON PORK PATTIES DURING THE REFRIGERATED STORAGE	99
1. Introduction	100
2. Materials and Methods	101
2.1. <i>Preparation of Açaí extract (AE) powder and determination of antioxidant activity</i> ..	101
2.1.1. <i>Preparation of AE</i>	101
2.1.2. <i>Total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity of AE</i>	102
2.2. <i>Manufacture of pork patties</i>	102
2.3. <i>Proximate composition and pH</i>	103
2.4. <i>Instrumental color parameters</i>	103
2.5. <i>Cooking proprieties</i>	104
2.6. <i>Lipid oxidation</i>	104
2.7. <i>Radical scavenging activity assay (in vitro)</i>	105
2.8. <i>Statistical analyses</i>	105
3. Results and discussion	105
3.1. <i>Total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity of AE</i>	105
3.2. <i>Proximate composition and pH of pork patties</i>	106
3.3. <i>Cooking parameters</i>	108
3.4. <i>Instrumental color parameters</i>	109
3.5. <i>Lipid oxidation</i>	112
3.6. <i>In vitro antioxidant activity of pork patties</i>	113
4. Conclusion	113
Acknowledgements	114
References	114
Capítulo 4.....	121
APPLICATION OF AÇAÍ EXTRACT POWDER AS NATURAL ANTIOXIDANT IN ITALIAN-TYPE SALAMI UNDER RIPENING CONDITIONS: EVALUATION ON PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES	122

1. Introduction	123
2. Materials and Methods	124
2.1. <i>Obtaining and characterization of açai extract powder extract</i>	124
2.2. <i>Manufacturing of Italian-type salami added with açai extract powder</i>	124
2.3. <i>Water activity (Aw), Weight loss and Microbiological analysis (LAB).....</i>	125
2.4. <i>Instrumental color Italian-type salami and pH determination.....</i>	126
2.5. <i>Lipid oxidation (TBARS assay)</i>	126
2.6. <i>Chemical composition</i>	127
2.7. <i>Texture Profile Analysis (TPA) of Italian-type salami</i>	127
2.8. <i>Statistical analysis</i>	127
3. Results and Discussion	128
3.1. <i>Weight loss, pH, Water activity (Aw) and LAB count</i>	128
3.2. <i>Color Parameters</i>	131
3.3. <i>Lipid oxidation during ripening</i>	133
3.4. <i>Chemical Composition and Texture Analyses Profile at the end of ripening</i>	134
4. Conclusion	135
Acknowledgements	135
References	136
CONCLUSÃO GERAL.....	141

INTRODUÇÃO GERAL

Há um aumento do consumo de carne a nível mundial e apesar de ter sido correlacionado com algumas implicações a saúde, a carne ainda é considerada a mais importante fonte de proteínas de alta qualidade, de vitaminas do grupo B e minerais essenciais (BURRI et al., 2020; JIANG; XIONG, 2016). No entanto, carnes e produtos cárneos são acometidos de reações de oxidação devido principalmente a alta proporção de ácidos graxos insaturados e também a composição dos fosfolipídios, presença de íons metálicos, ferro presente na porção heme da mioglobina, presença de oxigênio e, devido a etapas de processamento como moagem e cozimento (BISWAS; CHATLI; SAHOO, 2012; BURRI et al., 2020; DOMÍNGUEZ et al., 2019; LORENZO et al., 2018a).

As reações de oxidação reduzem a qualidade de produtos cárneos, tendo como consequência a formação de odor de ranço, redução das características nutricionais e formação de compostos tóxicos (FAN et al., 2019). Contra esse fenômeno são adicionados aditivos a produtos cárneos com a finalidade de estender a vida útil e principalmente evitar a descoloração. Entre os antioxidantes utilizados estão o eritorbato de sódio, ascorbato de sódio, hidroxianisol butilado (BHA), butilado hidroxitolueno (BHT), terc-butilhidroquinona (TBHQ), galato de propila e sais de nitrito e nitrato de sódio e/ou potássio que se encontram associados a efeitos toxicológicos e carcinogênicos (BALDIN et al., 2018; ECHEGARAY et al., 2018; KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013; MERCADANTE et al., 2010; RIBEIRO et al., 2019).

O risco associado aos antioxidantes sintéticos somado a mudança no hábito alimentar da população mundial, que passou a se preocupar em consumir alimentos com características mais saudáveis, impulsionou a indústria a desenvolver produtos com rótulos limpos, ou seja, rótulos com ingredientes reconhecidos pelos consumidores, estimulando a pesquisa por ingredientes naturais que possam substituir aditivos químicos comumente utilizados em alimentos (BREWER, 2011; KUMAR et al., 2015). Estudos estão sendo conduzidos para investigar o efeito antioxidante de compostos extraídos de fontes naturais, avaliando sua ação na garantia da qualidade sensorial e nutricional em produtos cárneos, mostrando serem boas alternativas aos antioxidantes sintéticos devido aos altos níveis de compostos fenólicos presentes e outras substâncias antioxidantes (BALDIN et al., 2018; FAN et al., 2019; LORENZO et al., 2018a, 2018b; MUNEKATA et al., 2017; POGORZELSKA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2019).

Neste contexto, as frutas têm se destacado como fontes de compostos bioativos com propriedades antioxidantes para aplicação em produtos cárneos. A pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) é um fruto exótico com propriedades interessantes envolvendo sua coloração e valor nutricional, pois é rica em compostos fenólicos, vitamina C e açúcares, além de possuir pigmentos como betalainas e flavonoides, ambos com comprovada capacidade antioxidante (FERRERES et al., 2017; HUA et al., 2018; OTÁLORA et al., 2019). As betalainas são responsáveis pela cor rosa da polpa e da casca desses frutos, são pigmentos solúveis em água que possuem nitrogênio em sua estrutura (GARCÍA-CRUZ et al., 2017). Alguns estudos mostram efeito da betalaina como corante em produtos cárneos com reduzido teor de nitrito (BELLUCCI et al., 2021; BLOUKAS; ARVANITOYANNIS; SIOPI, 1999; MARTÍNEZ et al., 2006).

A *Euterpe oleracea* é uma palmeira nativa da floresta Amazônica e é mais conhecido como açaizeiro e seu fruto, o açaí, possui alto potencial econômico devido a comercialização de seu suco e polpa, os quais são reconhecidas fontes de energia (BRUNSCHWIG et al., 2016). No Brasil, os maiores produtores de açaí são os estados do Pará, com produção anual de mais de 1,3 milhão toneladas, seguido do Amazonas e de Roraima, que juntos somam mais de 55 mil toneladas (ABRAFRUTAS, 2019). Antocianina é o principal bioativo presente no açaí, sendo associada com inativação de radicais livres e inibição da oxidação, podendo ser utilizado como antioxidante (CARVALHO et al., 2017; KANG et al., 2011). Ainda não há estudos sobre a aplicação de extrato de polpa de pitaia vermelha e de polpa de açaí em produtos cárneos como potencial antioxidante natural.

References

- Abu Salem, F. M., & Ibrahim, H. M. (2010). Dry fermented buffalo sausage with sage oil extract: Safety and quality. *Grasas y Aceites*, 61(1), 76–85. <https://doi.org/10.3989/gya.075109>
- AOAC. (2007). Official Methods of Analysis of AOAC International. In *Association of Official Analysis Chemists International*.
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. In *Food Research International* (Vol. 99). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>
- Basanta, M. F., Rizzo, S. A., Szerman, N., Vaudagna, S. R., Descalzo, A. M., Gerschenson, L. N., Pérez, C. D., & Rojas, A. M. (2018). Plum (*Prunus salicina*) peel and pulp microparticles as natural antioxidant additives in breast chicken patties. *Food Research International*, 106, 1086–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.011>
- Bedia, M., Méndez, L., & Bañón, S. (2011). Evaluation of different starter cultures (*Staphylococci* plus Lactic Acid Bacteria) in semi-ripened Salami stuffed in swine gut. *Meat Science*, 87(4), 381–386. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.11.015>
- Bellucci, E. R. B., Barretto, T. L., Rodriguez, J. M. L., Bis-Souza, C. V., Barba, F. J., & Barretto, A. C. da S. (2021). Natural colorants improved the physicochemical and sensorial properties of frozen Brazilian sausage (linguiça) with reduced nitrite. *Scientia Agricola*, 78(3). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0211>
- Bellucci, E. R. B., dos Santos, J. M., Carvalho, L. T., Borgonovi, T. F., Lorenzo, J. M., & Silva-Barretto, A. C. da. (2022). Açaí extract powder as natural antioxidant on pork patties during the refrigerated storage. *Meat Science*, 184, 108667. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2021.108667>

- Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 168, 108186. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2020.108186>
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911–917. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1139/cjm2014-0700>
- Brasil. (2000). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 22 de 31 de julho de 2000. *Diário Oficial Da União*, 149.
- Carvalho, A. V., Ferreira Ferreira da Silveira, T., Mattietto, R. de A., Padilha de Oliveira, M. do S., & Godoy, H. T. (2017). Chemical composition and antioxidant capacity of açai (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1467–1474. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7886>
- Coelho, S. R., Lima, Í. A., Martins, M. L., Benevenuto Júnior, A. A., Torres Filho, R. de A., Ramos, A. de L. S., & Ramos, E. M. (2019). Application of *Lactobacillus paracasei* LPC02 and lactulose as a potential symbiotic system in the manufacture of dry-fermented sausage. *LWT*, 102, 254–259. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.12.045>
- de Carvalho, F. A. L., Munekata, P. E. S., Lopes de Oliveira, A., Pateiro, M., Domínguez, R., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Food Research International*, 136, 109487. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109487>
- Echegaray, N., Gómez, B., Barba, F. J., Franco, D., Estévez, M., Carballo, J., Marszałek, K., & Lorenzo, J. M. (2018). Chestnuts and by-products as source of natural antioxidants in meat and meat products: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 82). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.005>
- Faria, G. Y. Y., Souza, M. M., Oliveira, J. R. M., Costa, C. S. B., Collares, M. P., & Prentice, C. (2020). Effect of ultrasound-assisted cold plasma pretreatment to

- obtain sea asparagus extract and its application in Italian salami. *Food Research International*, 137, 109435. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109435>
- Garzón, G. A., Narváez-Cuenca, C. E., Vincken, J. P., & Gruppen, H. (2017). Polyphenolic composition and antioxidant activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. *Food Chemistry*, 217, 364–372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.107>
- Glisic, M., Baltic, M., Glisic, M., Trbovic, D., Jekanovic, M., Parunovic, N., Dimitrijevic, M., Suvajdzic, B., Boskovic, M., & Vasilev, D. (2019). Inulin-based emulsion-filled gel as a fat replacer in prebiotic- and PUFA-enriched dry fermented sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 787–797. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13996>
- Gordon, A., Cruz, A. P. G., Cabral, L. M. C., de Freitas, S. C., Taxi, C. M. A. D., Donangelo, C. M., de Andrade Mattietto, R., Friedrich, M., da Matta, V. M., & Marx, F. (2012). Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açai fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. *Food Chemistry*, 133(2), 256–263. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2011.11.150>
- Liu, J. J., Liu, X. P., Ren, J. W., Zhao, H. Y., Yuan, X. F., Wang, X. F., Salem, A. Z. M., & Cui, Z. J. (2015). The effects of fermentation and adsorption using lactic acid bacteria culture broth on the feed quality of rice straw. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(3), 503–513. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60831-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60831-5)
- Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R., & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylated hydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo.” *Food Research International*, 54(1), 611–620. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2013.07.064>
- Matta, F. v., Xiong, J., Lila, M. A., Ward, N. I., Felipe-Sotelo, M., & Esposito, D. (2020). Chemical composition and bioactive properties of commercial and non-commercial purple and white açai berries. *Foods*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/foods9101481>

- Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat Science*, *145*, 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.031>
- Ruiz, J. N., Villanueva, N. D. M., Favaro-Trindade, C. S., & Contreras-Castillo, C. J. (2014). Physicochemical, microbiological and sensory assessments of Italian salami sausages with probiotic potential. *Scientia Agricola*, *71*(3). <https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000300005>
- Santos, J. M. dos, Ignácio, E. O., Bis-Souza, C. V., & Silva-Barretto, A. C. da. (2021). Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design. *Meat Science*, *175*, 108433. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108433>
- Smit, P., Cullere, M., Dalle Zotte, A., Balzan, S., Hoffman, L. C., & Novelli, E. (2020). Effects of honeybush (*Cyclopia subternata*) extract on physico-chemical, oxidative and sensory traits of typical Italian salami. *Food Science and Nutrition*, *8*(5), 2299–2306. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1509>
- Šojić, B., Tomović, V., Kocić-Tanackov, S., Kovačević, D. B., Putnik, P., Mrkonjić, Ž., Đurović, S., Jokanović, M., Ivić, M., Škaljac, S., & Pavlić, B. (2020). Supercritical extracts of wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) by-product as natural antioxidants in ground pork patties. *LWT*, *130*, 109661. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109661>
- Sucu, C., & Turp, G. Y. (2018). The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, *140*, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.012>
- Tran, T. T. T., Ton, N. M. N., Nguyen, T. T., Le, V. V. M., Sajeev, D., Schilling, M. W., & Dinh, T. T. N. (2020). Application of natural antioxidant extract from guava leaves (*Psidium guajava* L.) in fresh pork sausage. *Meat Science*, *165*, 108106. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108106>
- Vyncke, W. (1975). Evaluation of the direct Thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Fette*,

Seifen, Anstrichmittel, 77(6), 239–240.

<https://doi.org/10.1002/LIPI.19750770610>

Wójciak, K. M., & Dolatowski, Z. J. (2016). Evaluation of natural preservatives in combination with acid whey for use in fermented sausage. *Scientia Agricola*, 73(2), 125–133. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0087>

CONCLUSÃO GERAL

O extrato obtido da polpa de pitaiia vermelha, quando adicionado em hambúrguer suíno com substituição total da gordura suína por emulsão de óleo de chufa mantido sob refrigeração e incidência de luz, foi capaz de reduzir as reações de oxidação, melhorar a estabilidade da cor e aumentar a aceitação sensorial do produto. Mostrando-se, assim, ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos.

Em relação ao efeito do extrato de açaí na estabilidade de cor de hambúrguer suíno refrigerado conclui-se que seu uso preveniu a descoloração durante o armazenamento. O extrato de açaí tornou as amostras mais escuras, no entanto preservou a intensidade de cor vermelha ao passo que o aumento das concentrações adicionadas reduziu a intensidade de cor amarela dos hambúrgueres. A estabilidade oxidativa também foi melhorada com a adição do extrato de açaí, visto que durante o armazenamento, os resultados de oxidação lipídica dos tratamentos com extrato de açaí foram iguais aos apresentados pelo adicionado de eritorbato de sódio. A aplicação de 250 mg/kg de extrato reduz a oxidação lipídica tanto quanto a de eritorbato de sódio a 500 mg/kg, comprovando o potencial antioxidante do extrato estudado em hambúrguer suíno refrigerado, sendo possível ser aplicado em outros produtos cárneos.

Em salame tipo italiano avaliado durante o período de processamento, o extrato de açaí não influenciou perda de peso e atividade de água, mas sua aplicação nas concentrações de 500 e 750 mg/kg aumentou a contagem de bactérias ácido lácticas durante a fermentação e reduziu dos valores de pH ao final do período de processamento, parâmetros importantes para produtos cárneos fermentados. O extrato de açaí melhorou a estabilidade oxidativa em salame tipo Italiano tanto quanto o eritorbato de sódio, pois os menores valores de oxidação lipídica foram apresentados pelos tratamentos adicionados de antioxidantes ao final do processamento. Estudos devem ser conduzidos para avaliar o efeito do extrato de açaí em salame tipo Italiano também durante a vida útil. Portanto, nas concentrações estudadas, tanto o extrato de pitaiia quanto o de açaí podem ser utilizados como antioxidantes para melhorar a vida útil de produtos cárneos.