



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**RAFAELA VENANCIO FLORES**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, OXIDAÇÃO LIPÍDICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL  
EM SALSICHAS DE FRANGO ADICIONADAS DE EXTRATO DE JUÇARA**

ALEGRE-ES

2017

RAFAELA VENANCIO FLORES

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, OXIDAÇÃO LIPÍDICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL  
EM SALSICHAS DE FRANGO ADICIONADAS DE EXTRATO DE JUÇARA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Consuelo Domenici Roberto  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Pollyanna Ibrahim Silva

ALEGRE-ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Flores, Rafaela Venancio, 1992-

F634a      Atividade antioxidante, oxidação lipídica e aceitação sensorial em salsichas de frango adicionadas de extrato de Juçara / Rafaela Venancio Flores. – 2017.  
96 f. : il.

Orientadora: Consuelo Domenici Roberto.

Coorientadora: Pollyanna Ibrahim Silva.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Salsicha de frango. 2. Extrato de Juçara. 3. Antioxidantes. 4. Ácido tiobarbitúrico. 5. Aceitação sensorial. 6. Compostos fenólicos totais. I. Roberto, Consuelo Domenici. II. Silva, Pollyanna Ibrahim. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 664

---

**RAFAELA VENANCIO FLORES**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, OXIDAÇÃO LIPÍDICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL  
EM SALSICHAS DE FRANGO ADICIONADAS DE EXTRATO DE JUÇARA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2017

**Comissão Examinadora**

---

Consuelo Domenici Roberto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientadora)

---

Profa. Pollyanna Ibrahim Silva  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Coorientadora)

---

Profa. Suzana Maria Della Lucia  
Universidade federal do Espírito Santo  
(Examinadora)

---

Profa. Juliana Di Giorgio Giannotti  
Universidade federal do Espírito Santo  
(Examinadora)

Dedico essa dissertação aos meus pais, Terezinha e José Norberto, por não medirem esforços em prol da minha realização e felicidade e fazerem dos meus sonhos os seus.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui e ser o meu sustento, meu amparo e minha fortaleza;

Aos meus pais, Terezinha e José Norberto, por acreditarem em meu potencial, e mesmo distantes, estarem sempre comigo, ensinando-me, apoiando-me, amando-me incondicionalmente. Eu amo vocês!

A meu namorado, Marcelo, por ser tão importante na minha vida. Sempre “me pondo para cima”, me fazendo acreditar que posso mais que imagino e dizendo que era A MELHOR. Isso só me fortaleceu e me fez tentar não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim.

A minha tia Marina, pelo acolhimento, cuidado e amor que teve por mim durante todos esses anos e por não permitir que o desânimo atrapalhasse os meus objetivos e sonhos.

A minha orientadora Consuelo Domenici Roberto, pela confiança depositada em mim e todos os ensinamentos e apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores Sérgio Henrique Saraiva, Suzana Maria Della Lucia, Pollyanna Ibrahim Silva, Jussara Moreira Coelho e Patrícia Campos Bernardes, e funcionários do CCAE-UFES, em especial ao Eduardo e à Euziane, que, com ensinamentos, esclarecimentos e, ou orientações me ajudaram direta ou indiretamente nessa pesquisa.

A meus amigos do mestrado e aqueles que me acompanham desde a graduação, pelos momentos divididos juntos, especialmente à Kátia, à Sarah, à Mila e ao Milton, que se tornaram verdadeiros amigos e tornaram mais leve meu trabalho. Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias e ouvirem minhas bobagens. Foi muito bom poder contar com vocês!

Aos meus meninos, Lara, Lucas e Pedro, pelas incontáveis horas que passaram no laboratório comigo, obrigada pela IMENSA ajuda! Sem vocês esse trabalho não poderia ser finalizado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do processamento da salsicha de frango.....	20
Figura 2- Etapas do processamento das salsichas: 1) e 2) Trituração; 3) Cozimento (55 °C/30 min; 65 °C/30 min e 75 °C/30 min); 4) Envase e Armazenamento a 4 °C; 5) Salsichas após 24 horas de armazenamento.....	21
Figura 3 - Valores médios e desvio padrão da coordenada a* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C. ....	36
Figura 4 - Comportamento da coordenada a* em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango .....	36
Figura 5 - Comportamento da coordenada b* em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango .....	39
Figura 6 - Comportamento do Índice de saturação (C*) em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango .....	41
Figura 7 - Valores médios de coesividade e elasticidade das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	44
Figura 8 - Valores médios do teor de compostos fenólicos totais em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango .....	48
Figura 9 - Valores médios e desvio padrão da atividade antioxidante (ABTS) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	51
Figura 10 - Comportamento da atividade antioxidante do radical ABTS em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango .....	52
Figura 11 - Comportamento do teor de nitrito residual em função do tempo de armazenamento de 45 dias a 4 °C das salsichas de frango.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição de triglicerídios e ácidos graxos em diferentes músculos e pele de frango .....	7
Tabela 2- Formulação base para processamento de salsicha de frango .....	19
Tabela 3- Identificação das formulações de salsichas de frango .....	22
Tabela 4- Valor médio e desvio-padrão dos teores de compostos fenólicos totais, antocianinas totais, atividade antioxidante (ABTS e DPPH), teor de água e pH dos extratos concentrados de Juçara .....	29
Tabela 5- Valores médios e desvio-padrão do teor de cinzas, lipídios, proteínas e umidade logo após processamento das salsichas de frango .....	31
Tabela 6- Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura exsudada e porcentagem de fluido exsudado logo após processamento das salsichas de frango. ....	32
Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão do pH das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	34
Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão da coordenada b* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C. ....	38
Tabela 9 - Valores médios e desvio padrão do Índice de saturação (C*) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C. ....	40
Tabela 10 - Valores médios e desvio padrão da coordenada L* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C. ....	42
Tabela 11 - Valores médios e desvio padrão do $\Delta E$ das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	43
Tabela 12 - Valores médios e desvio padrão das propriedades de dureza e mastigabilidade das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.....	45
Tabela 13 - Valores médios e desvio padrão do teor de compostos fenólicos totais (CFT) das salsichas de frango adicionadas de diferentes antioxidantes e armazenadas por 45 dias a 4°C.....	47
Tabela 14 - Valores médios e desvio padrão da atividade antioxidante (DPPH) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	50

Tabela 15 - Valores médios e desvio padrão do índice de oxidação lipídica (TBARS) das salsichas de frango adicionadas de diferentes antioxidantes e armazenadas por 45 dias a 4°C.....	53
Tabela 16 - Valores médios e desvio padrão do teor de nitrito residual das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C .....	55
Tabela 17 - Médias hedônicas dos atributos cor, sabor, aparência, textura e impressão global obtidas do teste de aceitação sensorial das salsichas de frango .....	58

## SUMÁRIO

RESUMO.....	xii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2.OBJETIVOS .....	3
2.1 Geral .....	3
2.2 Específicos.....	3
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 Produtos cárneos emulsionados .....	4
3.2 Composição lipídica da carne de frango .....	6
3.3 Oxidação de lipídios.....	8
3.4 Antioxidantes.....	9
3.5 Juçara .....	14
4.MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Obtenção do fruto Juçara e Preparo do extrato .....	15
4.2 Caracterização do extrato concentrado de Juçara.....	16
4.2.1 Umidade .....	17
4.2.2 Teor de compostos fenólicos totais.....	17
4.2.3 Antocianinas totais.....	17
4.2.4 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH .....	18
4.2.5 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS .....	18
4.3 Processamento das salsichas de frango.....	19
4.4 Análises das salsichas de frango .....	23
4.4.1 Composição centesimal.....	23
4.4.2 Determinação da estabilidade da emulsão .....	23
4.4.3 Determinação do pH .....	24
4.4.4 Cor instrumental.....	24
4.4.5 Análise do perfil de textura .....	25

4.4.6	Teor de compostos fenólicos totais.....	25
4.4.7	Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH .....	26
4.4.8	Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS .....	26
4.4.9	Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico .....	26
4.4.10	Teor de nitrito residual .....	27
4.5	Análise sensorial .....	27
4.6	Análise estatística .....	28
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	Caracterização do extrato concentrado de Juçara .....	29
5.2	Análises das salsichas de frango .....	31
5.2.1	Composição centesimal.....	31
5.2.2	Determinação da estabilidade da emulsão .....	32
5.2.3	Determinação do pH .....	33
5.2.4	Cor instrumental.....	35
5.2.5	Análise do perfil de textura (TPA) .....	43
5.2.6	Teor de compostos fenólicos totais.....	46
5.2.7	Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH .....	49
5.2.8	Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS .....	50
5.2.9	Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) .....	53
5.2.10	Teor de nitrito residual .....	55
5.3	Análise sensorial .....	58
6.	CONCLUSÃO.....	59
7.	REFERENCIAS.....	60
	APÊNDICE A - Ficha de avaliação sensorial .....	75
	APÊNDICE B - Análise de Variância (ANOVA) das variáveis logo após processamento (t <sub>0</sub> ).....	76
	APÊNDICE C - Análise de Variância (ANOVA) e Análise de Regressão das variáveis por 45 dias a 4 °C.....	77

## RESUMO

VENANCIO FLORES, RAFAELA. **Atividade antioxidante, oxidação lipídica e aceitação sensorial em salsichas de frango adicionadas de extrato de Juçara.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Profa. Dra. Consuelo Domenici Roberto. Coorientadora: Profa. Dra. Pollyanna Ibrahim Silva.

A oxidação lipídica promove alterações físico-químicas e sensoriais indesejáveis em produtos cárneos. Salsichas de frango apresentam elevados teores de ácidos graxos insaturados e, portanto, são mais susceptíveis às reações de oxidação lipídica. Com o objetivo de avaliar a atividade antioxidante de compostos fenólicos extraídos de fontes naturais para aplicação em produtos cárneos e possíveis alterações físico-químicas e sensoriais, utilizou-se extrato concentrado do fruto Juçara em salsichas de frango. Foram avaliadas quatro formulações sendo ES (formulação padrão); ESEJ50 e ESEJ60: (formulação padrão adicionada de 50 ppm e 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara, respectivamente); e ESBHT (formulação padrão adicionada de 0,01% de Butilhidroxitolueno). Avaliaram-se composição centesimal (teor de cinzas, proteínas, lipídios e umidade), estabilidade da emulsão e aceitação sensorial das salsichas logo após processamento. A cor instrumental, pH, teor de nitrito residual, atividade antioxidante, índice de oxidação lipídica (TBARS), perfil de textura e teor de compostos fenólicos totais foram avaliados durante 45 dias nas salsichas armazenadas a 4 °C. A adição de extrato concentrado de Juçara não alterou os teores de cinzas, lipídios, proteínas e umidade das salsichas de frango que apresentaram valores médios (%) de : 2,13 ± 0,10 (ES), 2,13± 0,11 (ESEJ50), 2,06± 0,14 (ESEJ60) e 2,23 ± 0,18 (ESBHT) para teor de cinzas; 12,80 ± 0,32 (ES), 12,03 ± 0,75 (ESEJ50), 12,99 ± 0,45 (ESEJ60) e 12,62 ± 1,16 (ESBHT) para teor de lipídios; 15,34 ± 0,54 (ES), 15,63 ± 0,56 (ESEJ50), 15,90 ± (ESEJ60) e 15,70 ± 0,80 (ESBHT) para teor de proteínas; e 65,91 ± 2,37 (ES), 66,96 ± 1,82 (ESEJ50), 65,37 ± 1,64 (ESEJ60) e 66,06 ± 2,98 (ESBHT) para umidade. Observou-se diminuição da estabilidade da emulsão das salsichas adicionadas de extrato em relação à ES e ESBHT, atribuída principalmente ao baixo valor de pH do extrato (3,0 ± 0,0) incorporado durante a trituração da massa cárnea. Em relação ao perfil de textura, houve diminuição apenas da dureza de ESEJ50 (4,97 ± 2,02 N a 7,17 ± 3,02 N) e ESEJ60 (4,38 ± 1,94 N a 6,12 ± 2,98 N) tanto em relação à formulação ES (7,79 ± 2,81 N a 9,81 ± 2,66 N) quanto à formulação ESBHT (6,68 ± 0,51 N a 10,70 ± 1,06 N) e redução da mastigabilidade das formulações ESEJ50 (38,29 ± 19,16 N.cm a 65,36 ± 26,70 N.cm) e ESEJ60 (24,98 ± 18,28 N.cm a 43,13 ± 35,08 N.cm) em relação às formulações ES (66,20 ± 28,55 N.cm a 78,22 ± 42,93 N.cm) e ESBHT (58,90 ± 5,46 N.cm a 85,19 ± 10,71 N.cm). O teor de nitrito residual das salsichas adicionadas de extrato concentrado de Juçara (ESEJ50= 35,33 ± 12,01 mg de nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha; ESEJ60= 30,79 ± 12,81 mg de nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) diminuiu quando comparado às formulações ES (43,83 ± 11,73 a 50,49 ± 14,29 mg de nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) e ESBHT (48,36 ± 6,67 a 58,26 ± 4,57 mg de nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha). Quanto ao tempo de armazenamento, o teor de nitrito residual diminuiu significativamente durante a vida de prateleira das salsichas. As coordenadas de cor melhoraram com a adição do extrato concentrado de Juçara, sendo que a\* foi estável até 20 dias de armazenamento a 4°C. A coordenada b\* apresentou valores menores

para amostras contendo extrato concentrado de Juçara, indicando amostras menos pálidas e a coordenada C\* apresentou aumento linear durante o armazenamento a 4°C, evidenciando o aumento na saturação da cor vermelha das salsichas. O valor de L\* foi maior nas salsichas adicionadas de extrato, indicando uma coloração mais escura em relação à ES e ESBHT. Houve aumento no teor de compostos fenólicos de ESEJ50 (191,74 ± 13,45 mg equivalente de ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> salsicha seca) e ESEJ60 (190,95 ± 15,96 mg equivalente de ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> salsicha seca) em relação à ES (169,90 ± 20,66 mg equivalentes de ácido gálico.100g<sup>-1</sup> salsicha seca) durante o armazenamento. Entre as formulações ESEJ50 e ESEJ60 não houve diferença significativa (P≥0,05), assim como em relação à formulação ESBHT (183,92 ± 17,76 mg equivalentes de ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> de salsicha). Quanto a atividade antioxidante por meio do ensaio do radical DPPH, a formulação ESEJ60, com porcentagem de inibição variando entre 55,09 ± 1,36 e 60,60 ± 4,73%, mostrou-se superior à formulação ES (49,61 ± 5,81% e 52,98 ± 1,32%) e tão eficiente quanto a formulação ESBHT (54,70 ± 3,39% a 60,63 ± 5,76%). Em relação ao índice de oxidação lipídica, a adição de 60 ppm de compostos fenólicos do extrato concentrado de Juçara mostrou-se tão efetiva (0,3 ± 0,18 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup> salsicha) quanto a adição do BHT (0,18 ± 0,07 mg malonaldeído. kg<sup>-1</sup> salsicha). No teste de aceitação sensorial, todas as formulações apresentaram boa aceitação sensorial quanto aos atributos cor, aparência, textura, sabor e impressão global, apresentando notas hedônicas entre 6 (“gostei ligeiramente”) e 7,0 (“gostei moderadamente”) para cor e aparência e entre 6 (“gostei ligeiramente”) e 8,0 (“gostei muito”) para textura, sabor e impressão global. Nesse contexto, considerando que a incorporação do extrato concentrado de Juçara foi efetiva na redução do índice de oxidação lipídica e na boa aceitabilidade das salsichas de frango, conclui-se que, tecnologicamente, é viável a aplicação dos compostos fenólicos extraídos do fruto de Juçara sob a forma de extrato concentrado em produtos cárneos como antioxidante natural.

**Palavras-chave:** salsicha de frango, extrato concentrado de Juçara, atividade antioxidante, TBARS, aceitação sensorial

## ABSTRACT

VENANCIO FLORES, RAFAELA. **Antioxidant activity, lipid oxidation and sensorial acceptance in chicken sausages added with Jussara extract.** 2017. Dissertation (MSc Food Science and Technology) – Federal University of Espírito Santo, Alegre – ES. Advisor: Prof. Dr. Consuelo Domenici Roberto. Co-advisor: Prof. Dr. Pollyanna Ibrahim Silva.

The lipid oxidation is promoted physicochemical and sensory undesirable in meat products. Chicken sausages presented levels of unsaturated fatty acids and, therefore, are more susceptible to lipid oxidation reactions. In order to evaluate the antioxidant activity of phenolic compounds extracted from natural sources for application in meat products and evaluating their influence on chemical, physical and sensorial properties, a concentrated extract of the fruit Jussara was used in chicken sausages. Four formulations were evaluated: ES (standard formulation); ESEJ50 and ESEJ60: (standard formulation added of 50 ppm and 60 ppm of total phenolic compounds of Jussara concentrate extract, respectively); And ESBHT (standard formula added with 0.01% butylhydroxytoluene). Centesimal composition (ash, protein, lipid and moisture content), emulsion stability and sensorial acceptance of sausages were evaluated soon after processing. The instrumental color, pH, residual nitrite content, antioxidant activity, lipid oxidation index (TBARS), texture profile and total phenolic compounds content were evaluated during 45 days in sausages stored at 4 °C. The addition of concentrated Jussara extract did not alter the ash, lipid, protein and moisture contents of the chicken sausages that presented mean values (%) of: 2,13 ± 0,10 (ES), 2,13 ± 0,11 (ESEJ50), 2,06 ± 0,14 (ESEJ60) and 2,23 ± 0,18 (ESBHT) for ash content; 12,80 ± 0,32 (ES), 12,03 ± 0,75 (ESEJ50), 12,99 ± 0,45 (ESEJ60) and 12,62 ± 1,16 (ESBHT) for lipid content; 15,34 ± 0,54 (ES), 15,63 ± 0,56 (ESEJ50), 15,90 ± 1,07 (ESEJ60) and 15,70 ± 0,80 (ESBHT) for protein content; and 65,91 ± 2,37 (ES), 66,96 ± 1,82 (ESEJ50), 65,37 ± 1,64 (ESEJ60) and 66,06 ± 2,98 (ESBHT) for moisture. It was observed a decrease in the emulsion stability of sausages added with extract in relation to ES and ESBHT, attributed mainly to the low pH value of the extract (3,0 ± 0,0) incorporated during the crushing of the meat batter. In relation to the texture profile, it were decrease only ESEJ50 hardness (4,97 ± 2,02 N at 7,17 ± 3,02 N) and ESEJ60 (4,38 ± 1,94 N at 6,12 ± 2,98 N) in relation to the ES formulation (7,79 ± 2,81 N at 9,81 ± 2,66 N) and ESBHT formulation (6,68 ± 0,51 N at 10,70 ± 1,06 N), and reduction of chewability of ESEJ50 formulations (38,29 ± 19,16 N.cm at 65,36 ± 26,70 N.cm) and ESEJ60 (24,98 ± 18,28 N.cm at 43,13 ± 35,08 N.cm) in relation to the ES formulations (66,20 ± 28,55 N.cm at 78,22 ± 42,93 N.cm) and ESBHT (58,90 ± 5,46 N.cm at 85,19 ± 10,71 N.cm). The residual nitrite content of sausages added with Jussara concentrate extract (ESEJ50 = 35,33 ± 12,01 mg of sodium nitrite.kg<sup>-1</sup> sausage; ESEJ60 = 30,79 ± 12,81 mg of sodium nitrite.kg<sup>-1</sup> sausage) decreased when compared to ES formulations (43,83 ± 11,73 to 50,49 ± 14,29 mg of sodium nitrite.kg<sup>-1</sup> sausage) and ESBHT (48,36 ± 6,67 to 58,26 ± 4,57 mg of sodium nitrite.kg<sup>-1</sup> sausage). As for the storage time, the residual nitrite content decreased significantly during the shelf life of the sausages. The color coordinates improved with the addition of the Jussara concentrate extract, and a\* was stable for up to 20 days of storage at 4 °C. The b\* coordinate presented lower values for samples containing concentrated extract of Jussara, indicating less pale samples and C\* coordinate showed a linear

increase during the storage at 4 °C, evidencing the increase in the saturation of the red color of the sausages. The value of L \* was higher in sausages added with extract, indicating a darker coloration in relation to ES and ESBHT. There was an increase in the phenolic compound content of ESEJ50 (191,74 ± 13,45 mg gallic acid equivalent.100 g<sup>-1</sup> dry sausage) and ESEJ60 (190,95 ± 15,96 mg gallic acid equivalent.100 g<sup>-1</sup> Dry sausage) relative to ES (169,90 ± 20,66 mg gallic acid equivalent.100g<sup>-1</sup> dry sausage) during storage. Among the formulations ESEJ50 and ESEJ60 there was no significant difference (P≥0,05), as well as with the ESBHT formulation (183,92 ± 17,76 mg gallic acid equivalent.100 g<sup>-1</sup> sausage). In relation to antioxidant activity by means of the DPPH radical assay, the ESEJ60 formulation, with inhibition percentage between 55,09 ± 1,36 and 60,60 ± 4,73%, was superior to the ES formulation (49,61 ± 5,81% and 52,98 ± 1,32%) and as efficient as the ESBHT formulation (54,70 ± 3,39% at 60,63 ± 5,76%). In relation to the lipid oxidation index, the addition of 60 ppm of phenolic compounds from Jussara concentrate extract was shown to be as effective (0.3 ± 0.18 mg malonaldehyde.kg<sup>-1</sup> sausage) as BHT addition (0, 18 ± 0.07 mg malonaldehyde kg<sup>-1</sup> sausage). In the sensory acceptance test, all formulations showed good sensory acceptance for color, appearance, texture, taste and overall impression attributes, with hedonic grades between 6 ("slightly liked") and 7.0 ("moderately liked") for color And appearance and between 6 ("I liked it slightly") and 8.0 ("I liked it a lot") for texture, flavor and overall impression. In this context, considering that incorporation of Jussara concentrate extract was effective for reduce the lipid oxidation index and the good acceptability of chicken sausages, it is concluded that, technologically, it is feasible to apply the phenolic compounds extracted from the Jussara fruit under concentrated extract form in meat products as a natural antioxidant.

**Keywords:** chicken sausage, Jussara concentrate extract, antioxidant activity, TBARS, sensory acceptance

## 1. INTRODUÇÃO

A carne tem sido fonte de alimento para os seres humanos desde muitos anos, tornando-se um destaque na alimentação do mundo inteiro. Porém, a carne fresca é um produto altamente perecível, apresentando uma vida útil muito curta, sendo o processamento uma forma de reduzir as perdas do produto *in natura*.

Dados publicados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), referentes a projeções do ano de 2014 ao ano de 2025, revelam que entre as carnes a que projeta maiores taxas de produção e consumo durante esse período é a carne de frango. O consumo *per capita* de carne de frango pelos brasileiros é de aproximadamente 43 kg/ano, equivalente ao dos Estados Unidos e quase duas vezes superior ao consumo médio da União Européia.

Dentre os produtos cárneos comercializados podemos citar os embutidos cárneos, alimentos que constituem importante fonte de proteína animal na dieta da maioria das pessoas, sendo a salsicha um dos mais consumidos, uma vez que é de fácil preparo, apresenta sabor característico e baixo custo (CASAROTTO, 2013).

Carnes de diferentes espécies de animais de açougue, como a carne de frango, são matérias-primas utilizadas no processamento de salsichas. Em relação à composição de ácidos graxos da carne de frango 46% correspondem aos monoinsaturados e 21% aos polinsaturados, apresentando valores superiores aos encontrados em carnes bovina e suína, sendo 40% e 44% de ácidos graxos monoinsaturados e 7% e 14% de polinsaturados, respectivamente (BRAGAGNOLO, 2001).

O alto teor de ácidos graxos presentes na carne aumenta sua predisposição à oxidação lipídica, com formação de radicais livres catalisada, principalmente, pelo grupo heme, localizado na mioglobina e hemoglobina. Logo, a oxidação lipídica contribui na determinação da vida de prateleira do produto e está relacionada a mudanças indesejáveis dos atributos sensoriais de cor, sabor, odor, aroma e textura, além de perda do valor nutricional e destruição de vitaminas e pigmentos em produtos cárneos (GRUN, 2009; PEREIRA, 2009; SÁYAGO-AYERDI, BRENES, GOÑI, 2009).

Com o objetivo de estender o período de armazenamento do produto, o uso de substâncias antioxidantes faz-se necessário. Porém, de acordo com Ramalho e Jorge (2006), dos diversos compostos que têm sido sugeridos para inibir a oxidação apenas

alguns são permitidos para uso em produtos de consumo humano. Além disso, estudos envolvendo a toxicidade de alguns antioxidantes sintéticos usados em alimentos na saúde do consumidor revelaram que estes podem apresentar potencial carcinogênico (PITARO, FIORANI, JORGE, 2012). Sendo assim, pesquisas tem sido direcionadas ao uso de compostos naturais com atividade antioxidante para serem aplicados, principalmente, na indústria de alimentos.

O fruto da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius), planta natural da Mata Tropical Atlântica do Brasil, apresenta grande importância socioeconômica, sendo conhecido popularmente por açaí da Mata Atlântica (CURSI e CICERO, 2014). O teor de compostos fenólicos e a presença de pigmentos hidrossolúveis no fruto, como as antocianinas, pertencentes ao grupo dos flavonóides, são um dos principais motivos que desencadeiam diversos estudos a respeito dessa espécie provando sua alta capacidade antioxidante *in vitro* (PACHECO-PALENCIA et al., 2008; GRUENWALD, 2009; LIMA et al., 2012).

O extrato de Juçara, por apresentar elevada atividade antioxidante, pode ser uma alternativa de combinação com antioxidantes sintéticos em produtos cárneos ou até de substituição total, a fim de retardar a oxidação lipídica (RUFINO et al., 2010).

Entretanto, produtos cárneos são sistemas alimentícios particularmente complexos, devido à sua composição, apresentando, em geral, elevados teores de proteína, lipídeos, água, além da presença de minerais e outros constituintes (WEISS et al., 2010), tornando necessário estudos sobre o comportamento do extrato na matriz cárnea.

## 2.OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Avaliar a atividade antioxidante, oxidação lipídica e aceitação sensorial de salsichas de frango adicionadas de extrato concentrado de Juçara armazenadas sob refrigeração (4°C) durante 45 dias.

### 2.2 Específicos

- Obter o extrato concentrado de Juçara a partir do fruto Juçara *Euterpe edulis*.
- Determinar o teor de compostos fenólicos totais, antocianinas totais e a atividade antioxidante do extrato concentrado de Juçara.
- Caracterizar as salsichas de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de salsicha (Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000 do MAPA).
- Investigar se a adição do extrato retarda a oxidação lipídica nas salsichas de frango durante o armazenamento sob refrigeração.
- Verificar a atividade antioxidante de extrato concentrado de Juçara e compará-la com a atividade antioxidante do BHT (Butilhidroxitolueno) em salsichas de frango.
- Investigar possíveis alterações nas características físico-químicas das salsichas decorrentes da adição do extrato concentrado de juçara na matriz cárnea.
- Avaliar a aceitação sensorial de salsichas de frango adicionadas de extrato concentrado de Juçara.

### 3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Produtos cárneos emulsionados

A carne fresca é um produto muito susceptível à contaminação por microrganismos e a oxidação, principalmente após o abate (MORRISSEY et al., 1998). A fim de estender o período de consumo da carne e agregar valor à matéria-prima, foram desenvolvidas diferentes técnicas de processamento e conservação como tratamentos térmicos e uso de aditivos.

Com relação aos produtos desenvolvidos, pode-se citar os produtos cárneos embutidos, os quais ocupam uma posição de destaque nas indústrias de alimentos, além de serem consumidos popularmente pelos brasileiros (FORTUNA e FRANCO, 2005). Estima-se que o consumo *per capita* anual brasileiro seja de aproximadamente 5 kg de produtos cárneos emulsionados, sendo salsicha, mortadela e patê os de maior destaque (ORSOLIN et al., 2015).

O RIISPOA (Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal) define embutido cárneo como “todo produto elaborado com carne ou órgãos comestíveis, curado ou não, cozido ou não, defumado e dessecado ou não, tendo como envoltório tripa, bexiga ou outra membrana animal” (BRASIL, 1952).

De acordo com o guia alimentar da população Brasileira publicado em 2014 pelo Ministério da Saúde, os embutidos cárneos fazem parte da dieta dos brasileiros (BRASIL, 2014). Nesse contexto, a salsicha se destaca no mercado de embutidos apresentando cerca de 27% da produção total, sendo encontrada tanto no prato das principais refeições familiares como no mercado de *fast-foods* (BATTISTELLA, 2008; FERRACCIOLI, 2012).

A Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000 (BRASIL, 2000), define salsicha como um “produto cárneo industrializado, obtido da emulsão de carne de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionados de ingredientes, embutido em envoltório natural, ou artificial ou por processo de extrusão, e submetido a um processo térmico adequado, podendo ter como processo alternativo o tingimento, depelagem, defumação e a utilização de recheios e molhos”.

Os ingredientes obrigatórios, com base no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsichas, são carnes das diferentes espécies de animais de açougue, conforme designação do produto, e sal. Quanto aos ingredientes opcionais, podem

ser utilizados miúdos e vísceras comestíveis (coração, rins, estômagos, pele, tendões, medula e miolos) ficando limitado a 10% utilizados de forma isolada ou combinada. Além disso, gordura animal ou vegetal, água, proteína vegetal e/ou animal (máximo de 4% para proteínas não cárneas), agentes de liga, aditivos intencionais, especiarias, aromas e condimentos também são opcionais (BRASIL, 2000).

Quanto às características físico-químicas das mesmas, o máximo permitido é 7% para carboidratos, 65% de umidade e 30% de gordura na sua composição. Quanto às proteínas, o valor mínimo requerido é de 12% (BRASIL, 2000).

A emulsão cárnea é obtida por meio do processo de cominuição de seus constituintes, resultando em um produto estável após tratamento térmico. Constitui um sistema bifásico, no qual partículas de gordura (fase sólida) encontram-se suspensas em uma matriz de proteínas solúveis em sal e água (fase líquida). Na fase líquida também são encontrados tecido conectivo, algumas proteínas insolúveis, partículas de carne, entre outros, formando um verdadeiro fluido viscoso (PEREIRA, 2010).

Para obter uma emulsão estável o tipo de carne e os cortes empregados, além do teor de gordura e água são muito importantes, visto que as proteínas comportam-se como agentes emulsificantes, recobrando as partículas de gordura, possibilitando a formação da rede de gel e aprisionamento da água após o cozimento (PRICE e SCHWEIGERT, 1994; CASAROTTO, 2013). Além disso, a água e a gordura também interferem nas características de dureza e suculência em salsichas (ORSOLIN et al., 2015).

O pH da emulsão cárnea é outro ponto importante em relação à estabilidade da emulsão. As proteínas miofibrilares são estruturas tridimensionais com cadeias laterais carregadas tanto positiva quanto negativamente. Dependendo do valor de pH, este pode interferir no balanço das cargas das proteínas, afetando de forma negativa sua funcionalidade (LEE; JOO; RYU, 2010).

O ponto isoelétrico é o valor de pH em que o número de cargas negativas e positivas se igualam, ou seja, a carga líquida é zero. O ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares é próximo de 5,0, sendo 4,7 o da actina e 5,4 da miosina (PUOLANNE e HALONEN, 2010). Valores de pH acima do ponto isoelétrico dessas proteínas (6,0-6,5) aumentam sua carga líquida negativa, promovendo maior repulsão entre elas e conseqüentemente, aumento na sua capacidade de reter água e encapsular a

gordura. Porém, valores de pH próximo ao ponto isoelétrico diminui o espaço entre as proteínas, minimizando sua ligação com a água e sua capacidade de envolver os glóbulos de gordura, o que interfere diretamente na estabilidade da emulsão cárnea (KEETON e OSBURN; 2010).

Além da interferência do pH sobre as propriedades funcionais das proteínas, Ozdal et al. (2013) também relataram que os polifenóis podem formar complexos com proteínas, alterando sua solubilidade, estabilidade térmica e digestibilidade. Em estudo realizado com proteínas da soja e alguns flavonóides (flavonas, apigenina, quercetina, miricertina), com objetivo de estimar a influência do número e da posição dos substitutos hidroxil desses fenólicos nas propriedades físico-químicas das proteínas da soja, Rawel et al. (2002) verificaram que os flavonóides podem formar ligações cruzadas com as proteínas, além de alterarem as estruturas secundária e terciária das mesmas, interferindo na sua solubilidade e afetando propriedades funcionais como emulsificação e gelificação.

### **3.2 Composição lipídica da carne de frango**

O alto teor de lipídios presentes em produtos cárneos emulsionados, juntamente com as condições de processamento, como moagem, trituração, presença de oxigênio, cozimento, temperatura de armazenamento, embalagem e exposição à luz são fatores que favorecem a oxidação lipídica, um dos principais fatores que atuam na redução da qualidade e, conseqüentemente, na redução da vida útil de produtos cárneos (MARIUTTI e BRAGAGNOLO, 2009).

De forma geral, as carnes apresentam em sua composição cerca de 60 a 80% de água e 15 a 25% de proteína, sendo o restante composto principalmente por lipídeos, sais, pigmentos e vitaminas (BRAGAGNOLO, 2001).

Os lipídios podem ser classificados em duas frações básicas, os triacilgliceróis, constituindo os lipídios neutros localizados em adipócitos ou no interior das células musculares, apresentando cadeias lineares de ácidos graxos, principalmente entre 16 e 18 átomos de carbono e, fosfolipídios compondo as membranas celulares, contendo até 15 vezes a quantidade de ácidos graxos insaturados ( $C_{18:4}$ ,  $C_{20:4}$ ,  $C_{20:5}$ ,  $C_{22:5}$  e  $C_{22:6}$ ) encontrada nos triglicerídios, sendo muito mais susceptíveis à oxidação, devido

ao aumento do número de insaturações (C=C) na molécula (IGENE et al., 1980; ALLEN e FOEGEDING, 1981; BREWER, 2011).

De acordo com Bragagnolo (2001), o teor de lipídios totais da carne de frango varia com o tipo de músculo, podendo ser encontrados cerca de 2,7% a 7%, e na pele essa concentração pode chegar a 56%. Quanto aos teores de triglicerídios e fosfolipídios nos diferentes músculos do frango e na pele, composições distintas podem ser encontradas (Tabela 1).

Tabela 1- Composição de triglicerídios e ácidos graxos em diferentes músculos e pele de frango

<b>FONTE</b>	<b>TRIGLICERÍDIOS (%)</b>	<b>FOSFOLIPÍDIOS (%)</b>
<b>MÚSCULO</b>		
Peito	36,4	56,7
Coxa	66,8	26,6
Sobrecoxa	54,5	39
<b>PELE</b>		
Peito	96,5	2,3
Coxa	97,8	1,3
Sobrecoxa	96,8	1,9

Fonte: Pikul e Kummerow (1989)

Em relação à composição de ácidos graxos presentes na carne de frango e pele, a porção triglicerídica apresenta maior teor de ácido oleico, seguido de ácido palmítico e linoleico. Quanto aos ácidos graxos polinsaturados, ácido linolênico e araquidônico totalizam cerca de 1%. A porção fosfolipídica difere-se na composição de ácidos graxos, sendo encontradas quantidades superiores de ácidos graxos polinsaturados tanto nos músculos (aproximadamente 15% de ácido araquidônico) como na pele (cerca de 7% de ácido araquidônico) (PIKUL e KUMMEROW, 1989).

Diversos autores atribuem a maior susceptibilidade da carne de frango à oxidação, quando comparado às carnes de boi e porco, devido ao alto teor de ácidos graxos polinsaturados (IGENE et al., 1980; ALLEN e FOEGEDING, 1981; GRAY e MONAHAN, 1992; MORRISSEY et al., 1998).

### 3.3 Oxidação de lipídios

A oxidação de lipídios é a principal causa não microbiana de deterioração e perda da qualidade da carne e produtos cárneos, limitando sua aceitabilidade e vida útil (LADIKOS e LOUGOVOIS, 1990; FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014).

A autooxidação é uma reação química bastante complexa que demanda baixa energia de ativação (4 – 5 cal/mol). Ela não é significativamente inibida pela redução da temperatura de armazenamento do alimento e pode ser dividida basicamente em três etapas: iniciação, em que há a formação de radicais livres pela ação de fontes externas de energia, como calor, luz, radiação, ou através de reações químicas que envolvem íons metálicos ou metaloproteínas como as do grupo heme; propagação, em que é formado o radical peróxil, sendo altamente reativo e capaz de remover átomos de hidrogênio de outros ácidos graxos, formando o hidroperóxido (composto instável, livre de odor e não volátil) e outros radicais livres (GRAY e MONAHAN, 1992; GORDON, 2001). O hidroperóxido também pode se decompor formando compostos secundários da oxidação, como alcanos, alcenos, aldeídos, cetonas e álcoois. Esses compostos são voláteis e estão relacionados ao aparecimento do odor de ranço nos alimentos. A reação só é finalizada quando é formado um composto estável e não radical, compondo a etapa de término da reação (BREWER, 2011).

Na carne, a oxidação lipídica acontece em três momentos, sendo o primeiro no tecido do animal vivo. Quando em condições fisiológicas normais, as células dos animais são continuamente submetidas a estresses advindos tanto de fatores internos como externos, acelerando o metabolismo aeróbico por meio da formação de espécies reativas ao oxigênio que provocam o desbalanceamento da relação prooxidante/antioxidante, causando danos celulares (MORRISSEY, 1998). A segunda fase envolve momentos antes do abate do animal e logo após o abate, com a instalação do *rigor mortis*. Nesse período, o estresse oxidativo da célula é acentuado, devido a alterações quantitativas em vários metabólitos e nas propriedades físicas do músculo, logo o grau e a intensidade da oxidação nessa fase dependem da extensão do dano causado no tecido do animal vivo (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996; MORRISSEY, 1998; SELANI et al., 2011).

As mudanças *post mortem* que predisõem o músculo à oxidação envolvem a falta de circulação sanguínea após sangria; queda de pH, devido ao acúmulo de ácido láctico proveniente do metabolismo anaeróbico; falta de circulação de nutrientes;

comprometimento da função de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, glutiona redutase, catalase glutiona peroxidase); inativação das proteínas sequestrantes de ferro; ocorrência de reações em cadeia catalisadas pelo ferro e, conseqüentemente, início da oxidação lipídica nas membranas (SHIRAHIGUE et al., 2010).

A terceira fase da oxidação lipídica ocorre nas etapas de manipulação, processamento, cozimento e armazenamento da carne. Nessas etapas, o ferro é liberado da mioglobina, atuando como catalisador da oxidação lipídica. A interação do ferro e de outros agentes prooxidantes com os ácidos graxos insaturados produz radicais livres, fazendo com que as reações de oxidação se propaguem. A exposição da carne ao oxigênio, a altas temperaturas e ao excesso de luz durante as etapas de desossa, processamento, cozimento e armazenamento aceleram essas reações (DE LIMA JÚNIOR et al., 2013).

Produtos cárneos emulsionados, como as salsichas, são bastante susceptíveis à oxidação, uma vez que as carnes usadas no processamento passam por um intenso processo de trituração, além de apresentar alto teor de lipídios e serem submetidos a temperaturas elevadas de cozimento (entre 75°C e 80°C). Durante o processamento, a estrutura celular é rompida e as proteínas são desnaturadas sob temperaturas elevadas, liberando agentes catalisadores da reação de oxidação lipídica e os fosfolipídios presentes nas membranas (SAMPELS; PICKOVA; WIKLUND, 2004).

### **3.4 Antioxidantes**

A oxidação lipídica é um processo complexo e dinâmico, sendo de difícil controle. O uso de antioxidantes e algumas práticas dentro da cadeia produtiva são importantes para diminuir os efeitos indesejáveis produzidos. Essas medidas podem amenizar as oxidações, auxiliando na manutenção da qualidade e da segurança alimentar durante a vida útil dos produtos (KUFNER, 2010).

De acordo com a Portaria nº 540 – Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, de 27 de outubro de 1997, antioxidante é a substância que retarda o aparecimento de alterações oxidativas no alimento (BRASIL, 1997).

Basicamente, os antioxidantes podem ser classificados como sintéticos e naturais. Os antioxidantes sintéticos apresentam estrutura fenólica com vários graus

de substitutos alquilas, sendo o hidroxitolueno butilato (BHT), hidroxianisol butilado (BHA), butil hidroquinona terciária (TBHQ) e o galato de propila (GP) os mais utilizados em alimentos. Os naturais incluem os compostos fenólicos, lactonas, polifenóis e quinonas (YANISHLIEVA-MASLAROVA, 2001; TONIOLO, 2012).

O uso de aditivos com função antioxidante em produtos cárneos é bastante restrito. Apenas alguns são reconhecidos como seguros e permitidos em alimentos por organizações internacionais – Food and Agriculture Organization (FAO), World Health Organization (WHO) e o Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013).

Para serem usados em alimentos, os antioxidantes precisam apresentar certas características, como atender a legislação em vigor do país no qual ele será empregado, apresentar eficácia em baixas concentrações (0,001-0,01%), não causando atributos sensoriais indesejáveis no produto, ser de fácil aplicação e compatível com o alimento, ser estável durante o processamento e armazenamento e não apresentar toxicidade mesmo em doses maiores do que aquelas permitidas (RAMALHO e JORGE; 2006; TONIOLO, 2012).

De acordo com a Portaria nº 1004 de 11 de dezembro de 1998, que estabelece os limites máximos dos aditivos permitidos em carnes e produtos cárneos, o BHT pode ser usado individualmente, na proporção de 0,01% ou combinado com BHA ou galato de propila, sendo até 0,02% dessa combinação em produtos cárneos cozidos embutidos ou não (BRASIL, 1998).

A International Agency for Research on Cancer (IARC) classifica as substâncias de acordo com sua atividade cancerígena, onde 1 é considerado cancerígeno para humanos; 2 é provavelmente cancerígeno, 2B é possivelmente cancerígeno; 3 é classificado como não cancerígeno e 4 é provavelmente não cancerígeno para humanos. De acordo com essa classificação, o BHT é classificado como 3 e o BHA como 2B (IARC, 2015).

Desde a década de 80, o uso de antioxidantes sintéticos em alimentos tem sido restrito em muitos países, devido ao efeito comprovado de altos níveis de BHT, BHA e TBHQ no aumento do peso do fígado e marcada proliferação do retículo endoplasmático (DURÁN e PADILHA, 1993). Hirose (1986), utilizando BHA como antioxidante de diversas rações de ratos, mostrou que esse antioxidante induz à hiperplasia gastrointestinal através de um mecanismo desconhecido. Hansen, Meyer

e Olsen (1982), ao estudarem a embriotoxicidade do BHA em suínos perceberam que, ao adicionarem doses de 400 mg/kg de peso corporal/dia durante 110 dias no período de gestação, houve aumento absoluto e relativo do peso do fígado e da glândula da tireóide, estando relacionado com a dose administrada. Porém o BHA não afetou a reprodução, tampouco promoveu defeitos nos fetos.

Quanto ao BHT diversos estudos mostram seus efeitos em animais, incluindo morte hemorrágica (TAKAHASHI e HIRAGA; 1978) e hepatotoxicidade (NAKAGAMA et al.; 1984) em ratos; além de aumento dos triacilgliceróis e das concentrações de LDL e VLDL, juntamente com alterações nos mecanismos de defesa antioxidante nos corações de ratos que receberam dose de 1500 mg/kg de peso corporal duas vezes por semana durante 30 dias (FAINE et al., 2006).

O uso de TBHQ também causa efeitos adversos, estando associado à redução do nível de hemoglobina e hiperplasia de células basais. Por isso, no Canadá e na União Européia ele não é permitido. No Brasil, seu uso é controlado pelo Ministério da Saúde, sendo a concentração máxima permitida de 200 mg/kg (RAMALHO e JORGE; 2006).

Considerando os diversos problemas provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, inúmeras pesquisas estão sendo desenvolvidas com o propósito de encontrar fontes naturais com atividade antioxidante, principalmente de origem vegetal permitindo a substituição total ou parcial dos antioxidantes sintéticos (SOARES, 2002).

As plantas são a principal fonte de compostos bioativos para o homem e diferentes fontes vegetais têm sido avaliadas como antioxidantes naturais para preservar e melhorar a qualidade geral de carnes e seus derivados (SHAH; DON BOSCO; MIR, 2014).

Os antioxidantes mais efetivos são aqueles que atuam na etapa de propagação da oxidação lipídica (antioxidantes sintéticos, como BHA, BHT e galato de propila; e flavonóides), interrompendo as reações em cadeia dos radicais livres. Esses compostos apresentam em sua estrutura anéis aromáticos e atuam doando um átomo de hidrogênio para os radicais livres formados durante a oxidação (BREWER, 2011).

Devido à sua atividade antioxidante comprovada em produtos cárneos, os antioxidantes sintéticos, como o BHT, são comumente usados como substâncias de

comparação ou controle em estudos que investigam a atividade antioxidante de extratos de plantas, condimentos, ervas e frutas (GRÜN, 2009).

Lorenzo et al. (2013) avaliaram o efeito do extrato de semente de uva, extrato de castanha e do antioxidante sintético BHT em salsichas fermentadas e observaram que, quanto à oxidação lipídica, os extratos naturais na concentração de 1000 mg/kg apresentaram maior redução dos valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) em relação às salsichas adicionadas de BHT. Os autores também verificaram que o extrato de castanha reduziu os compostos voláteis originados da oxidação lipídica nas salsichas, não sendo detectado, por exemplo, hexanal nessas amostras.

Estévez et al. (2007) avaliaram o efeito de compostos naturais com propriedades antioxidantes comparando-os com o BHT. No trabalho desenvolvido pelos autores, foram usados óleos essenciais de sálvia e alecrim na concentração de 0,1% para inibir a oxidação lipídica em patê de fígado armazenado sob refrigeração (4°C) durante 90 dias. Os autores verificaram que houve um decréscimo na quantidade de ácidos graxos insaturados com concomitante aumento nos valores de TBARS durante o período de armazenamento dos patês. Porém, as amostras tratadas com os óleos essenciais apresentaram menores valores de TBARS em relação às amostras com BHT nos tempos de 60 e 90 dias, mostrando que os antioxidantes naturais foram mais efetivos na inibição da formação de malonaldeído (produto secundário da oxidação de lipídeos).

Outro estudo foi realizado em salsichas, em que os autores utilizaram compostos fenólicos extraídos da maçã, BHT e ácido ursólico nas concentrações de 0,5 g/kg; 0,15 g/kg e 0,5 g/kg com base no teor de gordura, respectivamente, e compararam seus efeitos quanto à oxidação lipídica nas salsichas. Os resultados mostraram que os fenólicos da maçã foram mais efetivos na inibição da oxidação lipídica do que o BHT e o ácido ursólico durante o período de 120 dias de armazenamento (YU et al., 2015).

Os compostos mais visados nas plantas, frutas e condimentos quanto à sua capacidade antioxidante são os carotenoides e fenólicos, incluindo carotenos, xantofilas, fenóis simples, ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, lignanas, dentre outros (SOARES, 2002; CARDOSO et al., 2010), sendo que os flavonoides podem agir tanto no sequestro de radicais livres como quelantes de metais (BREWER, 2011).

Os flavonoides representam uma das famílias mais abundantes dos compostos fenólicos, sendo originados do metabolismo secundário das plantas, dividindo-se em flavonóis, flavonas, flavononas, isoflavonas, flavanois (catequinas) e antocianinas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; GALLEANO et al., 2010; BREWER, 2011).

Alguns compostos antioxidantes da família dos flavonoides podem ser encontrados na forma de pigmentos, como as antocianinas, as quais são responsáveis pela coloração vermelha, roxa e azul de diversas plantas e frutas, incluindo Juçara, açaí, berinjela, jabuticaba, framboesa, mirtilo, amora, repolho roxo, uva, entre outras (BROWN e KELLY, 2007; BREWER, 2011). Esses pigmentos são bastante solúveis em água e apresentam quatro grupos hidroxila (-OH) ligados a seus anéis aromáticos (BREWER, 2011).

As antocianinas sofrem grande influência do pH, sendo que em soluções ácidas ( $2 < \text{pH} < 3$ ) a cor predominante é vermelho intenso, diminuindo sua intensidade com o aumento do pH. Em meios “fracamente ácidos” (pH 5,0-6,0), a coloração da antocianina torna-se azulada, podendo ser alterada para amarelo durante etapas de processamento, como cozimento e estocagem (JACKMAN et al., 1987; MAZZA e BROUILLARD, 1987).

Almeida et al. (2015), ao avaliarem o efeito de diferentes concentrações (0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% e 1%) de extrato da casca de jabuticaba na qualidade físico-química, sensorial e microbiológica de mortadelas do tipo Bologna armazenadas sob refrigeração durante 35 dias. Os autores verificaram que houve efeito significativo do pH durante o tempo de armazenamento e que o extrato protegeu as amostras contra a mudança de cor durante o armazenamento do produto, provavelmente devido à interação dos pigmentos com os produtos da oxidação lipídica. Além disso, amostras com 0,5; 0,75 e 1% de extrato da casca de jabuticaba apresentaram valores de TBARS (substância reativas ao ácido tiobarbitúrico) menores que o controle, mostrando o potencial efeito antioxidante do extrato frente à oxidação lipídica.

Selani et al. (2011) ao avaliarem a adição de extratos de casca e semente de uva Niágara e uva Isabel em carnes de frango cruas e cozidas durante 9 meses de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$  verificaram que a adição dos extratos na concentração de 60 mg de compostos fenólicos/kg de carne alterou as propriedades de cor das carnes, mostrando que aquelas adicionadas de extrato das diferentes variedades de uva

apresentaram coloração mais escura, resultando em menores valores de  $a^*$  (índice de cor relativo à coloração vermelha da carne) e maiores valores de  $L^*$  (índice de cor referente à luminosidade das amostras) nas carnes cozidas. Além disso, os autores também verificaram que as amostras com extratos de uva não se diferiram quanto aos valores de TBARS das amostras com adição de BHT, mostrando a efetividade dos extratos de resíduos de uva em relação à oxidação lipídica da carne de frango.

Muitos frutos ainda não são totalmente explorados, incluindo o Juçara. Esse fruto pode ser usado não apenas na alimentação humana, mas também como fonte de compostos bioativos devido à presença de antocianinas em sua composição (CADOSO e LEITE, 2009; BORGES et al., 2011).

### 3.5 Juçara

A palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) é facilmente encontrada na região da Mata Atlântica, território entre o sul da Bahia e o norte do Rio Grande do Sul, abrangendo os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (LORENZI, 2006). Essa planta integra a família das Arecaceae e possui um fruto semelhante ao da *Euterpe oleracea*, o açaí (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004).

Rufino et al. (2010) ao avaliarem os compostos bioativos presentes e a atividade antioxidante em 18 frutas nativas do Brasil verificaram que o fruto Juçara apresenta valores superiores quanto à atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos totais e antocianinas quando comparado ao açaí. Em relação à sua atividade antioxidante, o fruto Juçara se destacou entre os cinco frutos com capacidade antioxidante mais elevada.

A palmeira Juçara é muito explorada, uma vez que seu palmito apresenta alto valor comercial e é extraído de forma indiscriminada, causando a morte da planta, enquadrando-a na lista das espécies vegetais ameaçadas de extinção (CARDOSO e LEITE, 2009; NOVELLO, 2011). A fim de reverter esse quadro, produtores tem sido estimulados a utilizarem o fruto como fonte de renda.

Juçara é um fruto globular, medindo de 10 a 15 milímetros de diâmetro e apresenta coloração roxa escura intensa, devido à presença de antocianinas. O fruto contém apenas uma semente, constituindo cerca de 80% do seu volume total e

apresenta composição química e de minerais muito parecida e até superior ao açaí (*Euterpe oleracea*) (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004).

O alto poder antioxidante do fruto Juçara se deve à presença de compostos do grupo das antocianinas, especialmente as cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo (BRITO et al., 2007).

Nos últimos anos, estudos têm sido realizados visando a aplicação do fruto Juçara em alimentos e animais a fim de melhorar as características físicas, químicas e sensoriais dos produtos e verificar o efeito do fruto frente a doenças humanas, respectivamente. Passos (2011) ao microencapsular antocianinas de Juçara com maltodextrina DE20 por liofilização, aplicou o pó obtido em iogurtes para avaliar as características colorimétricas e sensoriais do produto. A autora encontrou resultados satisfatórios, mostrando que a adição de antocianina de Juçara microencapsulada em iogurtes conferiu coloração rósea próximo aos iogurtes corados com extrato liofilizado ausente de maltodextrina. Novello (2011), ao ministrar dietas contendo extrato de Juçara liofilizado nas concentrações de 2% e 6% em camundongos, verificou redução nos níveis das enzimas antioxidantes (catalase e superóxido dismutase) no tecido hepático, sugerindo que essa atividade tenha sido suprimida pelo efeito sinérgico das antocianinas. O autor também verificou redução dos níveis de glicose, colesterol total e LDL.

O comportamento de compostos naturais em alimentos depende da matriz a qual eles são incorporados, sendo que, quanto ao fruto Juçara, pouco se sabe sobre o comportamento de seu extrato em matrizes alimentícias complexas, como a carne e produtos cárneos e sua atividade antioxidante quando incorporado nesses alimentos.

## **4.MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Obtenção do fruto Juçara e Preparo do extrato**

Os frutos Juçara (*Euterpe edulis* Martius) foram obtidos de um agricultor da cidade de Rio Novo do Sul, localizado no sul do estado do Espírito Santo, no mês de dezembro de 2015. Após seleção e lavagem, os frutos foram transportados em sacos

plásticos de polietileno e em caixas de isopor até o laboratório de Tecnologia de Produtos Agrícolas (TPA) do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, onde foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio na concentração de 100 ppm e armazenados em freezer a  $-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até a obtenção do extrato.

O extrato foi preparado de acordo com a metodologia proposta por Vieira et al. (2013) com modificações. Pesaram-se 5 gramas do fruto Juçara, que em seguida foram submetidos ao processo de maceração a fim de facilitar a extração, e misturados em 100 mL de álcool de cereais 50% (v/v). O pH do extrato hidroalcoólico de Juçara foi ajustado para 3,0 com ácido cítrico concentrado. Os frascos foram tampados com parafilm® e envoltos com papel alumínio a fim de evitar evaporação do solvente e contato com a luz. Posteriormente, o extrato hidroalcoólico de Juçara foi submetido a sonicação em banho de ultrassom (marca CTA do Brasil; modelo UPL-10AE) à potência de 360 watts por 20 minutos a  $25^{\circ}\text{C}$  e imediatamente resfriado em banho com gelo. Em seguida, o extrato foi centrifugado (centrífuga marca FANEM LTDA; modelo Excelsa II 206 BL) durante 20 minutos a 3493 g. Decorrido esse tempo, o extrato hidroalcoólico de Juçara foi filtrado a vácuo em papel Whatman 1, utilizando funil de Buchner e evaporado em evaporador rotativo (marca Fistom; modelo 801) a  $50^{\circ}\text{C}$  acoplado a bomba de vácuo (marca PRISMATEC; modelo 131), protegido da luz, até se atingir 50% do volume inicial. O extrato concentrado de Juçara obtido foi armazenado em frascos de vidro envoltos em papel alumínio e armazenado a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

## **4.2 Caracterização do extrato concentrado de Juçara**

Para caracterização do extrato concentrado de Juçara foram determinados umidade, teor de compostos fenólicos totais pelo ensaio do reagente de Folin-Ciocalteu, teor de antocianinas totais pelo método do pH único e atividade antioxidante por meio do ensaio dos radicais ABTS e DPPH. As análises foram realizadas em, no máximo, 72 horas após o preparo de cada extrato, conforme descrito no item 4.1.

#### 4.2.1 Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

#### 4.2.2 Teor de compostos fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara foi realizada segundo o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu proposto por Singleton e Rossi (1965), com algumas modificações.

Para a análise, 3 mL do reagente de Folin-Ciocalteu diluído em água destilada (1:10 v/v) foi adicionado a 0,6 mL de extrato concentrado de Juçara devidamente diluído em etanol 70%. Após três minutos em repouso, protegido da luz, foram adicionados 2,4 mL da solução saturada de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7,5% m/v). A absorvância foi medida a 760 nm em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV) após uma hora de repouso ao abrigo da luz. A quantificação do teor de compostos fenólicos totais foi efetuada utilizando curva padrão de ácido gálico (0-200 mg/L). Os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100 g de extrato seco (mg GAE/100g).

#### 4.2.3 Antocianinas totais

A determinação do teor de antocianinas presentes no extrato concentrado de Juçara foi realizada pelo método do pH único, conforme metodologia adaptada de Lees e Francis (1972). Para a análise, 200µL do extrato foi diluído com solução Etanol:HCl 1,5 N (85:15 v/v) em um balão volumétrico de 10 mL. Logo após, foi realizada leitura em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV) a 510 nm. O teor de antocianinas no extrato foi expresso em mg cianidina-3-glicosideo.g<sup>-1</sup> extrato seco. Os cálculos foram feitos de acordo com a equação 1.

$$A = \varepsilon \times b \times c \quad (\text{Equação 1})$$

Em que A é a absorbância do extrato a 510 nm;  $\epsilon$  é o coeficiente de absorvidade ( $98,2 \text{ L.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ); b corresponde à espessura da cubeta; c equivale à concentração ( $\text{g.L}^{-1}$ ) de antocianinas

#### 4.2.4 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH

A capacidade do extrato concentrado de Juçara inibir radicais livres foi determinada utilizando a metodologia proposta por Blois (1958) modificada por Casarotto (2013). A solução etanólica de DPPH 0,1 mM foi previamente diluída até alcançar absorbância de  $1,10 \pm 0,02$  a 517 nm. Posteriormente, 100  $\mu\text{L}$  do extrato concentrado de Juçara foi misturado com 3,9 mL de solução de DPPH e incubado ao abrigo da luz à temperatura ambiente por 24 horas. Após incubação, a absorbância foi lida a 517 nm em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV) e o percentual de inibição do radical DPPH foi calculado por meio da equação 2.

$$\% \text{ inibição} = 100 - \left\{ \left[ \frac{(A_{ext} - A_{branco})}{(A_{DPPH} - A_{branco})} \right] \times 100 \right\} \quad (\text{Equação 2})$$

em que  $A_{DPPH}$  é a absorbância da solução contendo apenas DPPH;  $A_{branco}$  corresponde a absorbância do etanol (branco) e  $A_{ext}$  é a absorbância na presença do extrato.

#### 4.2.5 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS

A atividade antirradical livre foi realizada por meio do ensaio do radical ABTS, conforme metodologia proposta por Re et al. (1999). Para a formação do radical  $\text{ABTS}^{\bullet+}$ , 10 mL de uma solução aquosa de ABTS 7 mM foi adicionada a 10 mL de uma solução de persulfato de potássio 2,45 mM. Essa mistura foi mantida no escuro à temperatura ambiente por 16 horas. Após este tempo, a absorbância foi corrigida para  $0,70 \pm 0,02$  a 734 nm, em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV), com adição de etanol 80%. Foram misturados 3,5 mL da solução radical  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  e 0,5 mL do extrato concentrado de Juçara, sendo realizada leitura espectrofotométrica após 6 minutos de reação no escuro. Trolox foi utilizado como padrão e os resultados expressos em  $\mu\text{mols}$  equivalentes de Trolox por grama de extrato seco ( $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$ ).

### 4.3 Processamento das salsichas de frango

As salsichas de frango foram processadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agrícolas (TPA), no Centro de Ciência Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, conforme metodologia descrita por Casarotto (2013) e Freitas (2002). A formulação base empregada no processamento das salsichas está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2- Formulação base para processamento de salsicha de frango

<b>Massa Carnea</b>	<b>Quantidades (%)</b>
Coxa e sobrecoxa sem pele e osso	36
Peito sem pele e osso	36
Fígado de frango	8
Toucinho	10
Pele de frango	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

<b>Ingredientes</b> (Em relação à massa cárnea)	
Gelo	10,00
Cloreto de sódio	2,50
Sal de cura	0,40
Eritorbato de sódio	0,40
Tripolifosfato de sódio	0,25
Glutamato monossódico	0,30
Condimento para salsicha	1,00
Proteína isolada de Soja	1,50
Fécula de mandioca	2,00
Alho	0,15

As salsichas foram processadas conforme ilustrado na Figura 1. As carnes foram previamente desossadas, moídas, porcionadas em quantidades fixas de 828 g (considerou-se um total de 2,3 kg de massa cárnea para cada formulação) e congeladas por 24 horas. Posteriormente, cada porção foi triturada em *cutter* (Skymssen, CR-4L-N) juntamente com os demais ingredientes. A temperatura da massa cárnea durante a etapa de trituração não ultrapassou 15 °C.

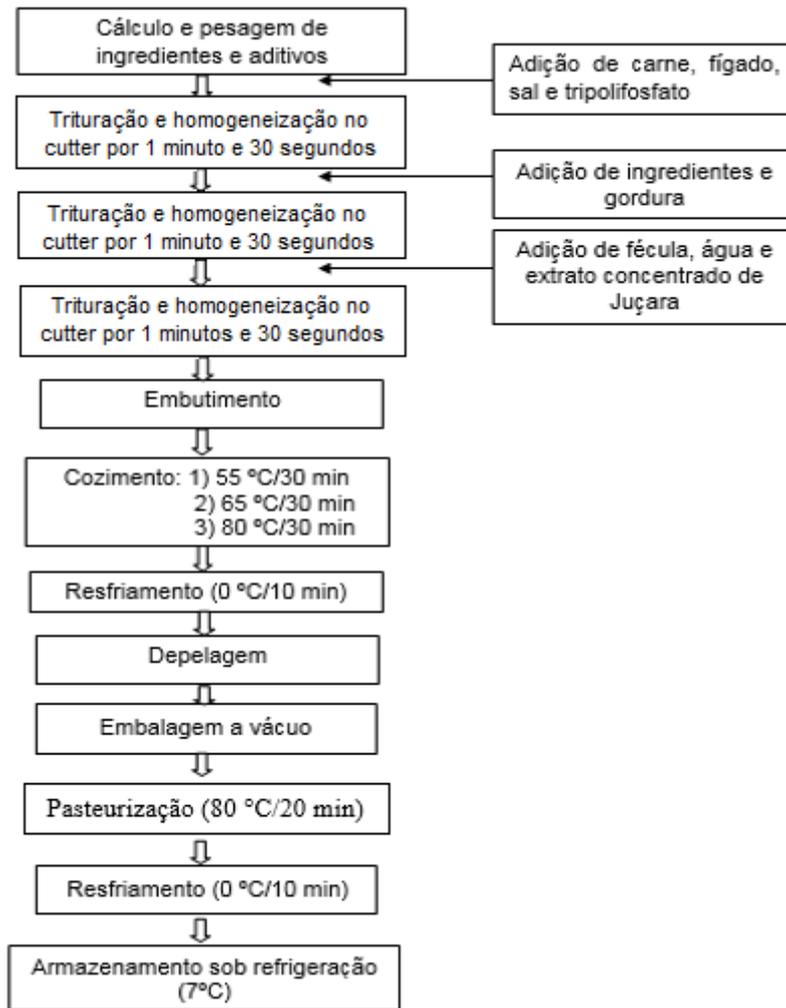


Figura 1- Fluxograma do processamento da salsicha de frango

Na Figura 2 são apresentadas algumas etapas do processamento das salsichas.

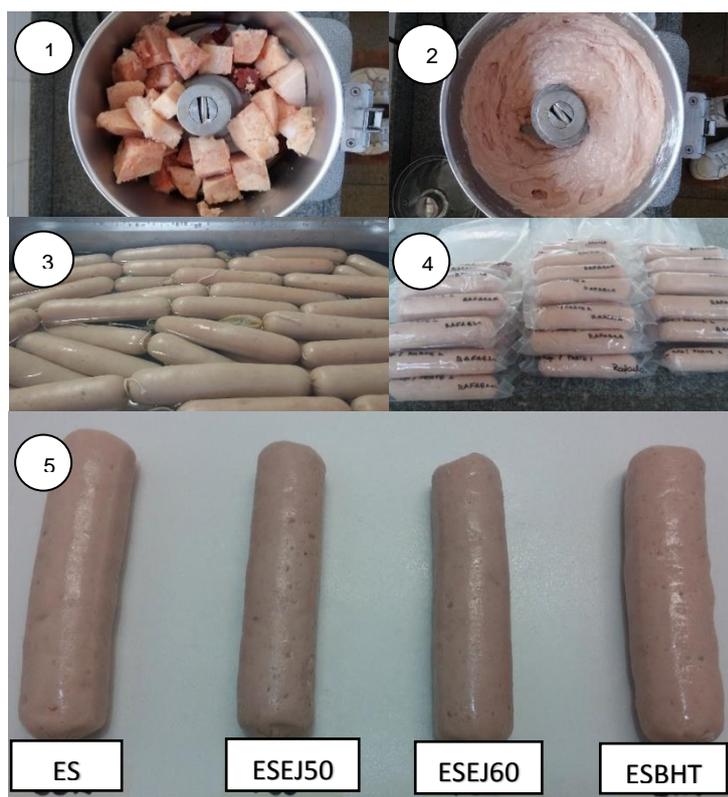


Figura 2- Etapas do processamento das salsichas: 1) e 2) Trituração; 3) Cozimento (55 °C/30 min; 65 °C/30 min e 75 °C/30 min); 4) Envase e Armazenamento a 4 °C; 5) Salsichas após 24 horas de armazenamento.

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Foram processadas quatro formulações de salsichas (Tabela 3), sendo que os volumes de extrato concentrado de Juçara equivalentes aos teores de compostos fenólicos totais avaliados nas salsichas de frango durante o experimento foram definidos com base em estudos preliminares, em que foram testados teores de 40 a 80 ppm de compostos fenólicos em relação à massa cárnea. Essas concentrações foram baseadas no estudo de Shirahigue et al. (2010) e Selani et al. (2011). Os autores incorporaram extrato de semente e casca de uva em carne de frango (coxa e sobrecoxa) e observaram que concentrações maiores de compostos fenólicos do extrato de semente e casca de uva (60 ppm de compostos fenólicos) promoveram menores valores de TBARS nas amostras analisadas.

Tabela 3- Identificação das formulações de salsichas de frango

<b>Formulação</b>	<b>Descrição</b>
ES	*Formulação base
ESEJ50	*Formulação base + 50 ppm de compostos fenólicos do extrato concentrado de Juçara
ESEJ60	*Formulação base + 60 ppm de compostos fenólicos do extrato concentrado de Juçara
ESBHT	*Formulação base + 0,01% de BHT

\* Formulação base descrita na Tabela 2.

Nos testes preliminares, considerou-se a estabilidade da emulsão como fator limitante na seleção das concentrações, uma vez que foi observada a quebra da emulsão cárnea nas salsichas que apresentavam teores de compostos fenólicos acima de 60 ppm, correspondendo a volumes de extrato superiores a 230 mL. Logo, para a condução do experimento, selecionaram-se as formulações com concentrações de compostos fenólicos do extrato concentrado de Juçara equivalentes a 50 e 60 ppm em relação à massa cárnea.

A concentração de Butilhidroxitolueno (BHT) foi adicionada com base na Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância sanitária (BRASIL, 1998), que indica como concentração máxima permitida em produtos cárneos 0,01 g/100 g de carne.

O tempo de armazenamento para análise das salsichas de frango também foi determinado de acordo com estudos preliminares, sendo avaliado até 60 dias de armazenamento a 4 °C. As salsichas tornaram-se inviáveis para consumo em tempos de armazenamento superiores a 45 dias, devido ao crescimento de bactérias deteriorantes.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, disposto em um arranjo fatorial completo (4x5) com 4 formulações (ES, ESEJ50, ESEJ60, ESBHT) e 5 tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, e 45 dias).

As análises de cor instrumental, pH, teor de nitrito residual, atividade antioxidante, índice de oxidação lipídica (TBARS), perfil de textura e teor de

compostos fenólicos totais foram realizadas nos tempos 0, 10, 20, 30 e 45 dias de armazenamento a 4 °C. As análises de composição centesimal (umidade, teor de cinzas, proteínas e lipídios), estabilidade da emulsão foram realizadas logo após processamento ( $t_0$ ).

O teste de aceitação sensorial das formulações de salsicha de frango foi realizado logo após processamento ( $t_0$ ).

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) com o parecer nº 1.961.885.

#### **4.4 Análises das salsichas de frango**

##### **4.4.1 Composição centesimal**

As análises de umidade, medido por meio do método gravimétrico em estufa a 105°C; teor de cinzas, obtidas por incineração em mufla a temperatura de 550°C até que as cinzas ficassem brancas; e teor de proteínas, realizada com base na quantificação do nitrogênio total, quantificado pelo método Kjeldahl, utilizando o fator de conversão 6,25, foram conduzidas segundo os protocolos 012/IV, 018/IV e 036/IV, respectivamente, do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Para determinação do teor de lipídios, as amostras foram submetidas a pré-secagem durante 6 horas em estufa a 105 °C (CECCHI, 2008) e submetidas a extração por solvente (éter de petróleo) a quente (Soxhlet), conforme protocolo 032/IV do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

##### **4.4.2 Determinação da estabilidade da emulsão**

A estabilidade da emulsão das salsichas foi determinada imediatamente após preparo das massas cruas de acordo com metodologia adaptada de Hughes; Cofrades e Troy (1997). Para a análise, 5 gramas da emulsão crua de cada formulação foram pesadas, em triplicata, em tubos de centrífuga de 15 mL e centrifugados por 1 minuto a 3493 g. Posteriormente, os tubos foram aquecidos a 70 °C durante 30 minutos e centrifugados por mais 3 minutos a 3493 g. Na sequência, os tubos foram vertidos em placas de petri previamente secas e pesadas e o sobrenadante foi

recolhido. Após essa etapa, as placas foram novamente pesadas e colocadas em estufa a 105 °C para secagem até peso constante. Para a determinação da estabilidade da emulsão, foram calculados o teor de fluido exsudado da massa (% TFE) e o teor de gordura exsudada (% TGE), de acordo com as equações 3 e 4, respectivamente.

$$\% TFE = \frac{\text{fluido exsudado (g)}}{\text{massa crua (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$\% TGE = \frac{\text{gordura exsudada (g)}}{\text{gordura da massa crua (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

#### 4.4.3 Determinação do pH

A determinação do pH foi realizada utilizando-se potenciômetro de bancada, modelo K39-2014B (Kasvi), de acordo com protocolo 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

#### 4.4.4 Cor instrumental

As amostras de salsicha de frango foram caracterizadas pela leitura direta de reflectância do sistema de coordenadas retangulares “L\*” (luminosidade), “a\*” (intensidade de vermelho e verde) e “b\*” (intensidade de amarelo e azul), empregando-se a escala de cor CIELAB, com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, utilizando-se colorímetro (Konica Minolta; CM-5). Foi calculado o índice de saturação C\* (chroma), usado para descrever a intensidade da cor, e a diferença global de cor ( $\Delta E$ ) de acordo com as equações 5 e 6, respectivamente:

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

$\Delta E$ = diferença global de cor;  $\Delta L$ = variação da coordenada L\*;  $\Delta a^*$ = variação da coordenada a\*;  $\Delta b^*$ = variação da coordenada b\*

#### 4.4.5 Análise do perfil de textura

A análise do perfil de textura das salsichas foi realizada no texturômetro Brookfield®, modelo CT3, equipado com o software Texture Pro CT V 1.4 Build 17. Para as análises, as amostras estavam à temperatura ambiente e apresentavam 2 cm de comprimento e profundidade. O ensaio foi conduzido em ciclo duplo de compressão até alcançar metade da altura original da amostra, utilizando probe cilíndrica TA10 de 12,7 mm, nas seguintes condições: velocidade pré-teste de 1 mm/s; velocidade do teste 5 mm/s; velocidade pós-teste de 5 mm/s e carga do trigger de 5 g. As propriedades avaliadas foram dureza (N), coesividade, mastigabilidade (N.cm) e elasticidade (cm) (BOURNE, 1978).

#### 4.4.6 Teor de compostos fenólicos totais

Para a determinação do teor de compostos fenólicos totais presentes nas salsichas de frango, foram preparados extratos conforme metodologia descrita por Leheska et al. (2006) com algumas modificações. Inicialmente, 5 g da amostra triturada foram homogeneizados com 25 mL de etanol 70% e mantidos a 7 °C/30 minutos na ausência de luz. Na sequência, o extrato foi filtrado em funil de *buchner* em sistema a vácuo. O resíduo foi submetido a uma nova extração por mais 30 minutos na ausência de luz e novamente filtrado. Os extratos foram homogeneizados e centrifugados a 5500 g durante 30 minutos a 15 °C. O sobrenadante foi recolhido e analisado.

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com metodologia proposta por Singleton e Rossi (1965) modificada por Yan et al. (2005), em que 100 µL dos extratos previamente obtidos das salsichas de frango reagiram durante 2 minutos com 2 mL de carbonato de sódio (2% m/v). Decorrido o tempo de reação, 2,4 mL de água destilada foram adicionados e 100 µL do reagente de Folin-Ciocalteu, previamente diluído em água na proporção de 1:1 v/v, foram acrescentados. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 720 nm (BEL SP; 1000 UV) após 30 minutos de repouso, ao abrigo da luz. A quantificação do teor de compostos fenólicos totais foi efetuada utilizando curva padrão de ácido gálico e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra seca (mg GAE/100 g).

#### **4.4.7 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH**

A medida da atividade sequestrante do radical DPPH foi determinada utilizando a metodologia proposta por Blois (1958) modificada por Casarotto (2013) conforme descrito anteriormente no item 4.2.4.

#### **4.4.8 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS**

Para a determinação da atividade antirradical livre, conduzida conforme o método de ensaio do radical ABTS proposto por Re et al. (1999) modificado por Pulido et al. (2003), foi preparada uma solução aquosa de ABTS (7 mM), sendo essa homogeneizada, em proporções iguais (1:1 v/v), com a solução de persulfato de potássio (2,45 mM). A mistura foi mantida ao abrigo da luz por 16 horas à temperatura ambiente a fim de formar o radical ABTS•+. Decorrido esse tempo, a absorbância foi corrigida com etanol 70% para  $0,70 \pm 0,02$  a 734 nm em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV). Foram misturados 3,9 mL da solução radical ABTS•+ e 100 µL de cada extrato das amostras de salsicha de frango. A mistura foi agitada e a leitura realizada em espectrofotômetro após 6 minutos de reação no escuro. Trolox foi utilizado como padrão e os resultados foram expressos em µmols equivalentes de Trolox por 100 gramas de amostra seca ( $\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$ ).

#### **4.4.9 Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico**

As substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico foram determinadas conforme metodologia proposta por Tarladgis et al. (1960) modificada por Zipser e Watts (1962). Para a análise, 10 g da amostra triturada foram homogeneizados durante 2 minutos com 50 mL de água destilada adicionada de 1 mL de sulfanilamida (0,5% m/v). Em seguida, o conteúdo foi transferido quantitativamente para um béquer de 100 mL com 48 mL de água destilada. Logo após, foram adicionados 2,5 mL de HCL 4N e 2 gotas de antiespumante. A solução foi homogeneizada e destilada, sendo os primeiros 50 mL do destilado recolhidos em um frasco erlenmeyer de 150 mL. Os mesmos procedimentos foram realizados para um branco de reagentes (sem adição de amostra). Foram retirados 5 mL de cada destilado, incluindo o branco de reagentes e transferidos para tubos de ensaio com rosca, nos quais foram adicionados 5 mL da

solução de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a 0,02 M. Os tubos foram fechados e aquecidos a 100°C/35 minutos. Decorrido o tempo, os tubos foram imediatamente resfriados em água corrente e a leitura da absorbância das amostras foi feita contra o branco de reagentes em espectrofotômetro (BEL SP 1000 UV) a 538 nm. Os valores das absorbâncias foram multiplicados por 7,8, e os resultados expressos em mg de malonaldeído.kg<sup>-1</sup> de amostra.

#### 4.4.10 Teor de nitrito residual

O teor de nitrito residual presente nas amostras de salsicha de frango foi realizada com base na metodologia descrita no Manual de Análises do Instituto Adolfo Lutz, capítulo XIII, protocolo 283/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). A análise baseia-se na reação de diazotação do nitrito com a sulfanilamida 0,5% (m/v), seguida da reação do cloreto de alfa-naftiletilenodiamina (reagente NED) 0,5% m/v, formando um pigmento de coloração rósea, sendo sua absorbância detectada em espectrofotômetro (BEL SP; 1000 UV) a 540 nm. O resultado foi convertido em miligramas de nitrito de sódio por kg de produto (mg.kg<sup>-1</sup>), por meio da equação 7:

$$\frac{(A-b) \times 1000}{p \times a} = \text{nitrito de sódio, em mg/kg} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: A= Absorbância da amostra; b= Coeficiente linear da reta obtida na curva padrão; a= Absortividade (coeficiente angular da reta obtida na curva padrão); p= Massa da amostra, em gramas.

#### 4.5 Análise sensorial

As formulações de salsichas de frango foram submetidas ao teste de aceitação sensorial com escala hedônica logo após processamento. Foram recrutados 75 consumidores dos sexos masculino e feminino, com idade entre 18 e 67 anos, devidamente informados sobre o estudo, que gostassem de salsicha de frango e aceitassem participar do teste de aceitação sensorial.

Para a análise, as salsichas referentes às quatro formulações foram aquecidas durante 2 minutos em água fervente, cortadas em rodela de 1 cm de comprimento e mantidas em caixas de isopor devidamente higienizadas e cobertas por papel alumínio, sendo apresentadas aos consumidores ainda quentes (FILHO et al., 2010). Para cada consumidor, as amostras foram apresentadas de maneira aleatória e monádica. As amostras foram acompanhadas de água mineral (temperatura ambiente) e biscoito do tipo água e sal, para limpeza do palato entre as avaliações. Os consumidores foram instruídos a preencher uma ficha (Apêndice A) contendo a escala hedônica de nove pontos para avaliar o produto quanto aos atributos de cor, textura, aparência, sabor e impressão global (REIS e MINIM, 2010).

Os devidos cuidados éticos instituídos pelo Conselho Nacional da Saúde foram respeitados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) com o parecer nº 1.961.885.

#### **4.6 Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software STATISTICA® license, (STATSOFT. INC., 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos ( $p < 0,05$ ), ao Teste de Tukey ao nível de significância de 5% para avaliar o efeito do fator formulação sobre as variáveis respostas. Para avaliar o efeito do tempo nas variáveis respostas foi realizada análise de regressão.

A análise sensorial foi conduzida em um delineamento em blocos casualizados, com 75 repetições (avaliadores). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos ( $p < 0,05$ ), ao Teste de Tukey ao nível de significância de 5% para comparação das médias.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do extrato concentrado de Juçara

Os resultados do teor de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, teor de antocianinas, pH e umidade dos extratos concentrados de Juçara estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Valor médio e desvio-padrão dos teores de compostos fenólicos totais, antocianinas totais, atividade antioxidante (ABTS e DPPH), teor de água e pH dos extratos concentrados de Juçara

	P I*	P II**	P III***
<b>Teor de Compostos Fenólicos Totais (mg EAG<sup>a</sup>/ 100g extrato b.s.<sup>b</sup>)</b>	3392,47±35,82	3791,94±23,77	4248,54±96,24
<b>Teor de Antocianinas Totais (mg EC3G<sup>c</sup>/ g extrato b.s.<sup>b</sup>)</b>	15,35±2,23	15,63±2,68	17,63±0,56
<b>Atividade Antioxidante ABTS (µmol ET<sup>d</sup>/ g extrato b.s.<sup>b</sup>)</b>	275,49±11,01	292,60±0,96	348,23±9,35
<b>Atividade Antioxidante DPPH (% de inibição)</b>	45,50±0,61	52,71±0,76	58,94±0,87
<b>Umidade (%)</b>	98,43±0,005	98,70±0,06	98,65±0,02
<b>pH</b>	3,0	3,0	3,0

\*Processamento referente à primeira repetição do experimento; \*\*Processamento referente à segunda repetição do experimento; \*\*\* Processamento referente à terceira repetição do experimento

<sup>a</sup> EAG: equivalente de ácido gálico; <sup>b</sup> b.s.: resultados expressos em base seca; <sup>c</sup> EC3G: equivalente de cianidina-3-glicosídeo; <sup>d</sup> ET: equivalente de trolox

Os resultados encontrados para o teor de compostos fenólicos totais condizem com os valores encontrados por Vieira et al. (2013) para polpa congelada de Juçara (3845 mg de compostos fenólicos totais/100 g a 5523 mg de compostos fenólicos totais /100 g). INADA et al., (2015) ao determinarem os teores de compostos fenólicos totais de polpa congelada de Jabuticaba e Juçara encontraram 334 mg EAG/100 g no

fruto de Jussara e 815 mg EAG/100 g na jabuticaba; enquanto no estudo de otimização para extração de fenólicos antioxidantes de açaí realizado por Pompeu, Silva e Rogez (2009) foram encontrados teores de 86,38 a 449,73 mg de compostos fenólicos totais /100 g de fruto, valores inferiores ao encontrado no presente estudo (Tabela 4). Rufino et al. (2010), ao avaliarem os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de 18 frutas tropicais do Brasil, classificaram o fruto Juçara como de alto teor de compostos fenólicos totais, apresentando  $5672 \pm 55,9$  mg de compostos fenólicos totais /100 g de polpa de fruto seco.

Os teores de antocianinas totais podem ser comparados com os valores encontrados por Viera et al. (2013) que foram de 8,32 a 13,17 mg EC3G/g de polpa seca, mostrando que o extrato concentrado de Juçara apresentou maiores teores de antocianinas. Brito et al. (2007) identificaram e quantificaram as antocianinas presentes em Juçara (29,56 mg EC3G/g de fruta) e a cianidina-3-rutinosídeo foi o composto majoritário.

Com relação à atividade antioxidante, os frutos de Juçara analisados apresentaram porcentagem de inibição entre  $45,50 \pm 0,61\%$  e  $58,94 \pm 0,87\%$  no ensaio com o radical DPPH (Tabela 4). Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005) obtiveram porcentagem de inibição média de 51,67% do radical DPPH para o fruto Juçara, classificando-o como de média atividade antioxidante. Quanto ao poder de inibição do radical ABTS, o valor médio encontrado para extrato concentrado de Juçara no estudo destes autores foi de 305,44  $\mu\text{mol Trolox/g}$  de extrato. Inada et al. (2015) determinaram a atividade antioxidante por meio do ensaio do radical ABTS em Juçara e encontraram 143  $\mu\text{mol Trolox/g}$  de fruta, valor inferior ao encontrado no extrato concentrado de Juçara do presente estudo (Tabela 4).

Os dados encontrados na literatura para teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante em frutas, em geral, são bastante divergentes, o que pode ser atribuído a fatores intrínsecos e extrínsecos, como região, clima, época do ano, variedades e presença de diferentes compostos fenólicos nas frutas analisadas. Além disso, atribui-se também às metodologias utilizadas para extração de polifenóis que variam bastante, principalmente, quanto ao solvente empregado, o tempo e as etapas de extração (OLIVEIRA et al., 2009).

Considerando os resultados da Tabela 4 e aqueles encontrados por outros autores para Juçara e outros frutos, percebe-se que o extrato concentrado de Juçara

obtido no presente estudo apresentou grande potencial como fonte de compostos fenólicos e antioxidante natural para uso em alimentos.

## 5.2 Análises das salsichas de frango

### 5.2.1 Composição centesimal

O resultado da Análise de Variância (ANOVA) mostrou que não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F entre os teores de cinzas, lipídios, proteínas e umidade das formulações de salsichas de frango. A Tabela 5 apresenta os valores médios e desvio-padrão das variáveis estudadas.

Tabela 5- Valores médios e desvio-padrão do teor de cinzas, lipídios, proteínas e umidade logo após processamento das salsichas de frango

FORMULAÇÃO	TEOR DE CINZAS (%)	TEOR DE LIPÍDIOS (%)	TEOR DE PROTEÍNA (%)	UMIDADE (%)
ES	2,13 ± 0,10 <sup>ns</sup>	12,80 ± 0,32 <sup>ns</sup>	15,34 ± 0,54 <sup>ns</sup>	65,91 ± 2,37 <sup>ns</sup>
ESEJ50	2,13 ± 0,11 <sup>ns</sup>	12,03 ± 0,75 <sup>ns</sup>	15,63 ± 0,56 <sup>ns</sup>	66,96 ± 1,82 <sup>ns</sup>
ESEJ60	2,06 ± 0,14 <sup>ns</sup>	12,99 ± 0,45 <sup>ns</sup>	15,90 ± 1,07 <sup>ns</sup>	65,37 ± 1,64 <sup>ns</sup>
ESBHT	2,23 ± 0,18 <sup>ns</sup>	12,62 ± 1,16 <sup>ns</sup>	15,70 ± 0,80 <sup>ns</sup>	66,06 ± 2,98 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F.

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Em comparação aos padrões de qualidade estabelecidos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsicha (BRASIL, 2000) os teores de lipídios e de proteínas das salsichas de frango encontram-se dentro dos valores exigidos pela legislação, que determina percentual máximo de 30% para teor de lipídios e mínimo de 12% para proteínas. Quanto à umidade, esta apresentou percentuais maiores do que é permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), sendo o valor máximo de 65%. Provavelmente, reduzindo-se a porcentagem de gelo adicionado à massa cárnea (Tabela 2) haja uma diminuição nesses valores.

### 5.2.2 Determinação da estabilidade da emulsão

Com base na análise da variância dos dados referentes às variáveis de estabilidade da emulsão das salsichas de frango, observou-se que as diferentes formulações foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade quanto à porcentagem de gordura exsudada e não apresentaram diferença significativa pelo Teste F ( $p \geq 0,05$ ) para porcentagem de fluido exsudado (Tabela 6).

Tabela 6- Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura exsudada e porcentagem de fluido exsudado logo após processamento das salsichas de frango.

FORMULAÇÃO	PORCENTAGEM DE FLUIDO EXSUDADO (TFE%)	PORCENTAGEM DE GORDURA EXSUDADA (TGE%)
ES	$0,76 \pm 0,59^{ns}$	$1,32 \pm 1,16^a$
ESEJ50	$3,32 \pm 2,21^{ns}$	$5,12 \pm 2,77^b$
ESEJ60	$2,75 \pm 2,37^{ns}$	$5,27 \pm 3,78^b$
ESBHT	$1,05 \pm 1,53^{ns}$	$2,02 \pm 2,39^{ab}$

ns: não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

De acordo com os resultados de porcentagem de gordura exsudada apresentados na Tabela 6, percebe-se que as formulações ESEJ50 e ESEJ60 apresentaram maiores teores em relação à formulação ES, mas não diferiram da formulação contendo BHT ( $2,02 \pm 2,39\%$ ).

As proteínas miofibrilares, em especial a miosina, atuam como agente emulsionante natural em produtos cárneos emulsionados, sendo que para formar uma emulsão estável estas proteínas devem envolver as partículas de gordura finamente trituradas antes do cozimento. Se a emulsão não for completamente formada, ou seja os glóbulos de gordura não forem totalmente envolvidos pelas proteínas no meio, durante o cozimento ocorrerá maior separação de gordura e água, reduzindo tanto o rendimento como a qualidade do produto final (ÁLVAREZ et al., 2007).

Um dos fatores que alteram a estabilidade da emulsão é o pH. O ponto isoelétrico da miosina é próximo de 5,4 (WESTPHALEN; BRIGGS; LONERGAN, 2005). Como o pH do extrato era 3,0 (Tabela 4), sua adição à massa cárnea durante a trituração e homogeneização pode ter ocasionado uma queda do pH e alterado as propriedades funcionais das proteínas, interferindo na estrutura da rede de gel formada sob aquecimento, ocasionando maior liberação de gordura durante o cozimento das salsichas (PRICE e SCHWEIGERT, 1994).

Porém, Amensour et al. (2015) encontraram resultados diferentes aos do presente estudo ao adicionarem 0,25% e 0,5% de extrato aquoso de murta (pH igual a 4,55) em salsichas de frango. Apesar de afirmarem que valores muito baixos de pH (<5,6) podem desnaturar as proteínas e, ou provocar a perda de sua funcionalidade, contribuindo para separação de fluido e gordura na salsicha, ressaltam que as proteínas da carne podem exercer um efeito tamponante. Dessa forma, mesmo com a adição do extrato de murta, não foi observada alteração do pH entre as formulações e o controle no estudo realizado por esses autores.

### **5.2.3 Determinação do pH**

Com base na análise da variância, observou-se que houve diferença significativa apenas entre as formulações ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. Em relação ao fator tempo de armazenamento e à interação entre os fatores tempo e formulação, não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F.

Os resultados indicam que a adição do extrato concentrado de Juçara alterou o pH das salsichas de frango (Tabela 7). O baixo valor de pH do extrato concentrado de Juçara pode ser considerado um fator limitante para sua adição à salsicha, fato notado nos testes preliminares desse estudo em que se observou quebra da emulsão das salsichas de frango adicionadas de quantidades de extrato superiores a 230 mL, que correspondiam ao teor de compostos fenólicos totais de 70 e 80 ppm nas salsichas de frango.

Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão do pH das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	6,61±0,01 <sup>a</sup>	6,42±0,16 <sup>b</sup>	6,35±0,14 <sup>b</sup>	6,57±0,14 <sup>a</sup>
10	6,59±0,09 <sup>a</sup>	6,35±0,25 <sup>b</sup>	6,29±0,24 <sup>b</sup>	6,57±0,07 <sup>a</sup>
20	6,65±0,17 <sup>a</sup>	6,42±0,04 <sup>b</sup>	6,32±0,06 <sup>b</sup>	6,49±0,12 <sup>a</sup>
30	6,44±0,23 <sup>a</sup>	6,33±0,17 <sup>b</sup>	6,26±0,19 <sup>b</sup>	6,57±0,06 <sup>a</sup>
45	6,56±0,17 <sup>a</sup>	6,32±0,17 <sup>b</sup>	6,30±0,26 <sup>b</sup>	6,54±0,09 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Observa-se que os valores de pH das formulações ESEJ50 e ESEJ60 não se diferiram de forma significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste de Tukey, porém foram significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que as formulações ES e ESBHT. Os menores valores de pH das salsichas de frango adicionadas de extrato concentrado de Juçara nas concentrações de 50 e 60 ppm de compostos fenólicos provavelmente se devem ao baixo pH do extrato, igual a 3,0 (Tabela 4).

A redução do pH de produtos cárneos devido à adição de extratos de frutas e vegetais é relatada por muitos autores. Wagh et al. (2015) estudaram o efeito de vários extratos (chá verde, semente de uva, espinheiro marítimo, *Acacia catechu* e sementes de feno grego) na estabilidade físico-química de salsichas de suínos e verificaram que as formulações com os diferentes extratos apresentaram menor valor de pH quando comparado ao controle, sendo encontrado o valor médio de 6,30 entre essas formulações. Kaur et al. (2015), ao adicionarem extrato de semente de uva, semente de romã em pó e tomate em pó em empanados de frango notaram que maiores concentrações dos extratos reduziam o valor de pH das amostras. Os autores justificaram os resultados com base na alta concentração de compostos fenólicos no extrato de semente de uva, na semente de romã em pó e no tomate em pó.

Esse fato também foi observado no presente estudo ao analisar os valores de pH das formulações adicionadas de extrato concentrado de Juçara em relação às demais (Tabela 7) e ao considerar o alto teor de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara adicionado (Tabela 4). Já o efeito tamponante das proteínas

na massa cárnea pode ter contribuído para uma variação não significativa entre os valores de pH das salsichas ao longo do tempo de armazenamento, como também foi verificado por Amensour et al. (2015).

#### **5.2.4 Cor instrumental**

Com base na análise de variância (ANOVA) das coordenadas de cor das salsichas de frango, observou-se que as coordenadas  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $L^*$  e  $\Delta E$  foram afetadas de forma significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações. Quanto ao tempo de armazenamento, apenas as coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F. A interação entre os fatores foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste F.

Os valores de  $a^*$  variaram entre  $5,00 \pm 3,69$  e  $7,52 \pm 0,43$ , porém não foi encontrada diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F entre as formulações independentemente do tempo de armazenamento (Figura 3). No entanto, alguns estudos relatam aumento no valor de  $a^*$  em produtos cárneos adicionados de diferentes fontes de compostos fenólicos. Naveena et al. (2008), ao adicionarem suco de romã, extrato em pó da casca de romã e BHT em hambúrgueres de frango cozidos, encontraram valores de 4,01 para a coordenada  $a^*$  nas amostras adicionadas de extrato em pó da casca de romã enquanto as amostras controle apresentaram valor de 3,31.

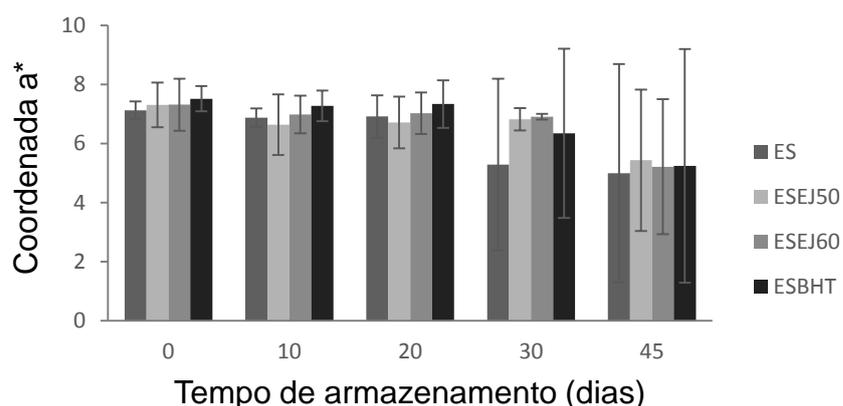


Figura 3 - Valores médios e desvio padrão da coordenada a\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Em relação ao fator tempo de armazenamento, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa ( $p < 0,05$ ) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ). O modelo ajustado apresentou comportamento quadrático sendo que, principalmente, após o tempo de 20 dias, observou-se diminuição dos valores de a\*, apresentando valor médio final de 5,3 (Figura 4).

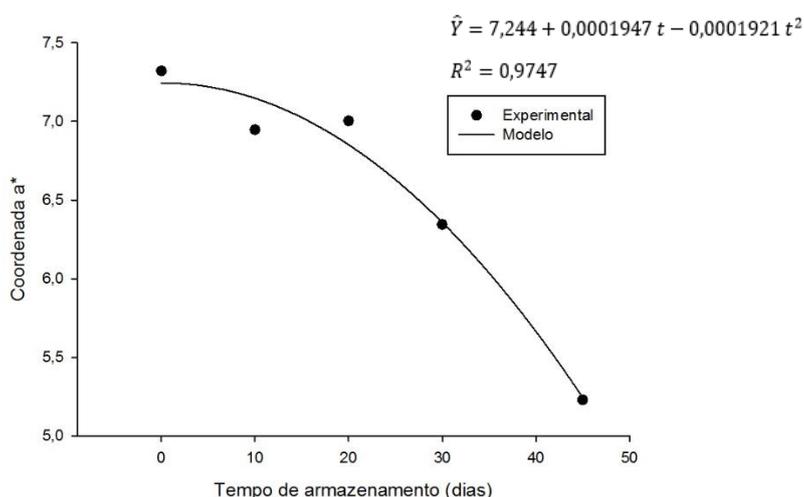


Figura 4 - Comportamento da coordenada a\* em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango

A coordenada  $a^*$  mede a intensidade do vermelho ao verde, sendo que maiores valores de  $a^*$  estão relacionados à maior intensidade da cor vermelha e valores negativos correspondem à intensidade da cor verde (HUNTERLAB, 1996). Esses resultados mostram que para conseguir manter e, ou intensificar a cor vermelha das salsichas de frango, concentrações maiores de extrato concentrado de Juçara poderiam contribuir para tal efeito, uma vez que o decréscimo dos valores de  $a^*$  pode estar relacionado à oxidação do pigmento da carne, causando descoloração da mesma. Dessa forma, os compostos fenólicos presentes no extrato concentrado de Juçara poderiam auxiliar na manutenção da cor das salsichas de frango durante seu armazenamento já que, segundo Wagh et al. (2015) e Sariçoban e Yilmaz (2014), os compostos fenólicos podem atuar como antioxidantes impedindo a oxidação da mioglobina.

Os resultados encontrados corroboram com o estudo de Casarotto (2013), em que ao adicionar extrato de resíduo de cervejaria, extrato de resíduo de vinificação de uva tinta e extrato de resíduo de vinificação de uva branca, a autora não observou preservação da cor vermelha em salsichas de bovinos. Sebranek et al. (2005) ao avaliarem diferentes concentrações de extrato de alecrim em salsichas de suínos verificaram perda da coloração vermelha no sétimo dia de armazenamento da formulação com adição de 3000 ppm de extrato de alecrim, o que segundo os autores, pode estar relacionado à presença de compostos que abrangem outro espectro de cor.

A coordenada  $b^*$  da cor varia do amarelo ao azul, sendo que maiores valores de  $b^*$  referem-se à maior intensidade da cor amarela (HUNTERLAB, 1996). Ao avaliar a coordenada  $b^*$ , observou-se que as formulações com adição de extrato concentrado de Juçara apresentaram valores significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que as formulações ESBHT e ES (Tabela 8).

O índice  $b^*$  faz referência à palidez da amostra (NAVEENA et al., 2008; CASAROTTO, 2013). A cor é um fator importante na decisão de compra do consumidor, sendo que carnes pálidas remetem a impressão de um produto de baixa qualidade (CASAROTTO, 2013).

Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão da coordenada b\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	Coordenada b* FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	16,85±0,11 <sup>a</sup>	15,41±0,17 <sup>b</sup>	15,47±0,47 <sup>b</sup>	16,98±0,31 <sup>a</sup>
10	17,30±0,68 <sup>a</sup>	15,44±0,84 <sup>b</sup>	15,48±0,82 <sup>b</sup>	17,29±0,52 <sup>a</sup>
20	17,65±0,68 <sup>a</sup>	15,44±0,65 <sup>b</sup>	15,66±0,72 <sup>b</sup>	17,58±0,40 <sup>a</sup>
30	17,95±0,53 <sup>a</sup>	16,20±0,44 <sup>b</sup>	16,00±0,09 <sup>b</sup>	17,94±0,88 <sup>a</sup>
45	18,06±0,91 <sup>a</sup>	16,52±1,38 <sup>b</sup>	16,63±1,54 <sup>b</sup>	18,09±1,18 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Na Tabela 8, nota-se que salsichas adicionadas de extrato concentrado de Juçara apresentaram-se menos pálidas em relação às formulações ESBHT e ES, mostrando que a adição do extrato pode contribuir de forma positiva nas características de qualidade das salsichas em relação à cor.

Naveena et al. (2008) encontraram diferença entre os valores de b\* em amostras de hambúrgueres cozidos de frango com adição de extratos naturais (suco de romã e extrato do pó da casca de romã) comparado as amostras controle e com adição de BHT. O resultado foi atribuído à presença dos extratos que conferiram coloração mais escura aos hambúrgueres.

Em relação ao tempo de armazenamento, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa ( $p < 0,05$ ) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ). O modelo ajustado apresentou comportamento linear, em que os valores de b\* aumentaram linearmente (Figura 5), mostrando uma tendência de as salsichas de frango ficarem mais pálidas.

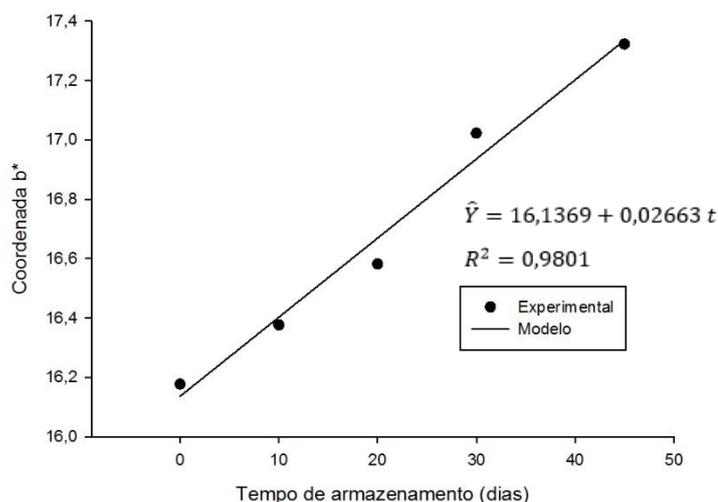


Figura 5 - Comportamento da coordenada b\* em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango

Viuda-Martos et al. (2010) relacionam a palidez de mortadelas a algumas alterações que podem ocorrer na matriz cárnea como a oxidação de lipídios. Alguns produtos intermediários da oxidação, originados durante a vida de prateleira do produto, podem oxidar diretamente o pigmento das carnes curadas e até reduzir a efetividade de agentes redutores, como o ácido eritórico, aumentando a instabilidade do pigmento nitrosomioglobina (FARIA et al., 2001).

O índice C\* faz referência à saturação da cor, mostrando sua intensidade no produto, sendo que para as salsichas em estudo, maiores valores de C\* estão relacionados a maior saturação da cor vermelha (CASAROTTO, 2013). Conforme dados da Tabela 9, a saturação da cor vermelha das formulações ES (18,30 ± 0,20 a 18,99 ± 0,17) e ESBHT (18,70 ± 0,20 a 19,19 ± 0,01) foi significativamente maior (p<0,05) que a das formulações ESEJ50 (16,79 ± 1,13 a 17,58 ± 0,26) e ESEJ60 (16,93 ± 0,88 a 17,56 ± 1,02).

Tabela 9 - Valores médios e desvio padrão do Índice de saturação (C\*) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	Índice de saturação (C*) FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	18,30±0,20 <sup>a</sup>	17,07±0,42 <sup>b</sup>	17,07±0,79 <sup>b</sup>	18,70±0,20 <sup>a</sup>
10	18,62±0,50 <sup>a</sup>	16,79±1,13 <sup>b</sup>	16,93±0,88 <sup>b</sup>	18,79±0,73 <sup>a</sup>
20	18,96±0,49 <sup>a</sup>	16,85±0,94 <sup>b</sup>	17,17±0,89 <sup>b</sup>	19,07±0,35 <sup>a</sup>
30	18,87±0,18 <sup>a</sup>	17,58±0,26 <sup>b</sup>	17,43±0,12 <sup>b</sup>	19,19±0,01 <sup>a</sup>
45	18,99±0,17 <sup>a</sup>	17,52±0,97 <sup>b</sup>	17,56±1,02 <sup>b</sup>	19,13±0,31 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Em relação ao tempo de armazenamento, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa ( $p < 0,05$ ) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ). O modelo ajustado apresentou comportamento linear, em que os valores de C\* aumentaram linearmente durante todo o período de armazenamento (Figura 6).

Ainda que as formulações ES e ESBHT tenham apresentado valores de C\* maiores (Tabela 9) e aumento da saturação da cor vermelha durante o período de armazenamento, as formulações com adição de extrato concentrado de Juçara também apresentaram aumento linear da saturação durante o tempo de armazenamento (Figura 6), mostrando que, mesmo em menores proporções, houve aumento na saturação da cor vermelha dessas amostras.

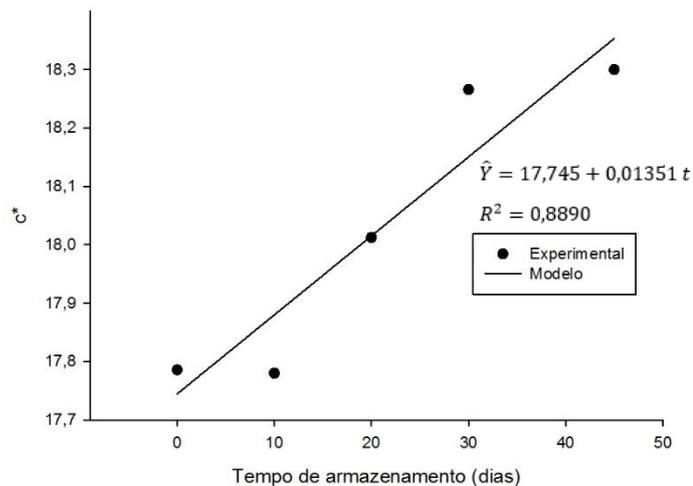


Figura 6 - Comportamento do Índice de saturação (C\*) em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango

A coordenada L\* refere-se à porcentagem de luminosidade da amostra, variando do preto (0%) ao branco (100%) (HUNTERLAB, 1996). Com base nos resultados da Tabela 10 verifica-se que os valores de luminosidade das formulações ESEJ50 e ESEJ60 foram significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que aqueles encontrados nas amostras ES e ESBHT, mostrando que a adição de extrato concentrado de Juçara às salsichas de frango promoveu o escurecimento das mesmas. Esse fato pode ser explicado pelas mudanças de cor que a antocianina pode sofrer devido a variações do pH no meio, sendo que em valores de pH acima de 5,0 ocorrem mudanças na estrutura da molécula que levam à formação de pigmentos com tons azulados (JACKMAN et al., 1987; MAZZA e BROUILLARD, 1987).

O teor de antocianinas totais encontrado no extrato concentrado de Juçara desse estudo variou de  $15,35 \pm 2,23$  mg de cianidina-3-glicosídeo/g extrato a  $17,63 \pm 0,56$  mg de cianidina-3-glicosídeo/g extrato (Tabela 4). Quanto aos valores de pH das salsichas de frango após cozimento, as formulações ES e ESBHT apresentaram valores variando de  $6,44 \pm 0,23$  a  $6,65 \pm 0,17$  e  $6,49 \pm 0,12$  a  $6,57 \pm 0,06$  respectivamente. As formulações ESEJ50 e ESEJ60 apresentaram valores entre  $6,32 \pm 0,17$  e  $6,42 \pm 0,04$ , e  $6,26 \pm 0,19$  e  $6,35 \pm 0,14$ , respectivamente (Tabela 7), o que pode ter contribuído com os menores valores de L\*, e portanto, com o escurecimento das salsichas adicionadas de extrato concentrado de Juçara.

Tabela 10 - Valores médios e desvio padrão da coordenada L\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	Luminosidade (L*) FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	71,17±0,89 <sup>a</sup>	69,29±0,63 <sup>b</sup>	69,22±0,73 <sup>b</sup>	70,94±0,65 <sup>a</sup>
10	70,49±0,49 <sup>a</sup>	69,73±0,93 <sup>b</sup>	69,30±0,62 <sup>b</sup>	70,45±0,96 <sup>a</sup>
20	69,60±0,54 <sup>a</sup>	68,95±0,61 <sup>b</sup>	68,91±0,52 <sup>b</sup>	70,26±1,49 <sup>a</sup>
30	70,15±0,19 <sup>a</sup>	69,58±1,19 <sup>b</sup>	69,86±0,78 <sup>b</sup>	69,66±0,12 <sup>a</sup>
45	70,38±0,50 <sup>a</sup>	68,93±0,30 <sup>b</sup>	69,41±0,14 <sup>b</sup>	70,78±0,93 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

A diferença global de cor ( $\Delta E$ ) descreve a diferença de cor existente entre a amostra teste e a amostra controle (HUNTERLAB, 1996). Na tabela 11 verifica-se a diferença global de cor entre as formulações ESEJ50, ESEJ60 e ESBHT em relação à formulação ES, mostrando que as formulações ESEJ50 e ESEJ60 apresentaram maiores valores de  $\Delta E$ , sendo significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) em relação à amostra ESBHT pelo teste de Tukey a 5% de significância. De acordo com Armenteros et al. (2013), as mudanças que ocorrem nas medidas instrumentais de cor podem ser perceptíveis quando a diferença global de cor é maior que 2. Sendo assim, verifica-se que a adição de extrato concentrado de Juçara pode ter ocasionado mudanças visuais na cor das salsichas de frango.

Nowak et al. (2016) também encontraram valores de  $\Delta E$  maiores para salsichas armazenadas durante 28 dias adicionadas de extratos de folhas de cereja, apresentando 2,79 de diferença, e de extrato de groselha com diferença de 4,98 ao final do armazenamento.

Tabela 11 - Valores médios e desvio padrão do  $\Delta E$  das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO	Diferença global de cor ( $\Delta E$ ) FORMULAÇÃO		
	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	2,56±0,53a	2,48±0,81a	0,99±0,35b
10	2,35±0,74a	2,37±0,73a	1,30±0,13b
20	2,64±1,01a	2,45±0,98a	1,66±1,09b
30	2,93±2,08a	3,10±2,37a	1,24±0,13b
45	2,66±0,35a	2,18±0,59a	1,12±0,64b

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Sebranek et al., (2005) e Sariçoban e Yilmaz, (2014) relatam divergências nas coordenadas de cor de produtos cárneos adicionados de diferentes concentrações de extratos naturais. No presente estudo, nas concentrações de compostos fenólicos adicionadas, o uso de extrato concentrado de Juçara promoveu uma tendência das salsichas serem mais escuras, menos amareladas e pálidas e com menor saturação da cor vermelha, apresentando diferença de cor em relação às formulações ES e ESBHT, o que poderia interferir na aceitação sensorial das salsichas.

### 5.2.5 Análise do perfil de textura (TPA)

A textura é a principal propriedade para avaliar as características físicas de salsichas cozidas, além de interferir fortemente na aceitação do consumidor (VOSSSEN et al., 2012).

As propriedades de textura empregadas na análise de produtos cárneos são dureza, correspondente à força necessária para deformar o alimento; coesividade, definida como a força que pode deformar o material antes de romper; elasticidade, correspondendo à taxa a qual um material deformado regressa a sua condição inicial depois de retirar a força deformante; e mastigabilidade, definida como a energia requerida para desintegrar um alimento sólido a um estado a ponto de ser engolido (TEIXEIRA et al., 2009).

A análise de variância das propriedades de textura das salsichas de frango mostrou que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações apenas para as propriedades de dureza e mastigabilidade.

Na Figura 7 são representados os valores médios de coesividade e elasticidade e na tabela 12 os valores médios correspondentes às propriedades de dureza e mastigabilidade. Observa-se que as formulações ESEJ50, e ESEJ60 diferiram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das formulações ES e ESBHT, apresentando maior dureza. Com relação à mastigabilidade, o mesmo efeito foi verificado, em que as formulações ESEJ50 e ESEJ60 diferiram-se significativamente ( $p < 0,05$ ) das formulações ES e ESBHT.

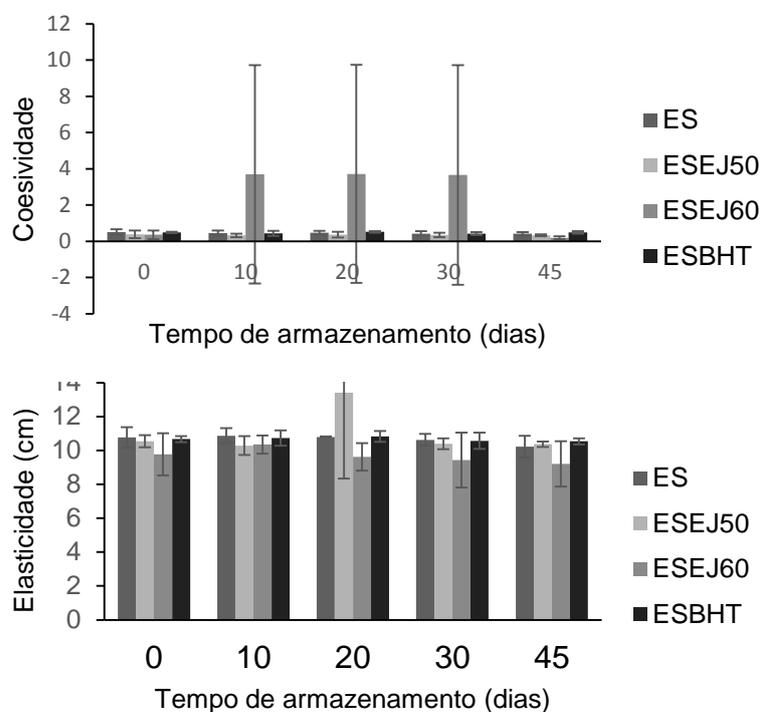


Figura 7 - Valores médios de coesividade e elasticidade das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Tabela 12 - Valores médios e desvio padrão das propriedades de dureza e mastigabilidade das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

<b>FORMULAÇÃO</b>				
<b>TEMPO</b>	<b>DUREZA (N)</b>			
	<b>ES</b>	<b>ESEJ50</b>	<b>ESEJ60</b>	<b>BHT</b>
0	7,79±2,81 <sup>a</sup>	5,21±4,05 <sup>b</sup>	5,33±4,73 <sup>b</sup>	6,68±0,51 <sup>a</sup>
10	9,18±4,44 <sup>a</sup>	4,97±2,02 <sup>b</sup>	4,38±1,94 <sup>b</sup>	7,62±3,08 <sup>a</sup>
20	8,81±3,05 <sup>a</sup>	7,17±3,02 <sup>b</sup>	6,12±2,98 <sup>b</sup>	10,10±1,58 <sup>a</sup>
30	8,29±3,00 <sup>a</sup>	6,51±2,77 <sup>b</sup>	5,17±3,88 <sup>b</sup>	7,30±1,68 <sup>a</sup>
45	9,81±2,86 <sup>a</sup>	6,30±1,29 <sup>b</sup>	3,86±1,39 <sup>b</sup>	10,70±1,04 <sup>a</sup>

<b>TEMPO</b>	<b>MASTIGABILIDADE (N.cm)</b>			
	<b>ES</b>	<b>ESEJ50</b>	<b>ESEJ60</b>	<b>BHT</b>
0	67,52±32,13 <sup>a</sup>	45,12±41,83 <sup>b</sup>	42,34±49,79 <sup>b</sup>	58,90±5,46 <sup>a</sup>
10	78,22±42,93 <sup>a</sup>	38,29±19,16 <sup>b</sup>	34,48±21,57 <sup>b</sup>	66,37±33,26 <sup>a</sup>
20	76,58±24,69 <sup>a</sup>	65,36±26,70 <sup>b</sup>	43,13±35,08 <sup>b</sup>	85,19±10,71 <sup>a</sup>
30	66,20±28,55 <sup>a</sup>	48,86±24,46 <sup>b</sup>	36,13±37,48 <sup>b</sup>	64,71±28,19 <sup>a</sup>
45	75,78±28,06 <sup>a</sup>	47,29±14,45 <sup>b</sup>	24,98±18,28 <sup>b</sup>	85,08±6,75 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Durante o período de armazenamento não ocorreram alterações significativas entre as variáveis ( $p \geq 0,05$ ), portanto, não houve modificação da dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade das salsichas de frango ao longo de 45 dias de armazenamento a 4 °C, assim como a interação entre os fatores também foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste F.

As mudanças que ocorreram nos valores de dureza e mastigabilidade podem ser atribuídas ao pH do extrato concentrado de Juçara (pH= 3,0), uma vez que ao ser adicionado, o extrato pode ter contribuído para a queda do pH da massa cárnea e interferido na solubilidade das proteínas miofibrilares, enfraquecendo a rede de gel formada. Conseqüentemente, menor força e energia foram requeridas para deformar ou desintegrar as salsichas de frango durante a análise do perfil de textura, mostrando uma tendência das salsichas adicionadas de extrato concentrado de Juçara serem mais macias.

Özvural e Vural (2012) ao adicionarem extrato de semente de uva em salsichas encontraram variação das propriedades de textura, incluindo dureza e mastigabilidade, sendo que os menores valores dessas propriedades estavam relacionados à formulação com maior adição de extrato. Savadkoohi et al. (2014) avaliaram mudanças sensoriais de cor e textura em salsicha, emulsão sem carne e presunto adicionados de diferentes concentrações de resíduo de tomate. Os autores verificaram que esse resíduo se comporta de maneira diferente à medida que a matriz alimentar é alterada. Nas salsichas com adição de 3 a 7% de resíduo de tomate houve aumento da dureza e diminuição dos valores de coesividade e mastigabilidade. Porém, para presunto houve a diminuição da dureza, coesividade e mastigabilidade em amostras com maior concentração de resíduo de tomate. Essas alterações foram justificadas pela interferência de etapas do processamento (anteriores ao cozimento) na extração das proteínas miofibrilares, resultando em um produto menos suculento e com menor rendimento.

#### **5.2.6 Teor de compostos fenólicos totais**

A análise de variância dos dados do teor de compostos fenólicos totais das salsichas de frango mostrou que houve diferença significativa pelo Teste F entre as formulações ( $p < 0,05$ ) e entre os tempos de armazenamento ( $p < 0,05$ ), porém foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ) para a interação entre os fatores estudados.

Ao analisar os dados da Tabela 13, verifica-se que quanto ao teor de compostos fenólicos totais a adição de extrato concentrado de Juçara contribuiu para o aumento do teor desses compostos nas salsichas de frango, o que pode ser desejável em termos de inibição da oxidação lipídica, visto que são reportados dados de vários estudos indicando a atividade antioxidante de compostos fenólicos extraídos de fontes vegetais em alimentos, como aqueles desenvolvidos por Escarpa e Gonzáles (2001); Jang et al., (2008) e Song; Ba e Park, (2013).

Tanto a formulação ESEJ50 como a ESEJ60 não diferiram da formulação ESBHT ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste de Tukey, porém diferiram significativamente da formulação ES ( $p < 0,05$ ) (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios e desvio padrão do teor de compostos fenólicos totais (CFT) das salsichas de frango adicionadas de diferentes antioxidantes e armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	CFT (mg EAG. 100 g <sup>-1</sup> b.s.)* FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	161,60±3,59 <sup>a</sup>	188,37±11,00 <sup>b</sup>	188,94±25,41 <sup>b</sup>	176,05±19,32 <sup>ab</sup>
10	178,77±40,80 <sup>a</sup>	205,44±14,94 <sup>b</sup>	196,05±13,38 <sup>b</sup>	200,53±18,00 <sup>ab</sup>
20	166,97±16,15 <sup>a</sup>	186,87±11,79 <sup>b</sup>	185,87±7,16 <sup>b</sup>	179,69±22,63 <sup>ab</sup>
30	193,46±12,91 <sup>a</sup>	210,76±9,77 <sup>b</sup>	216,66±14,02 <sup>b</sup>	202,28±14,6 <sup>ab</sup>
45	148,69±29,86 <sup>a</sup>	167,24±19,77 <sup>b</sup>	167,21±19,81 <sup>b</sup>	161,05±14,27 <sup>ab</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

\*mg equivalente de ácido gálico. 100 g<sup>-1</sup>, expresso em base seca

Os antioxidantes mais eficazes são aqueles que constituem o grupo dos compostos fenólicos em que os anéis aromáticos presentes na estrutura desses compostos estão ligados a grupamentos hidroxila. BHT é considerado um antioxidante primário, capaz de interromper as reações que ocorrem durante a etapa de propagação da oxidação lipídica por meio da doação de um átomo de hidrogênio aos radicais livres, formando espécies não radicais (RAMALHO e JORGE, 2006). Os flavonóides (classe pertencente ao grupo dos compostos fenólicos), dentre eles as antocianinas, também apresentam em sua estrutura anéis aromáticos ligados a hidroxilas, conferindo-lhes o mesmo mecanismo de ação que os antioxidantes sintéticos, como BHT (BREWER, 2011). Portanto, o fato dos resultados encontrados com a adição de extrato concentrado de Juçara à salsicha de frango não diferir do comportamento antioxidante do BHT reforça a capacidade antioxidante do extrato concentrado de Juçara e seu potencial como antioxidante natural em produtos cárneos.

Muitos estudos relatam a eficácia de extratos de fontes naturais (frutas, ervas, vegetais, entre outros) em comparação ao BHT em produtos cárneos. Naveena et al. (2008) compararam a eficácia antioxidante de suco de romã, extrato do pó da casca de romã e BHT em hambúrgueres de frango cozidos e verificaram que tanto para o suco de romã quanto para o extrato do pó da casca do fruto, quantidades de 10 mg

equivalentes de fenólicos/100g de carne foram suficientes para minimizar a rancidez oxidativa nos hambúrgueres assim como o BHT durante o mesmo período de armazenamento. Sebranek et al. (2005) encontraram resultados semelhantes ao compararem a efetividade antioxidante de extrato de alecrim com BHA/BHT em salsichas de suínos. Os autores concluíram que para salsichas cruas congeladas a concentração de 2500 ppm de extrato de alecrim apresentou maior efetividade que BHA/BHT na prevenção da oxidação lipídica e na perda da coloração vermelha das salsichas.

Quanto ao tempo de armazenamento, não foi possível ajustar um modelo que descrevesse o comportamento da variável em estudo, apresentando-se apenas graficamente os valores médios dos tratamentos ao longo do tempo, juntamente com os intervalos de confiança (Figura 8).

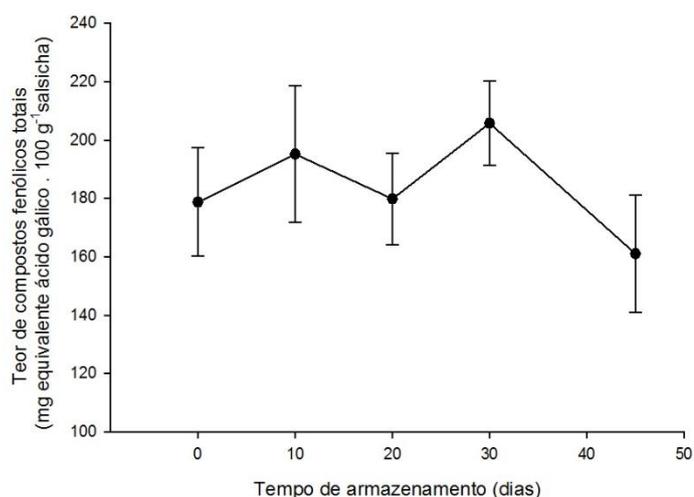


Figura 8 - Valores médios do teor de compostos fenólicos totais em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango

De acordo com a Figura 8, verifica-se que ocorreu um decréscimo maior no teor de compostos fenólicos das salsichas de frango a partir do 30º dia de armazenamento a 4 °C mostrando que, provavelmente esse decréscimo possa ter sido um dos fatores que favoreceu o aumento da taxa de oxidação lipídica nas salsichas, visto que diversos autores relatam a eficácia antioxidante de compostos fenólicos extraídos de fontes naturais.

Ba et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes para salsichas fermentadas adicionadas de extrato de subprodutos de shiitake. Os autores não encontraram diferença significativa no teor de compostos fenólicos presentes nas salsichas durante 30 dias de armazenamento. Jin et al. (2015) relataram que os compostos fenólicos são as principais substâncias responsáveis pela inibição da oxidação lipídica em produtos cárneos adicionados de fontes antioxidantes naturais. Em seu trabalho os autores encontraram maior atividade antioxidante e menor valor de TBARS em salsichas de suínos adicionadas de extratos de plantas que apresentavam maior teor de compostos fenólicos durante cinco semanas de armazenamento a 4 °C.

### **5.2.7 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre DPPH**

Análises da atividade antioxidante em carnes e produtos cárneos são largamente utilizadas como uma forma de descrever a capacidade do produto em resistir ao processo de oxidação. Dessa forma, ao incorporar uma nova fonte antioxidante em um produto cárneo, o seu comportamento na matriz cárnea também pode ser avaliado por meio da medição da atividade antioxidante, como forma de complementar estudos sobre a oxidação lipídica no alimento e garantir o real efeito do composto em estudo (SERPEN; GÖKMEN; FOGLIANO, 2012).

Com base na análise da variância dos dados da atividade antioxidante medida por meio da inibição do radical DPPH, observou-se que apenas as formulações apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste F. Para o fator tempo de armazenamento e para a interação entre os fatores não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ).

No presente trabalho é possível verificar a eficácia do extrato concentrado de Juçara ao ser incorporado em salsichas de frango, visto que a formulação ESEJ60, apresentando concentração de 60 ppm de compostos fenólicos totais, com porcentagem de inibição do radical DPPH variando de  $55,09 \pm 1,36\%$  a  $60,60 \pm 4,73\%$  (Tabela 14) mostrou-se superior à formulação contendo apenas eritorbato de sódio ( $49,61 \pm 5,81\%$  e  $52,98 \pm 1,32\%$ ), e tão eficiente quanto a formulação em que foi adicionado BHT ( $54,70 \pm 3,39\%$  a  $60,63 \pm 5,76\%$ ), o que sugere que o extrato concentrado de Juçara pode ser empregado juntamente com o eritorbato de sódio,

que é um aditivo amplamente utilizado em produtos cárneos, contribuindo para a redução das reações de oxidação lipídica em salsichas de frango.

Tabela 14 - Valores médios e desvio padrão da atividade antioxidante (DPPH) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	DPPH (%) FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	50,43±0,45 <sup>a</sup>	55,92±5,72 <sup>ab</sup>	56,88±6,58 <sup>b</sup>	56,19±3,73 <sup>b</sup>
10	52,98±1,32 <sup>a</sup>	59,32±6,66 <sup>ab</sup>	60,36±6,13 <sup>b</sup>	60,63±5,76 <sup>b</sup>
20	50,13±2,69 <sup>a</sup>	56,13±3,02 <sup>ab</sup>	56,91±2,38 <sup>b</sup>	58,21±3,73 <sup>b</sup>
30	55,73±6,91 <sup>a</sup>	57,50±5,56 <sup>ab</sup>	60,60±4,73 <sup>b</sup>	57,75±8,58 <sup>b</sup>
45	49,61±5,81 <sup>a</sup>	53,39±2,45 <sup>ab</sup>	55,09±1,36 <sup>b</sup>	54,70±3,39 <sup>b</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Jin et al. (2015) observaram a eficácia de extratos de fontes naturais (plantas medicinais) adicionados em salsichas de suíno. Os autores determinaram a porcentagem de inibição do radical DPPH nas salsichas e verificaram que dentre os cinco diferentes extratos (*Liriope platyphylla*, *Saposhnikovia divaricata*, *Akebia quinata*, *Lonicera japônica* e *Chelidonium majus*) utilizados, três incluindo *Akebia quinata*, *Lonicera japônica* e *Chelidonium majus*, com porcentagem de inibição variando entre 22,93 ± 0,81% a 35,53 ± 0,78%, apresentaram percentuais superiores ao tratamento controle (9,82 ± 0,75% a 16,40 ± 0,79%). No presente estudo (Tabela 14), a porcentagem de inibição do radical DDPH foi muito superior àquela encontrada por Jin et al. (2015).

### 5.2.8 Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS

A análise da variância dos dados da atividade antioxidante pela captura do radical ABTS mostrou que houve diferença significativa entre as formulações ( $p < 0,05$ ) e entre os tempos de armazenamento ( $p < 0,05$ ) e não significativa ( $p \geq 0,05$ ) para a interação entre os fatores estudados.

Ao realizar o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para o fator formulação não foi encontrada diferença significativa entre as formulações. Esse fato pode estar associado às etapas envolvidas na análise de teor de compostos fenólicos totais e aos tempos de reação curtos, o que pode ter gerado maiores erros, dificultando a real mensuração da variável em estudo. Os dados estão representados na Figura 9.

Pela análise descritiva dos dados, observou-se entre as formulações a cada tempo uma tendência ao aumento da atividade antioxidante, sendo maior nas formulações ESEJ60 e ESBHT, indicando uma tendência a maior atividade antioxidante em relação às formulações ES e ESEJ50.

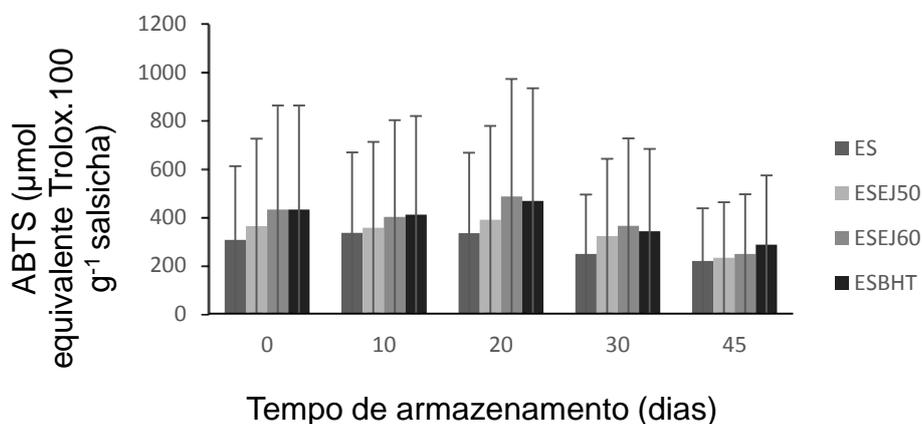


Figura 9 - Valores médios e desvio padrão da atividade antioxidante (ABTS) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT.

Muitos métodos são usados para avaliar a atividade antioxidante *in vitro* de compostos naturais, dentre eles os que utilizam os radicais ABTS<sup>•+</sup> e DPPH (OLIVEIRA et al., 2017). Para Oliveira et al. (2009) e Tiveron (2010), o fato de os compostos fenólicos apresentarem uma diversidade química muito grande, com estruturas e composições diferentes, faz com que os radicais dos métodos ABTS e DPPH apresentem diferentes mecanismos na captura desses antioxidantes, resultando em respostas distintas para uma mesma amostra. Oliveira et al. (2017) relata que a divergência entre os métodos se deve aos diferentes compostos

presentes nos alimentos, como aminoácidos, vitaminas e açúcares, que podem interferir nos mecanismos físico-químicos que baseiam o princípio desses métodos de avaliação da atividade antioxidante.

Serpen, Gökmen e Fogliano (2012), ao investigarem a capacidade antioxidante total de carnes de bovino, frango, suíno e peixe e suas mudanças quando submetidas ao tratamento térmico, verificaram divergências de resultados das análises de atividade antioxidante dos radicais ABTS e DPPH entre os diferentes tipos de carne. Os autores atribuíram o fato à polaridade dos radicais e aos diferentes compostos antioxidantes presentes no meio reacional.

Em relação ao tempo de armazenamento, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa e a falta de ajuste do modelo foi não significativa. O modelo ajustado apresentou comportamento quadrático, sendo que até o 10º dia observou-se uma tendência ao aumento da atividade antioxidante e após o 20º dia os valores diminuíram com maior intensidade (Figura 10), mostrando que os antioxidantes não foram efetivos durante todo o tempo de armazenamento das salsichas.

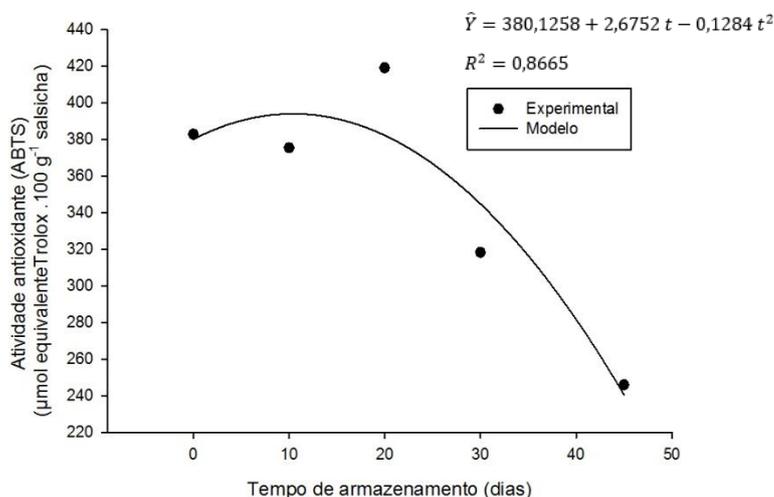


Figura 10 - Comportamento da atividade antioxidante do radical ABTS em função do tempo de armazenamento a 4 °C das salsichas de frango

O decaimento da atividade antioxidante durante o tempo de armazenamento é justificado pelo consumo dos compostos com função antioxidante presentes nas salsichas nas reações de oxidação lipídica. Ao impedir a atuação de um radical livre os compostos fenólicos, incluindo as antocianinas e BHT, doam um átomo de

hidrogênio para os radicais livres a fim de formar espécies não radicais e paralisar as reações de propagação da oxidação, fazendo com que eles percam sua capacidade de reagir com o radical ABTS durante a análise de atividade antioxidante (RAMALHO e JORGE, 2006; BREWER, 2011). Essa tendência se acentua ao longo do período de armazenamento do produto, visto que reações de oxidação continuam ocorrendo.

### 5.2.9 Determinação de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS)

Com base na Análise de Variância dos dados da análise de TBARS, observou-se que apenas entre as formulações houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F. Observa-se que as formulações ESEJ50 e ESEJ60 não diferiram dos tratamentos ESBHT e ES ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Porém, o tratamento ESBHT diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) do tratamento ES (Tabela 15).

Tabela 15 - Valores médios e desvio padrão do índice de oxidação lipídica (TBARS) das salsichas de frango adicionadas de diferentes antioxidantes e armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	TBARS (mg malonaldeído.kg <sup>-1</sup> salsicha)			
	FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	0,33±0,25 <sup>a</sup>	0,27±0,16 <sup>ab</sup>	0,30±0,21 <sup>ab</sup>	0,14±0,02 <sup>b</sup>
10	0,40±0,10 <sup>a</sup>	0,28±0,19 <sup>ab</sup>	0,31±0,20 <sup>ab</sup>	0,17±0,07 <sup>b</sup>
20	0,43±0,07 <sup>a</sup>	0,26±0,12 <sup>ab</sup>	0,29±0,17 <sup>ab</sup>	0,15±0,02 <sup>b</sup>
30	0,51±0,14 <sup>a</sup>	0,34±0,19 <sup>ab</sup>	0,30±0,21 <sup>ab</sup>	0,21±0,03 <sup>b</sup>
45	0,76±0,51 <sup>a</sup>	0,40±0,30 <sup>ab</sup>	0,28±0,11 <sup>ab</sup>	0,24±0,21 <sup>b</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT

Considerando os resultados encontrados para os teores de compostos fenólicos (Tabela 13) e atividade antioxidante pelo método do radical DPPH (Tabela 14) nas salsichas de frango, o extrato concentrado de Juçara foi capaz de inibir a taxa de formação de malonaldeído (produto secundário da decomposição de ácidos graxos insaturados), composto quantificado na análise de TBARS. Além disso, como citado por Ramalho e Jorge (2006), o BHT é considerado um antioxidante efetivo na supressão da oxidação em gorduras animais. Sendo assim, pode-se considerar que

o extrato concentrado de Juçara apresentou uma ação semelhante ao BHT e, portanto, efetiva na inibição da oxidação lipídica nas salsichas de frango durante o armazenamento a 4°C.

Bhat, Kumar e Kumar (2015), ao avaliarem salsichas de frango adicionadas de extrato de manjerição santo (concentração de 300 ppm) e armazenadas durante 21 dias a 4°C obtiveram resultados satisfatórios para a formulação com adição de extrato (0,39 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup>) em relação à amostra controle (0,57 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup> salsicha).

Para Witte, Krause e Baley (1970), o valor máximo aceitável de malonaldeído em carnes frescas é de 1,0 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup>; para Greene e Cumuze (1982), esse valor passa a ser de 2,0 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup>. Considerando tais valores, as concentrações de malonaldeído encontradas nesse estudo (Tabela 15) evidenciam quantidades menores, sendo todas as salsichas aceitáveis quanto ao índice de oxidação lipídica, o que reafirma a efetividade do extrato na inibição da oxidação lipídica das salsichas de frango. Valores baixos de TBARS também foram encontrados por Zargar et al. (2014) e Bhat, Kumar e Kumar (2015) em salsichas de frango adicionadas de abóbora (0,24 ± 0,01 a 0,66 ± 0,01 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup> salsicha) e manjerição santo (0,20 ± 0,03 a 0,65 ± 0,02 mg malonaldeído.kg<sup>-1</sup> salsicha), respectivamente, e por Jin et al. (2015) em salsichas de suíno adicionadas de *Liriope platyphylla*, *Saposhnikovia divaricata*, *Akebia quinata*, *Lonicera japonica* e *Chelidonium majus*.

O eritorbato de sódio, adicionado em concentrações iguais em todas as formulações, também atua como um agente antioxidante em produtos cárneos contribuindo para inibição da oxidação lipídica das salsichas de frango. Entretanto, ao adicionar o extrato concentrado de Juçara como fonte natural de compostos fenólicos, observou-se um aumento da atividade antioxidante (Tabela 14) das salsichas de frango. Consequentemente, também foi observada uma melhora na estabilidade oxidativa dessas salsichas, o que pode ser comprovado já que o índice de oxidação lipídica das salsichas adicionadas de extrato concentrado de Juçara não diferiu significativamente daquelas adicionadas de BHT (antioxidante sintético com elevado poder antioxidante) (Tabela 15).

### 5.2.10 Teor de nitrito residual

Ao preparar um produto cárneo curado, o sal de cura, composto por uma mistura de nitrito/nitrato de sódio e cloreto de sódio, é adicionado com uma das finalidades de promover o desenvolvimento da cor rósea característica desses produtos. Porém, o nitrito de sódio é muito reativo e uma parte considerável reage com outros compostos presentes no meio em reações paralelas às reações de cura. A outra parte é reduzida a óxido nítrico e reage com a mioglobina, formando o pigmento nitrosomioglobina, responsável pela cor característica em carnes curadas (FARIA et al., 2001). Além disso, o sal de cura é utilizado na conservação de produtos cárneos, uma vez que é efetivo na inibição da formação de toxina botulínica pelo *Clostridium botulinum* (HUSTAD et al., 1973).

A análise da variância dos dados do teor de nitrito residual nas salsichas de frango indicou que houve diferença significativa tanto entre as formulações ( $p < 0,05$ ) quanto entre os tempos de armazenamento ( $p < 0,05$ ) e não significativa ( $p \geq 0,05$ ) para a interação entre os fatores testados pelo Teste F.

Observa-se na Tabela 16 que os teores de nitrito residual variaram entre  $24,33 \pm 12,61$  e  $58,26 \pm 4,57$  mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha de frango. Honikel (2008) relatou em seu estudo teor de nitrito residual para salsichas cozidas variando de 20 a 60 mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha.

Tabela 16 - Valores médios e desvio padrão do teor de nitrito residual das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

TEMPO DE ARMAZENAMENTO	Nitrito residual (mg nitrito de sódio.kg <sup>-1</sup> salsicha) FORMULAÇÃO			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
0	50,49±14,29 <sup>a</sup>	41,66±11,88 <sup>b</sup>	38,61±11,40 <sup>b</sup>	58,26±4,57 <sup>a</sup>
10	49,13±13,91 <sup>a</sup>	38,61±12,47 <sup>b</sup>	33,36±13,82 <sup>b</sup>	56,12±7,92 <sup>a</sup>
20	49,31±7,83 <sup>a</sup>	33,90±10,95 <sup>b</sup>	29,75±13,53 <sup>b</sup>	52,62±6,59 <sup>a</sup>
30	43,83±11,73 <sup>a</sup>	31,67±12,42 <sup>b</sup>	27,89±12,68 <sup>b</sup>	50,00±2,76 <sup>a</sup>
45	40,87±10,94 <sup>a</sup>	30,81±12,35 <sup>b</sup>	24,33±12,61 <sup>b</sup>	48,36±6,67 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras iguais em uma mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT

Os teores médios de nitrito residual das formulações ESEJ50 ( $30,81 \pm 12,35$  a  $41,66 \pm 11,88$  mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) e ESEJ60 ( $24,33 \pm 12,61$  a  $38,61 \pm 11,40$  mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) não diferiram entre si de forma significativa ( $p \geq 0,05$ ), porém foram significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que as formulações ES ( $40,87 \pm 10,94$  a  $50,49 \pm 14,29$  mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) e ESBHT ( $48,36 \pm 6,67$  a  $58,26 \pm 4,57$  mg nitrito de sódio.kg<sup>-1</sup> salsicha) pelo Teste de Tukey, mostrando que o teor de nitrito residual das salsichas foi afetado pela adição de extrato concentrado de Juçara.

Alguns autores relatam a interação do nitrito de sódio com compostos fenólicos provenientes de resíduos e extratos de frutas e vegetais, mostrando que a adição desses compostos em produtos cárneos pode contribuir para uma redução ainda maior no teor de nitrito residual desses produtos, como nos estudos realizados por Pérez-alvaréz (2006); Deda, Bloukas e Fista, (2007); Fernández-lópez et al. (2007) e Viuda-martos et al., 2010. Pérez-alvaréz (2006) cita alguns mecanismos que podem promover a redução do teor de nitrito residual em produtos cárneos, dentre eles a presença de compostos fenólicos nas especiarias usadas para a formulação dos produtos cárneos e o uso de ingredientes e aditivos naturais, principalmente, aqueles de natureza ácida.

A reação de dissociação do nitrito é dependente do pH, sendo soluções aquosas com pH próximo de 5,5 as que promovem cerca de 99% dessa dissociação. Na forma dissociada, o nitrito torna-se altamente reativo, facilitando a ocorrência de reações paralelas às reações de cura, provocando perdas de parte do nitrito adicionado. A incorporação de ar na massa e o uso de temperaturas elevadas durante o preparo das salsichas facilitam a ocorrência dessas reações (FARIA et al., 2001).

A perda de nitrito durante o cozimento varia de 34 a 72%, dependendo das condições empregadas (RANKEN, 2000). Logo, parte da redução do teor de nitrito residual nas salsichas de frango do presente estudo pode estar associada também a perdas durante o processamento.

No presente estudo, o extrato concentrado de Juçara apresentou caráter ácido (pH igual a 3,0) e resultou na diminuição do pH da massa cárnea das formulações de salsicha em que o extrato foi adicionado (Tabela 7). Conseqüentemente, pode ter contribuído para a diminuição do teor de nitrito residual das formulações ESEJ50 e ESEJ60 em relação à ES e ESBHT.

Em relação ao tempo de armazenamento, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa ( $p < 0,05$ ) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ( $p \geq 0,05$ ). O modelo ajustado apresentou comportamento quadrático, em que o teor de nitrito residual reduziu ao longo de todo o período de armazenamento (Figura 11).

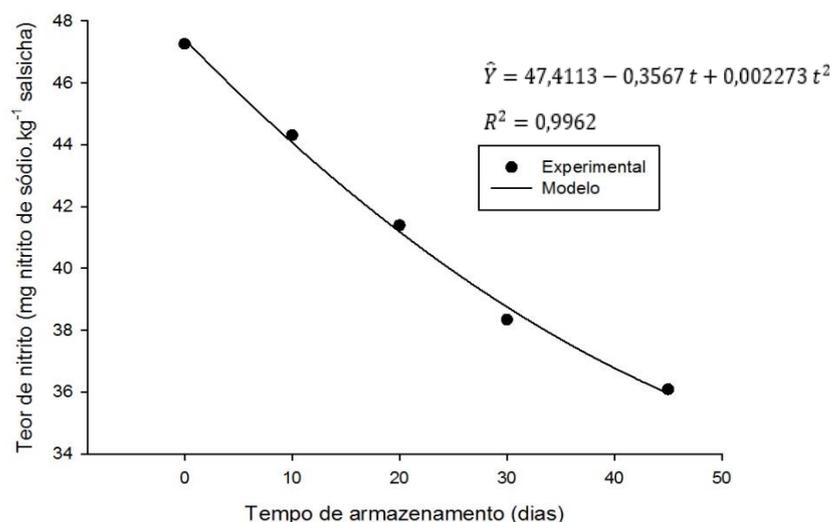


Figura 11 - Comportamento do teor de nitrito residual em função do tempo de armazenamento de 45 dias a 4 °C das salsichas de frango

Deda, Bloukas e Fista (2007), ao avaliarem o efeito de diferentes concentrações de nitrito (0, 50, 100 e 150 ppm) e pasta de tomate (0%, 2%, 6%, 8%, 12% e 16%) nas características de qualidade de salsichas, verificaram que houve redução do teor de nitrito residual à medida que a concentração de pasta de tomate adicionada aumentava. Os autores também verificaram um decréscimo do teor de nitrito residual durante 33 dias de armazenamento a 4 °C, justificando os resultados com base nos valores de pH das salsichas ( $5,45 \pm 0,03$ ) com maior quantidade de pasta de tomate.

Yang et al. (2006) ao avaliarem o teor de nitrito residual em salsichas adicionadas de diferentes concentrações de extrato de chá verde (0,2%; 0,5% e 1%), verificaram que, durante o período de 30 dias de armazenamento a 4 °C, houve uma redução do teor de nitrito residual em todas as formulações, sendo a concentração de extrato inversamente proporcional aos teores de nitrito encontrados.

### 5.3 Análise sensorial

Na tabela 17 são apresentadas as médias hedônicas para cada atributo avaliado no teste de aceitação sensorial das salsichas de frango. Verifica-se que a aceitação das salsichas variou quanto aos atributos avaliados, sendo que para cor e aparência as notas hedônicas variaram de “gostei ligeiramente” (nota 6,0) a “gostei moderadamente” (nota 7,0), e para os atributos textura, sabor e impressão global, as notas variaram de “gostei ligeiramente” (nota 6,0) a “gostei muito” (nota 8,0).

Tabela 17 - Médias hedônicas dos atributos cor, sabor, aparência, textura e impressão global obtidas do teste de aceitação sensorial das salsichas de frango

ATRIBUTOS	FORMULAÇÕES			
	ES	ESEJ50	ESEJ60	ESBHT
COR	6,4 <sup>ns</sup>	6,4 <sup>ns</sup>	6,5 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>ns</sup>
APARÊNCIA	6,8 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>ns</sup>	6,8 <sup>ns</sup>	6,9 <sup>ns</sup>
TEXTURA	7,0 <sup>ns</sup>	7,2 <sup>ns</sup>	6,7 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>ns</sup>
SABOR	7,1 <sup>ns</sup>	7,2 <sup>ns</sup>	6,9 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>
IMPRESSÃO GLOBAL	6,9 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>	6,7 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F.

ES: eritorbato de sódio; ESEJ50: eritorbato de sódio + 50 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESEJ60: eritorbato de sódio + 60 ppm de compostos fenólicos totais do extrato concentrado de Juçara; ESBHT: eritorbato de sódio + 0,01% de BHT

Durante a análise sensorial, alguns avaliadores comentaram a respeito da cor e aparência das salsichas (“Os aspectos relacionados com a cor poderiam ser melhorados”; “textura, cor, paladar muito bom, interessante que não tem corante”; “Ela é estranha, mas tem um sabor bom”). As salsichas de frango formuladas nesse estudo não foram adicionadas de urucum e carmim de cochonilha, corantes muito utilizados em marcas comerciais de salsichas existentes no mercado. Logo, as notas obtidas para as formulações, de forma geral, podem estar relacionadas a uma concepção pré-existente por parte dos consumidores, principalmente quanto à cor das salsichas, levando-os a cometer um erro de expectativa ao relacionarem as salsichas que seriam avaliadas àquelas vendidas no mercado.

Quando mudanças na composição de um produto cárneo bem conhecido como a salsicha são realizadas, deve-se garantir que algumas características do produto sejam mantidas, dentre elas a textura (ARMENTEROS et al., 2013; LEE, 1985).

Não foi verificada diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F para nenhum dos atributos avaliados em relação às formulações. Isso demonstra que, apesar de terem sido encontradas diferenças nas medidas instrumentais de cor, principalmente em relação ao índice  $a^*$  (que remete à cor vermelha da salsicha) e à textura, essas alterações não foram suficientes para impactar na aceitação sensorial dos avaliadores, resultando em igual aceitação para todas as formulações. Portanto, os resultados indicam que as salsichas de frango podem ser adicionadas de extrato concentrado de Juçara com concentração de até 60 ppm de compostos fenólicos sem causar mudanças em sua aceitabilidade pelo consumidor.

Verma et al. (2013) não encontraram diferença significativa quanto aos atributos sabor, aparência, textura e impressão global em salsichas adicionadas de goiaba em pó nas concentrações de 0,5% e 1%.

Nowak et al. (2016), ao submeterem salsichas de suíno adicionadas de extratos de folhas de cereja e de groselha preta à avaliação sensorial, não obtiveram diferença significativa quanto aos atributos cor, odor e sabor entre os tratamentos no primeiro dia de armazenamento. Porém, ao longo do tempo de armazenamento de 28 dias a 4 °C, os autores perceberam mudanças nesses atributos, relatando que as salsichas adicionadas de extratos foram estáveis apenas durante 14 dias.

## **6.CONCLUSÃO**

O extrato concentrado de Juçara apresentou elevada concentração de compostos fenólicos e alta atividade antioxidante. Porém, devido seu baixo valor de pH, o uso de maiores concentrações de compostos fenólicos do extrato concentrado de Juçara nas salsichas de frango ficou limitado. Volumes de extrato superiores àqueles que apresentaram concentração de 60 mg equivalente ácido gálico. 100 g<sup>-1</sup> promoveram a quebra da emulsão cárnea.

O extrato concentrado de Juçara, principalmente, na concentração de 60 ppm de compostos fenólicos totais apresentou ação antioxidante efetiva no controle da oxidação lipídica em salsichas de frango, visto que sua eficácia pôde ser equiparada à do antioxidante sintético BHT.

A adição do extrato concentrado de Juçara pode interferir na cor, dureza e mastigabilidade de salsichas de frango, porém não interfere na aceitabilidade do

produto. Sendo assim, o extrato concentrado de Juçara pode ser considerado uma fonte promissora de compostos fenólicos em salsichas de frango, sendo viável sua utilização como antioxidante natural, além de atender às exigências do mercado quanto a produção de alimentos mais saudáveis adicionados de compostos naturais.

A maior redução do teor de nitrito residual das salsichas de frango adicionadas de extrato concentrado de Juçara pode contribuir para a redução da vida de prateleira das salsichas de frango, visto que uma das funções do nitrito de sódio em produtos cárneos é como conservante, inibindo o crescimento de microrganismos. Logo, estudo da estabilidade microbiológica das salsichas de frango adicionadas de extrato concentrado de Juçara torna-se interessante ao longo da vida de prateleira do produto.

Outros estudos com salsichas de frango também podem ser realizados visando à aplicação de extrato de Juçara em pó microencapsulado, a fim de eliminar e, ou minimizar os fatores que foram interferentes nessa pesquisa, como o baixo valor de pH do extrato concentrado, possibilitando o uso de maiores concentrações dessa fonte antioxidante. Além disso, análises sensoriais durante o tempo de armazenamento podem demonstrar se a adição do extrato de Juçara pode promover alterações que influenciem as características sensoriais das salsichas de frango e sua aceitabilidade pelo consumidor ao longo do tempo, uma vez que produtos secundários da oxidação lipídica, responsáveis pela produção de *off-flavours*, são identificados, principalmente, durante a vida de prateleira.

## 7. REFERENCIAS

ALLEN, E., FOEGEDING, E. A. Some lipid characteristics and interactions with muscle foods: a review. **Food Technology**. v.35, n.5, p.253-257, 1981.

ALMEIDA, P. L.; LIMA, S. N.; COSTA, L. L.; OLIVEIRA, C. C.; DAMASCENO, K. A.; SANTOS, B. A.; CAMPAGNOL, P. C. B. Effect of Jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. **Meat Science**. v.110, p.9-14, 2015.

ÁLVAREZ, D.; CASTILLO, M.; PAYNE, F. A.; GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S.; XIONG, Y. L. Prediction of meat emulsion stability using reflection photometry. **Journal of Food Engineering**. v.82, p.310-315, 2007.

AMENSOUR, M.; SENDRA, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; ABRINI, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effect of Myrtle (*Myrtus communis*) Extracts on storage stability of chicken frankfurters. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**. v.4, p.1-11, 2015.

ARMENTEROS, M.; MORCUENDE, D.; VENTANAS, S.; ESTÉVEZ, M. Application of natural antioxidants from strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) and Dog Rose (*Rosa canina* L.) to frankfurters subjected to refrigerated storage. **Journal of Integrative Agriculture**. v.12. N.11, p.1972-1981, 2013.

BA, H. V.; SEO, H. W.; CHO, S. H.; KIM, Y. S.; KIM, J. H.; HAM, J. S.; PARK, B. Y.; NAM, S. P. Antioxidant and anti-foodborne bacteria activities of shiitake by-product extract in fermented sausages. **Food Control**. v.70, p.201-209, 2016.

BATTISTELLA, P. M. D. **Análise de Sobrevivência Aplicada a Estimativa de Vida de Prateleira de Salsicha**. 115 f. Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos), Florianópolis, SC, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciência Agrárias, 2008.

BHAT, Z. F.; KUMAR, S.; KUMAR, L. Effect of *Ocimum sanctum* Linn (Tulsi) on the oxidative stability and storage quality of chicken sausages. **Nutrition and Food Science**. v.45, n.4, p.510-523, 2015.

BLOIS, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable Free Radical. **Nature**. v. 181, p.1199-1200, 1958.

BORGES, G. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; ZAMBIAZI, R. C.; FILHO, J. M.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**. v. 44, p.2128-2133, 2011.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**. v. 32, p. 62-66, 1978.

BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2001. Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 1-11, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 30691, de 29 de março de 1952. Aprova o Regulamento da Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União**, 07 jul. 1952. Seção I, p.10785.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000 – Anexo IV – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsicha. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, publicado em 5 de abril de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância sanitária. Portaria nº 1004, de 11 de Dezembro de 1998: Atribuição de função de aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – Carne e produtos cárneos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, DF, 14 dez. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia Alimentar para a População Brasileira, 2.ed. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2014. 156p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**, publicado em 28 de outubro de 1997.

BREWER, M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.10, p.211-247, 2011.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, A. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins presente in selected Tropical Fruits: acerola, jabolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.55, p. 9389-9394, 2007.

BROWN, J. E.; KELLY, M. F. Inhibition of lipid peroxidation by anthocyanins, anthocyanidins and their phenolic degradation products. **Europe Journal of Lipid Science and Technology**. v.109, n.1, p.66-71, 2007.

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V. **Palmeira Juçara: a exploração dos frutos é mais ecológica e rentável do que a do palmito**. 2009. Disponível em; <<https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/scripts/verArtigo.php?codigo=19&acao=exibir>> Acesso em 28 de outubro de 2016.

CARDOSO, M. L.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**. V.31, n.3, p. 669-682, 2010.

CASAROTTO, J. **Uso de antioxidantes naturais na preservação do estado oxidativo de salsichas**. 2013. 121 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora UNICAMP. 2<sup>a</sup> ed. 208p. 2007.

CURSI, P.R.; CICERO, S.M. Fruit processing and the physiological quality of *Euterpe edulis* Martius seeds. **Journal of Seed Science**. v. 36, n. 2, p.134-142, 2014.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DEDA, M. S.; BLOUKAS, J. G.; FISTA, G. A. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. **Meat Science**. v.76, p.501-508, 2007.

DE LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MORENO, G. M. B. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.7, n.1, p.14-28, 2013.

DURÁN, R. M.; PADILLA, R. B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Revista grasas y aceites**. v.44, n. 2, p.101– 06, 1993.

ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. **Analytica Chimica Acta**. v.427, p.119-127, 2001.

ESTÉVEZ, M.; RAMÍREZ, R.; VENTANAS, S.; CAVA, R. Sage and Rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pâté. **LTW-Food Science and Technology**. v.40, n.1, p.58-65, 2007.

FAINE, L. A.; RODRIGUES, H. G.; GALHARDI, C. M.; EBAID, G. M. X.; DINIZ, Y. S.; FERNANDES, A. A. H.; NOVELLI, E. L. B. Butyl hydroxytoluene (BHT)-induced oxidative stress: Effects on sérum lipids and cardiac energy metabolismo in rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**. v.57, n.3, p.221-226, 2006.

FALOWO, A. B.; FAYEMI, P. O.; MUCHENJE, V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**. v.64, p.171-181, 2014.

FARIA, J. A. F.; FELÍCIO, P. E.; NEVES, M. A.; ROMANO, M. A. Formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados. **Revista TEC carnes**. v.3, n.2, p.16-22, 2001.

FÉRNANDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M.; SENDRA, E.; SAYAS-BARBERÁ, E.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ALVARÉZ, J. A. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. **European Food Research and Technology**. v.226, n.1, p.1-6, 2007.

FERRACCIOLI, V. R. **Avaliação da qualidade de salsichas do tipo *hot dog* durante o armazenamento**. 116 f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos), São Caetano do Sul, SP, Instituto Mauá de Tecnologia, 2012.

FILHO, P.R.C.O. et al. Quality of sausage elaborated using minced Nile Tilapia submitted to cold storage. **Scientia Agricola**, (Piracicaba, SP). v. 67. n. 2. p.183-190. 2010.

FORTUNA, J. L.; FRANCO, R. M. Uma revisão epidemiológica das principais alterações microbiológicas em produtos cárneos embutidos. **Revista Higiene Alimentar**. v. 19, n. 129, p. 35-42, 2005.

FREITAS, M.Q. **Características e aceitação sensorial de mortadelas produzidas com carne mecanicamente separada de frango**. 2002. 129p. Tese (Doutorado em Ciência e tecnologia de alimentos), Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GALLEANO, M.; VERSTRAETEN, S. V.; OTEIZA, P. I.; FRAGA, C. G. Antioxidant action of flavonoids: Thermodynamic and kinetic analysis. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v.501, p.23-30, 2010.

GORDON, M. H. The development of oxidative rancidity in foods. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M (Ed.). **Antioxidants in food: Practical applications**. England: CRC: Wooshead Publishing Limited, p.7-21, 2001.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**. v. 43, p. 111-123, 1996.

GRAY, J. I.; MONAHAN, F. J. Measurement of lipid oxidation in meat and meat products. **Trends in Food Science & Technology**. v. 3, p. 315-319, 1992.

GREENE, B. E.; CUMUZE, T. H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelist's assessments of oxidized flavor in cooked beef. **Journal of Food Science**. v.47, p.52-58, 1982.

GRUENWALD, J. Novel botanical ingredients for beverages. **Clinics in Dermatology**, v. 27, p. 210-6, 2009.

GRÜN, I.U. Antioxidants. In: TARTÉ, R. **Ingredients in Meat Products: Properties, functionality and applications**. New York: Springer, 2009. Cap.13, p. 291-300.

HANSEN, E. V.; MEYER, O.; OLSEN, P. Study on toxicity of butylated hydroxyanisole (BHA) in pregnant gilts and their fetuses. **Toxicology**. v. 23, p. 79-83, 1982.

HASSIMOTO, N. M.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, p. 2928–2935, 2005.

HIROSE, M. et al. Combined effects of butylated hydroxyanisole and other antioxidants in induction of forestomach lesions in rats. **Cancer Letters**. v.30, nº 2, p. 169 – 174, 1986

HONIKEL, K. O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. **Meat Science**. v.78, p.68-76, 2008.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**. v.45, n-3, p.273-281, 1997.

HUNTERLAB. **Applications note: CIE L\* a\* b\* color scale**. Virginia, v. 8, n. 7. 1996.

IARC. International Agency for Research on Cancer. **Agents Classified by the IARC Monographs**. v.1-112. Disponível em: < <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> > Acesso em: 13 de junho de 2015.

IGENE, J. O.; PEARSON, A. M.; DUGAN, L. R. Jr.; PRICE, J. F. Role of triglycerides and phospholipids in development of rancidity in model meat systems during frozen storage. **Food Chemistry**. v. 5, p. 263-276, 1980.

INADA, K. O. P.; OLIVEIRA, A. A.; REVORÊDO, T. B.; MARTINS, A. B. N.; LACERDA, E. C. Q.; FREIRE, A. S.; BRAZ, B. F.; SANTELLI, R. E.; TORRES, A. G.; PERRONE, D.; MONTEIRO, M. C. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of functional foods**. v. 17, p. 422-433, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: IMESP, 2005.

JACKMAN, R. L.; YADA, R. Y.; TUNG, M. A.; SPEERS, R. A. Anthocyanins as food colorants. - A Review. **Journal of Food Biochemistry**. v.11, n.3, p.201-247, 1987.

- JANG, A.; LIU, X. D.; SHIN, M. H.; LEE, B. D.; LEE, S. K.; LEE, J. K.; JO, C. Antioxidative potencial of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. **Poultry Science**. v.87, p.2382-2389, 2008.
- JIN, S. K.; HA, S. R.; HUR, S. J.; CHOI, J. S. Effect of various Herbal Medicine Extracts on the physico-chemical properties of emulsion-type pork sausage. **Journal of Food and Nutrition Research**. v. 3, n.5, p.290-296, 2015.
- KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, J. K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**. v. 94, p. 220-227, 2013.
- KAUR, S.; KUMAR, S.; BHAT, Z. F.; KUMAR, A. Effect of pomegranate seed powder, grape seed extract and tomato powder on the quality characteristics of chicken nuggets. **Nutrition and Food Science**. v.45, n.4, p.583-594, 2015.
- KEETON, J. T.; OSBURN, W. N. Formed and emulsion products. In: OWENS, C. M.; ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. (Ed.). **Poultry meat processing**. Florida: CRC Press, 2010, p.245-278.
- KUFNER, D. E. **Atividade antioxidante do extrato aquoso de manjerona (*Origanum majorana L.*), em lingüiça frescal de frango**. Dissertação (mestrado em engenharia de alimentos). Universidade Regional Integrada do Alto do Uruguai e das Missões – URI, 56 f., 2010.
- LADIKOS, D.; LOUGOVOIS, V. Lipid Oxidation in Muscle Foods: A Review. **Food Chemistry**. v. 35, 1990, p. 295-314.
- LEE, C. M. Microstructure of meat emulsions in relation to fat stabilization. **Food Structure**. v.4, n.1, p.63-72, 1985.
- LEE, S. H.; JOO, S. T.; RYU, Y. C. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. **Meat Science**. v.86, p.166-170, 2010.
- LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standarization of pigment analysis in Cranberries. **Hortscience**. v.7, p. 83-84, 1972.
- LEHESKA, J. M.; BOYCE, J.; BROOKS, J. C.; HOOVER, L. C.; THOMPSON, L. D.; MILLER, M. Sensory attributes and phenolic content of precooked pork breakfast sausage with fruit purees. **Journal of Food Science**. v. 71, n. 3, p.249-252, 2006.
- LIMA, C.P. et al. Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis Martius*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 321-326, 2012

LIU, D. C.; TSAU, R. T.; LIN, Y. C.; JAN, S. S.; TAN, F. J. Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. **Food Chemistry**. v.117, p.106-113, 2009.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

LORENZO, J. M.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, R. M.; SÁNCHEZ, M.; AMADO, I. R.; FRANCO, D. Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo”. **Food Research International**. v.54, p.611-620, 2013.

MAPA. Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Assessoria de gestão estratégica. **Projeções do agronegócio: Brasil 2014/15 a 2024/25 – Projeções de longo prazo**. Brasília, DF, 6ª Ed., jun. 2015. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/PROJECOES\\_DO\\_AGRONEGOCIO\\_2025\\_WEB.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROJECOES_DO_AGRONEGOCIO_2025_WEB.pdf)> Acesso em: 04 dez. 2016.

MARIUTTI L. R.B.; BRAGAGNOLO N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo. V.68, n.1, 2009, p.1-11.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**. v.25, n.3, p. 207-225, 1987.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley & Sons. 684p. 2001.

MORRISSEY, P. A. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**. v. 49, n.1, p.73 – 86, 1998.

NAKAGAWA, Y.; TAYAMA, K.; NAKAO, T.; HIRAGA, K. On the mechanism of butylated hydroxytoluene-induced hepatic necrosis in rats. **Biochemical Pharmacology**. v.33, n.16, p.2669-2674, 1984.

NAVEENA, B. M.; SEN, A. R.; VAITHIYANATHAN, S.; BABJI, Y.; KONDAIAH, N. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. **Meat Science**. v.80, p.1304-1308, 2008.

NOVELLO, A. A. **Extração de antocianinas dos frutos do açaí da Mata Atlântica (*Euterpe edulis Martius*) e sua atuação nas atividades antioxidante e**

**antiaterogênica em camundongos ApoE -/-**. Dissertação (mestrado em ciência da nutrição). Universidade Federal de Viçosa, 80 f., 2011.

NOWAK, A.; CZYZOWSKA, A.; EFENBERGER, M.; KRALA, L. Phenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. **Food Microbiology**. v.59, p.142-149, 2016.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. A.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**. v.32, n.3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA I. R. N.; TEÓFILO, R. F.; OLIVEIRA, E. B.; RAMOS, A. M.; BARROS, F. A. R.; MAIA, M. P.; STRINGHETA, P. C. Evaluation of potencial interfering agentes on *in vitro* methods for determination of the antioxidante capacity in anthocyanin extracts. **International Journal of Food Science+Technology**. v.52, n.2, p.511-518, 2017.

ORSOLIN D.; STEFFENS C.; DALLA ROSA C.; STEFFENS, J. Redução do tempo no processo de cozimento de mortadela e avaliação da qualidade final do produto. **Ciência Animal Brasileira**. v.16, n.4, p. 589-597, 2015.

OZDAL, T.; CAPANOGLU, E.; ALTAY, F. A review on protein-phenolic interactions and associated changes. **Food Research International**. v.51, p.954- 970, 2013.

ÖZVURAL, E. B.; VURAL, H. The effects of grape seed extract on quality characteristics of frankfurters. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.36, p.291-297, 2012.

PACHECO-PALENCIA, L.A.; MERTENS-TALCOTT, S.; TALCOTT, S.T. Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Thermal Stability of a Phytochemical Enriched Oil from Acai (*Euterpe oleracea* Mart.), **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 12, p. 4631-4636, 2008.

PASSOS, A. P. S. **Antocianina obtida de fruto de palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.): estabilização com maltodextrina e aplicação em alimentos**. Dissertação (mestrado em ciência de alimentos). Universidade Estadual de Maringá, 40 f., 2011.

PEREIRA, A. G. T. **Uso de carne mecanicamente separada de aves e fibra de colágeno na elaboração de salsichas**. Dissertação (mestrado em Ciência dos alimentos). Universidade Federal de Lavras, 135 f., 2010.

PEREIRA, M. G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. 2009, 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

- PÉREZ-ALVAREZ J. A. Aspectos tecnológicos de los productos crudo-curados. In: HUI Y. H.; GUERRERO-LEGARRETA I., ROSMINI M. R. Ed(s). **Ciencia y Tecnología de Carnes**. Mexico D.F.: Limusa, 2006. p. 463–492.
- PIKUL, J.; KUMMEROW, F. A. Effect of total lipids, triacylglycerols and phospholipids on malonaldehyde content in different types of chicken muscles and the corresponding skin. **Journal of Food Biochemistry**. v.13, p. 409-427, 1989.
- PITARO, S.P.; FIORANI, L.V.; JORGE, N. Potencial antioxidante dos extratos de manjeriço (*Ocimum basilicum* Lamiaceae) e orégano (*Origanum vulgare* Lamiaceae) em óleo de soja, **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 14, n. 4, p. 686-691, 2012.
- POMPEU, D. R.; SILVA, E. M.; ROGEZ, H. Optimization of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using Response Surface Methodology. **Bioresource Technology**. v. 100, p. 6076-6082, 2009.
- PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. 2. Ed. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A., 1994. 581 p.
- PULIDO, R.; HERNANDEZ-GARCIA, M.; SAURA-CALIXTO, F. Contribution of beverages to the intake of lipophilic and hydrophilic antioxidants in the Spanish diet. **European Journal of Clinical Nutrition**. v.57, p.1275-1282, 2003.
- PUOLANNE, E.; HALONEN, M. Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science**. v.86, p.151-165, 2010.
- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**. v.29, nº.4, São Paulo, 2006.
- RANKEN, M. D. **Handbook of meat product technology**. Cornwall: Blackwell Science. 245 p. 2000.
- RAWEL, H. M.; CZAJKA, D.; ROHN, S.; KROLL, J. Interactions of different phenolic acids and flavonoids with soy proteins. **International of Biological Macromolecules**. v.30, p.137-150, 2002.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radicals Biology and Medicinal**, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.
- REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, p. 66-82, 2010.

SÁYAGO-AYERDI, S.G; BRENES, A.; GOÑI, I. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburguers. **LWT – Food Science and Technology**. v. 42, n. 5, p. 971-976, 2009.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non-tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**. v. 121, p. 996- 1002, 2010.

SAMPELS, S.; PICKOVA, J.; WIKLUND, E. Fatty acids, antioxidants and oxidation stability of processed reindeer meat. **Meat Science**. v.67, p.523–532, 2004.

SARIÇOBAN, C.; YILMAZ, M. T. Effect of thyme/cumin essential oils and butylated hydroxyl anisole/butylated hydroxyl toluene on physicochemical properties and oxidative/microbial stability of chicken patties. **Poultry Science**. v.93, p.456-463, 2014.

SAVADKOOHI, S.; HOOGENKAMP, H.; SHAMSI, K.; FARAHNAKY, A. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. **Meat Science**. v.97, p.410-418, 2014.

SCHUT, J. Meat emulsions. In: FRIBERG, S. **Food emulsions**. New York: Marcel Dekker, p. 385-459. 1976.

SEBRANEK, J. G.; SEWALT, V. J. H.; ROBBINS, K. L.; HOUSER, T. A. Comparison of natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**. v.69, p.289-296, 2005.

SELANI, M. M.; CONTREAS-CASTILLO, C. J.; SHIRAHIGUE, L. D.; GALLO, C. R.; PLATA-OVIEDO, M.; MONTES-VILLANUEVA, N. D. Wine industry extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. **Meat Science**. v. 88, n.3, p.397-403, 2011.

SERPEN, A.; GÖKMEN, V.; FOGLIANO, V. Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. **Meat Science**. v.90, p.60-65, 2012.

SHAH, M. A.; DON BOSCO, S. J.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**. v. 98, p. 21-33, 2014

SHIRAHIGUE, L. D.; PLATA-OVIEDO, M.; ALENCAR, S. M.; D'ARCE, M. A. B. R.; VIEIRA, T. M. F. S.; OLDONI, T. L. C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Wine industry residue as antioxidante in cooked chicken meat. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 45, p.863-870, 2010.

SILVA, M. G. C. P. C.; BARRETO, W. S.; SERÔNIO, M. H. **Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açai**. Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento, Centro de Pesquisa do Cacau – Cepec /Ceplac, 2004. Disponível em: < <http://www.ceplac.gov.br/radar/compara%C3%A7%C3%A3o%20nutricional%20da%20polpa%20de%20ju%C3%A7ara%20e%20a%C3%A7a%C3%AD.pdf>> Acesso em 25 de outubro de 2016.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J.A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p. 144-158, 1965.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. v. 15, nº 1, p. 71-81, Campinas, 2002.

SONG, H. S.; BAE, J. K.; PARK, I. Effect of heating on DPPH radical scavenging activity of meat substitute. **Preventive Nutrition and Food Science**. v.18, n.1, p.80-84, 2013.

STATSOFT. INC. STATISTICA (Data analysis software system), version 10.

TAKAHASHI, O.; HIRAGA, K. Dose response study of hemorrhagic death by dietary butylated hydroxytoluene (BHT) in male rats. **Toxicology and Applied Pharmacology**. v.43, p.399-406, 1978.

TARLADGIS, B. G; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T.; DUGAN JR, L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in Rancid foods. **Journal of American Oil Chemists Society**. v. 37, n.1, p.44-48, 1960.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**. v.64, n.366, p.12-21, 2009.

TIVERON, A. P. Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil. 102 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Piracicaba, SP, Universidade de São Paulo, 2010.

TONIOLO, R. **Uso de extratos vegetais para inibir a oxidação lipídica em carne suína**. Monografia (Curso de engenharia de alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 46 f., 2012

USA. United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service. **Food standards and labeling policy book**. 2005. Disponível em: < > Acesso em: 12 de dez. 2016.

VERMA, A. K.; RAJKUMAR, V.; BANERJEE, R.; BISWAS, S.; DAS, A. K. Guava (*Psidium guajava* L.) poder as na antioxidante dietary fibre in sheep meat nuggets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v.26, n.6, p.886-895, 2013.

VIEIRA, G.S.; CAVALCANTI, R.N.; MEIRELES, M.A.A.; HUBINGER, M.D. Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). **Journal of Food Engineering**. v. 119, p. 196-204, 2013.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Effect off added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**. v.85, p.568-576, 2010.

VOSEN, E.; UTRERA, M.; DE SMET, S.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. **Meat Science**. v.92, p.451-457, 2012.

WAGH, R. V.; CHATLI, M. K.; RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E.; ERTBJERG, P. Effect of various phyto-extracts on physico-chemical, colour, and oxidative stability of pork frankfurters. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v.28, n.8, p.1178-1186, 2015.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 196-213, 2010.

WESTPHALEN, A. D.; BRIGGS, J. L.; LONERGAN, S. M. Influence of pH on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat induced gelation. **Meat Science**. v.70, p.293-299, 2005.

WITTE, V. C.; KRAUSE, G. F.; BAILEY, M. E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. **Journal of Food Science**. v.35, n.5, p.582-585, 1970.

YAN, V. Y.; BONE, D. E.; CARRIGTON, M. F. Antioxidant activity of dulce (*Palmaria palmate*) extract evaluated in vitro. **Food Chemistry**. v.91, n.3, p.485-494, 2005.

YANG, H. S.; JEONG, J. Y.; LEE, J-III, YUN, I. R.; JOO, S. T.; PARK, G. B. Effects of green tea extracts on quality characteristics and reduced nitrite content of emulsion type sausage during storage. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**. v.26, n.4, p.454-463, 2006. YANISHLIEVA-.MASLAROVA, N. V. Inhibiting oxidation. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M (Ed.). **Antioxidants in**

**food: Practical applications.** England: CRC: Wooshead Publishing Limited, p.22-70, 2001.

YU, H.; QIN, C.; ZHANG, P.; GE, Q.; WU, M.; WU, J.; WANG, M.; WANG, Z. Antioxidant effect of apple phenolic on lipid peroxidation in Chinese-style sausage. **Journal of Food Science and Technology.** v.52, n.2, p.1032-1039, 2015.

ZARGAR, F. A.; KUMAR, S.; BHAT, Z. F.; KUMAR, P. Effect of pumpkin on the quality characteristics and storage quality of aerobically packaged chicken sausages. **SpringerPlus.** v. 3, n.39, p.1-10, 2014.

ZIPSER, M. V.; WATTS, B. M. A modified 2- thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meat. **Food Technology.** v.16, n.7, p. 102-104, 1962.

## **APÊNCIDE**

## APÊNDICE A – Ficha de avaliação sensorial

<u>Nome:</u> _____		
Data: _____	Idade: _____	Sexo: (F) (M)
Por favor, avalie a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais da salsicha, dando notas de acordo com a escala abaixo. Ao final de cada avaliação, consuma um biscoito.		
<b>Código da amostra:</b>		
(9) Gostei extremamente.	Sabor	_____
(8) Gostei muito.	Aparência	_____
(7) Gostei moderadamente.	Cor	_____
(6) Gostei ligeiramente.	Textura	_____
(5) Indiferente.	Impressão global	_____
(4) Desgostei ligeiramente.		
(3) Desgostei moderadamente.		
(2) Desgostei muito.		
(1) Desgostei extremamente.		
Comentários: _____		

\*modificado de Reis e Minim (2010)

**APÊNDICE B** –Análise de Variância (ANOVA) das variáveis logo após processamento (t<sub>0</sub>)

**Tabela B-1** Resultado da Análise de Variância da composição centesimal das salsichas de frango logo após processamento

	<b>FORMULAÇÃO</b>	
	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Umidade</b>	2,0600 <sup>ns</sup>	0,2071
<b>Cinzas</b>	0,7380 <sup>ns</sup>	0,5669
<b>Lipídeos</b>	2,7170 <sup>ns</sup>	0,1375
<b>Proteínas</b>	0,2170 <sup>ns</sup>	0,8814

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela B-2** Resultado da Análise de Variância das propriedades de estabilidade da emulsão das salsichas de frango logo após processamento

	<b>FORMULAÇÃO</b>	
	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Porcentagem de Fluido exsudado</b>	4,7568 <sup>ns</sup>	0,0501
<b>Porcentagem de Gordura exsudada</b>	7,5275*	0,0186

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela B-3** Resultado da Análise de Variância dos atributos sensoriais das salsichas de frango logo após processamento

<b>ATRIBUTOS</b>	<b>FORMULAÇÃO</b>	
	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>COR</b>	1,34 <sup>ns</sup>	0,2611
<b>SABOR</b>	0,588 <sup>ns</sup>	0,6233
<b>APARÊNCIA</b>	1,38 <sup>ns</sup>	0,2485
<b>TEXTURA</b>	1,75 <sup>ns</sup>	0,1577
<b>IMPRESSÃO GLOBAL</b>	1,42 <sup>ns</sup>	0,2389

<sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**APÊNDICE C – Análise de Variância (ANOVA) e Análise de Regressão das variáveis por 45 dias a 4 °C**

**Tabela C-1** Resultado da Análise de Variância do pH das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

<b>Variável resposta</b>	<b>Fonte de variação</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
pH	Tempo	0,8 <sup>ns</sup>	0,5605
	Formulação	12,6*	0,0000
	Tempo X Formulação	0,3 <sup>ns</sup>	0,9849

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-2** Resultado da Análise de Variância das propriedades de cor das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

<b>Variável resposta</b>	<b>Fonte de variação</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
a*	Tempo	3,221*	0,0226
	Formulação	0,303 <sup>ns</sup>	0,8231
	Tempo X Formulação	0,146 <sup>ns</sup>	0,9995
b*	Tempo	8,35*	0,0001
	Formulação	47,94*	0
	Tempo X Formulação	0,25 <sup>ns</sup>	0,994
C*	Tempo	3,65*	0,0129
	Formulação	68,14*	0
	Tempo X Formulação	0,41 <sup>ns</sup>	0,9493
L*	Tempo	1,7 <sup>ns</sup>	0,1783
	Formulação	10,9*	0
	Tempo X Formulação	1 <sup>ns</sup>	0,4591
$\Delta E$	Tempo	0,3576 <sup>ns</sup>	0,8365
	Formulação	9,0635*	0,0092
	Tempo X Formulação	0,1825 <sup>ns</sup>	0,9915

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-3** Resultado da Análise de Regressão da coordenada a\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Regressão	2	28,01117	14,00559	6,82251203*	0,01049709
Independente da regressão	12	24,63419	2,052849		
Falta de ajuste	2	0,2077	0,103842	0,042512 <sup>ns</sup>	0,958551
Erro puro	10	24,4265	2,44265		
Total	14	52,64536	2,331811		

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-4** Resultado da Análise de Regressão da coordenada b\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Regressão	1	2,595738	2,595738	6,726111*	0,02228
Independente da regressão	13	5,016955	0,38592		
Falta de ajuste	3	0,0528	0,017613	0,03548 <sup>ns</sup>	0,990491
Erro puro	10	4,9641	0,496412		
Total	14	7,612693	0,543764		

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-5** Resultado da Análise de Regressão da coordenada C\* das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Regressão	1	1,968476	1,968476	8,88161166*	0,01063615
Independente da regressão	13	2,881259	0,221635		
Falta de ajuste	3	0,0835	0,02782	0,099436 <sup>ns</sup>	0,958512
Erro puro	10	2,7978	0,27978		
Total	14	4,749734	0,253552		

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-6** Resultado da Análise de Variância das propriedades de textura das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C.

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
Dureza (N)	Tempo	1,4954 <sup>ns</sup>	0,2229
	Formulação	11,1003*	0
	Tempo X Formulação	0,671 <sup>ns</sup>	0,7675
Coesividade	Tempo	0,5317 <sup>ns</sup>	0,7132
	Formulação	2,8269 <sup>ns</sup>	0,0514
	Tempo X Formulação	0,5523 <sup>ns</sup>	0,8654
Elasticidade (cm)	Tempo	1,115 <sup>ns</sup>	0,3639
	Formulação	2,696 <sup>ns</sup>	0,05946
	Tempo X Formulação	0,772 <sup>ns</sup>	0,6745
Mastigabilidade (N.cm)	Tempo	0,8036 <sup>ns</sup>	0,5306
	Formulação	9,2759*	0,0001
	Tempo X Formulação	0,3708 <sup>ns</sup>	0,9661

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-7** Resultado da Análise de Variância do teor de compostos fenólicos totais das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
Teor de Compostos fenólicos totais (mg EAG.100g <sup>-1</sup> )	Tempo	4,82*	0,0030
	Formulação	3,0159*	0,0417
	Tempo X Formulação	0,133 <sup>ns</sup>	0,9997

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-8** Resultado da Análise de Variância da atividade antioxidante (DPPH) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
Antioxidante DPPH (%)	Tempo	2,3 <sup>ns</sup>	0,0764
	Formulação	4,993*	0,0051
	Tempo X Formulação	0,148 <sup>ns</sup>	0,9995

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-9** Resultado da Análise de Variância da atividade antioxidante (ABTS) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
Antioxidante ABTS ( $\mu\text{mol Trolox.}100\text{g}^{-1}$ )	Tempo	4,82*	0,0030
	Formulação	3,0159*	0,0417
	Tempo X Formulação	0,133 <sup>ns</sup>	0,9997

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-10** Resultado da Análise de Regressão da atividade antioxidante (ABTS) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Regressão	2	87660,8191	43830,4096	4,0761023*	0,04458123
Independente da regressão	12	129036,235	10753,02		
Falta de ajuste	2	7340,7172	3670,359	0,301602 <sup>ns</sup>	0,74613
Erro puro	10	121695,518	12169,55		
Total	14	216697,054	12621,22		

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-11** Resultado da Análise de Variância do índice de oxidação lipídica (TBARS) das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
TBARS (mg malonaldeído.kg <sup>-1</sup> salsicha)	Tempo	1,2793 <sup>ns</sup>	0,2952
	Formulação	6,2411*	0,0015
	Tempo x Formulação	0,4427 <sup>ns</sup>	0,9348

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-12** Resultado da Análise de Variância do teor de nitrito residual das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

Variável resposta	Fonte de variação	F	p
Nitrito (mg nitrito de sódio.kg <sup>-1</sup> salsicha)	Tempo	3,511*	0,0156
	Formulação	22,926*	0
	Tempo X Formulação	0,081 <sup>ns</sup>	0,9999

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F

**Tabela C-13** Resultado da Análise de Regressão do teor de nitrito residual das salsichas de frango armazenadas por 45 dias a 4°C

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Regressão	2	539,525441	269,762721	5,55353916*	0,01961631
Independente da regressão	12	582,89898	48,57492		
Falta de ajuste	2	0,9177	0,458853	0,007884 <sup>ns</sup>	0,992153
Erro puro	10	581,9813	58,19813		
Total	14	1122,42442	58,7446		

\*significativo ( $p < 0,05$ ) pelo Teste F; <sup>ns</sup> não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo Teste F