



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos**

**UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE AÇAÍ MICROENCAPSULADO COM POTENCIAL  
ANTIOXIDANTE EM LINGUIÇA FRESCAL**

**ALINNE KARLA DOS SANTOS**

Maringá

2024

**ALINNE KARLA DOS SANTOS**

**“UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE AÇAÍ MICROENCAPSULADO COM  
POTENCIAL ANTIOXIDANTE EM LINGUIÇA FRESCAL”.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.



---

**Profa. Dra.** Raquel Guttierres Gomes



---

**Profa. Dra.** Ana Paula Qites Larrosa



---

**Profa. Dra.** Andresa Carla Feihmann  
**Orientadora**

Maringá – 2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S237u

Santos, Alinne karla dos

Utilização do óleo de açaí microencapsulado com potencial antioxidante em linguiça frescal : / Alinne karla dos Santos. -- Maringá, PR, 2024.  
36 f. : figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Andresa Carla Feihrmann .  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2024.

1. Linguiça frescal - Óleo de açaí microencapsulado. 2. Óleo de açaí microencapsulado - Potencial antioxidante. 3. Análises microbiológicas. 4. Análise sensorial . 5. Análises físico- químicas. I. Feihrmann , Andresa Carla, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDD 23.ed. 664.9

Jane Lessa Monção - CRB 9/1173

**Orientadora**

Andresa Carla Feihmann

## **BIOGRAFIA**

Alinne Karla dos Santos nasceu em dez de fevereiro de mil novecentos e setenta e oito na cidade de Palmitos no Estado de Santa Catarina.

Possui graduação em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal (UTFPR) finalizada no ano de 2002.

Possui especialização em Processamento e Controle de Qualidade Carne, Leite, Ovos e Pescado (UFLA) finalizada em 2004.

Tem experiência nas áreas de qualidade e desenvolvimento de produtos alimentícios atuando principalmente nos seguintes temas: embutidos cárneos, carnes em salmoura, cortes temperados, implantação de programas de Gestão da Qualidade (Programas de Autocontrole, Manuais de Boas Práticas, APPCC, POP's, documentos correlatos e outros), desenvolvimento de rótulos e formulações de alimentos.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, a Capes e ao CNPq, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência e de Alimentos pela bolsa de estudos concedida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pelos ensinamentos, em especial a minha orientadora Andresa Carla Feihrmann, pela disposição em me orientar e apoiar, e principalmente pela compreensão e empatia diante das dificuldades que tive durante o percurso do Mestrado.

Aos colegas da Pós-Graduação pela disponibilidade de compartilhar e ensinar as metodologias e a utilizar equipamentos.

A toda a minha família que sempre esteve torcendo por mim, com apoio, amor e orações!

A mim, pela coragem e vontade em sempre querer adquirir conhecimento. Unicamente a Ele, Deus-Pai, Deus-Filho, Deus-Espírito-Santo, meu Senhor!

## **APRESENTAÇÃO**

**Esta dissertação de mestrado está apresentada na forma de um artigo científico submetido a revista LWT- Food Science and Technology- A1**

### **UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE AÇAÍ MICROENCAPSULADO COM POTENCIAL ANTIOXIDANTE EM LINGUIÇA FRESCAL**

Alinne Karla dos Santos, Natallya Marques da Silva, Marcos Antonio Matiucci, Annecler Rech de Marins, Talita Aparecida Ferreira de Campos, Lainy Waleska de Brito Sodré, Rogério Aleson Dias Bezerra, Claudete Regina Alcalde, Andresa Carla Feihrmann.

## RESUMO GERAL

### Introdução

O cenário atual dos consumidores está incentivando a necessidade de produzir alimentos processados com a menor adição de aditivos sintéticos, que são prejudiciais a saúde humana. Como consequência disso, os óleos de plantas e frutas com potencial antimicrobiano e antioxidante ganham uma nova tendência de uso no mercado alimentício.

Antioxidantes são definidos como compostos que inibem ou diminuem a oxidação causada por radicais livres e compostos oxidantes, sendo esta reação um desequilíbrio resultante do desbalanceamento entre compostos antioxidantes e compostos oxidativos (Morais et al., 2009; Del Ré & Jorge, 2012). Uma fonte de interesse comercial são os óleos de plantas e frutas, cujo mesmos possuem potencial antioxidante. Del Ré & Jorge (2012) ao trabalharem com especiarias como antioxidantes naturais, encontraram diversos compostos antioxidantes de diferentes grupos, como diferentes fenólicos, ácidos fenólicos e fenilpropanóides.

A capacidade antioxidante do fruto açaí e seus derivados têm gerado grande interesse na área acadêmica destacando o óleo e seu possível papel como alimento ou ingrediente alimentar (Coisson, Travaglia, Piana, Capasso, & Arlorio, 2005; Jensen et al., 2008; Mertens Talcott et al., 2008 ; Pozolnsfran, Percival, & Talcott, 2006; Ribeiro et al., 2010; Schreckinger, Lotton, Lila, & Mejia, 2010). A composição nutricional do açaí tem sido estudada com grande frequência devido a necessidade do mercado da indústria alimentícia em produzir alimentos com características mais saudáveis (Rufino, Alves, Brito, Silveira, & Moura, 2009; Rufino et al., 2010). As antocianinas, e outros flavonoides são os principais fitoquímicos do açaí liofilizado (Schauss et al., 2006) e alguns trabalhos tratam da capacidade antioxidante da polpa do açaí (Souza et al., 2009; Rufino, Alves, Brito, Perez-Jimezes, & Saura-Calixto, 2009; Rufino, Fernandes, Alves, & Brito, 2009; Rufino et al., 2010).

### Objetivos

Elaborar linguças frescas com carne suína e inclusão de óleo de açaí microencapsulado bem como avaliação do potencial antioxidante do óleo e avaliar as características sensoriais, microbiológicas, análise de cor, textura e análises físico-químicas das linguças durante o período de 90 dias de armazenamento.

### Material e métodos

O óleo de açaí da marca Santo Óleo foi microencapsulado seguindo o procedimento proposto por Rather et al. (2017). O óleo de açaí foi encapsulado utilizando uma solução de 100 ml de alginato de sódio como meio encapsulante previamente diluído em água destilada (3%) e misturado com um agitador magnético sob aquecimento até completa dissolução. A solução de alginato foi então resfriada a 25 °C e logo após foi adicionado 10 mL de óleo de açaí. Após o preparo do material encapsulante o mesmo foi gotejado em uma solução de CaCl<sub>2</sub> ( 5,5 g de CaCl<sub>2</sub> e 100 mL de água destilada). As microcápsulas foram mantidas a 25 °C por 30 minutos para garantir a solidificação completa, e então, foram separadas por filtração através de filtro de papel e após encaminhadas para o processo de liofilização por 48 h (L108, Liobras). Após as microcápsulas foram armazenadas em frascos âmbar e mantidas em freezer -18 ± 2 °C até o momento das análises (Romanini et al., 2021). A linguça foi preparada seguindo as normas de boas práticas de fabricação com os seguintes ingredientes: carne suína moída (pernil), toucinho, microcápsulas de óleo de açaí e sal. Foram elaborados 3 tratamentos e a formulação controle (formulação sem óleo). Foram adicionadas as seguintes quantidades de óleo de açaí microencapsulado: T1:1,5g/kg , T2:2,5g/kg e T3:3,5g/kg. As análises microbiológicas realizadas foram: coliformes totais (NMP), contagem de bactérias lácticas viáveis ( UFC/g ) , bactérias psicrotóxicas (UFC/g) e de Salmonella ssp. (Downes e Ito 2001). Os compostos fenólicos totais (PT), foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu. A quantidade



50 total de compostos fenólicos foi calculada a partir da curva de calibração padrão usando ácido gálico  
51 e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (GAE)/g de óleo de açaí.  
52 (Pierpoint, 2004). A capacidade antioxidante pelo método de redução de ferro - FRAP (Pulido,  
53 Bravo, & Saura-Calixto, 2000). A avaliação da atividade antioxidante do óleo , foi baseado na  
54 medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm, por  
55 espectrofotometria (Kulisic et al., 2004) e pelo método de captura do cátion radical livre ABTS  
56 conforme descrição de metodologia proposta por Rufino et al. (2007), expresso em  $\mu\text{M TE.g}^{-1}$ . A  
57 determinação dos teores de umidade e cinzas foram de acordo com a metodologia da Association  
58 of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997). Os teores de proteína avaliados pelo método de  
59 semi-micro Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002). A extração dos lipídios pelo método de Bligh & Dyer  
60 (1959). O pH das amostras foi mensurado através de phmetro digital portátil (Hanna, HI-99163,  
61 Romania). A Aw foi determinada em temperatura ambiente (25 °C), utilizando medidor de atividade  
62 de água Aqualab 4TE (Meter Group, USA). A cor das amostras foi avaliada utilizando o colorímetro  
63 portátil CR-400 Konica Minolta e foram avaliados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . As análises de  
64 oxidação lipídica foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raharjo et al. (1992)  
65 e modificado por Wang et. al. (2002). As análises de oxidação proteica foram realizadas de acordo  
66 com o método descrito por Levine (1990). Os lipídios totais foram transmetilados de acordo com o  
67 método de Hartman e Lago (1973). A análise sensorial foi realizada com 10 provadores pré-  
68 treinados. Para a análise sensorial foi fornecida 40 g de cada amostra, juntamente com água para a  
69 limpeza das papilas e uma ficha para análise sensorial. Avaliou-se os atributos de acordo com a  
70 metodologia proposta por Dutcosky (2011). Também, foi avaliada a intenção de compra  
71 empregando-se os procedimentos descritos para análise sensorial por (Meilgaard et al., 1999).

72

## 73 **Resultados**

74 Os valores de FRAP, DPPH, ABTS foram superiores para o óleo essencial de açaí do que os valores  
75 encontrados em estudos com óleo de alecrim. Em relação a composição centesimal, todos os  
76 tratamentos ficaram no limite de umidade solicitada pela legislação. Os valores de pH não  
77 apresentaram diferença significativa ao nível de 5%. A Aw apresentou o mesmo comportamento  
78 que o pH para todos os tratamentos. Os valores microbiológicos estavam dentro dos padrões  
79 exigidos pela legislação brasileira. Em relação a oxidação lipídica as médias de todos os tratamentos  
80 foram iguais estatisticamente. O tratamento T3 apresentou a menor oxidação proteica ao longo do  
81 período de armazenamento o que pode estar associado a maior concentração de óleo de açaí. Não  
82 houve diferença para a  $L^*$  e croma  $b^*$ , porém o óleo de açaí teve influência na coordenada  $a^*$ . Em  
83 relação aos ácidos graxos, o que foi encontrado em maior concentração foi o ácido oleico que é um  
84 óleo monoinsaturado. Os tratamentos foram sensorialmente bem avaliados para todos os  
85 parâmetros, bem como a intenção de compra.

86

## 87 **Conclusão**

88 Através dos resultados é possível concluir que todos os tratamentos com óleo de açaí  
89 microencapsulado apresentaram resultado satisfatório, sendo uma boa alternativa para substituição  
90 de antioxidantes artificiais, pois além de apresentar um ótimo perfil nutricional e sensorial, contribui  
91 para o aumento da produção de produtos mais saudáveis.

92

93

94 **Palavras-chave:** óleo vegetal, embutidos cárneos, compostos antioxidantes.

95 .

96

97

## GENERAL ABSTRACT

99  
100

### 101 **Introduction**

102 The current consumer scenario is encouraging the need to produce processed foods with the least  
103 addition of synthetic additives that are harmful to human health. Because of this, plant and fruit oils  
104 with antimicrobial and antioxidant potential are gaining a new trend of use in the food market.

105 Antioxidants are defined as compounds that inhibit or reduce oxidation caused by free radicals and  
106 oxidizing compounds, this reaction being an imbalance resulting from the imbalance between  
107 antioxidant compounds and oxidative compounds (Morais et al., 2009; Del Ré & Jorge, 2012). A  
108 source of commercial interest are plant and fruit oils, which have antioxidant potential. Del Ré &  
109 Jorge (2012), when working with spices as natural antioxidants, found several antioxidant  
110 compounds from different groups, such as phenolic diterpenes, phenolic acids and  
111 phenylpropanoids.

112 Recently, the antioxidant capacity of the açai fruit and its derivatives has generated great interest,  
113 such as oil and its possible role as a food or food ingredient (Coisson, Travaglia, Piana, Capasso, &  
114 Arlorio, 2005; Jensen et al., 2008; Mertens Talcott et al., 2008; PozoInsfran, Percival, & Talcott,  
115 2006; Ribeiro et al., 2010; Schreckinger, Lotton, Lila, & Mejia, 2010). The nutritional composition  
116 of açai has been studied with great frequency due to the need of the food industry market to produce  
117 foods with healthier characteristics (Rufino, Alves, Brito, Silveira, & Moura, 2009; Rufino et al.,  
118 2010). Anthocyanins and other flavonoids are the main phytochemicals in freeze-dried açai  
119 (Schauss et al., 2006) and some studies deal with the antioxidant capacity of açai pulp (Souza et al.,  
120 2009; Rufino, Alves, Brito, Perez-Jimezes, & Saura-Calixto, 2009; Rufino, Fernandes, Alves, &  
121 Brito, 2009; Rufino et al, 2010).

122

### 123 **Objective**

124 Prepare fresh sausages with pork and inclusion of microencapsulated açai oil as well as evaluate  
125 their sensory, microbiological, physical-chemical characteristics during the 90-day period of  
126 storage and evaluation of the antioxidant potential of açai oil.

### 127 **Material and methods**

128 Açai oil (brand) was microencapsulated following the procedure proposed by Rather et al. (2017).  
129 Açai oil was encapsulated in sodium alginate, previously dissolved in distilled water (3%) and  
130 mixed with a magnetic stirrer under heating until complete dissolution. The alginate solution was  
131 then cooled to 25 °C and then 10 mL of açai oil was added. After preparing the encapsulation  
132 material, it was added via a syringe with a needle, drop by drop into a CaCl<sub>2</sub> solution (5.5 g of  
133 CaCl<sub>2</sub> and 100 mL of distilled water). The microcapsules were kept at 25 °C for 30 minutes to  
134 ensure complete solidification, and then they were separated by filtration through a paper filter and  
135 then sent to the freeze-drying process for 48 h (L108, Liobras). Afterwards, the microcapsules were  
136 stored in amber bottles and kept in a -18 ± 2 °C freezer until analysis (Romanini et al., 2021). The  
137 sausage was prepared following good manufacturing practice standards with the following  
138 ingredients: ground pork (ham), bacon, açai oil microcapsules and salt. Three treatments and the  
139 control formulation (oil-free formulation) were developed. The following amounts of  
140 microencapsulated açai oil were added: T1:1.5g/kg, T2:2.5g/kg and T3:3.5g/kg. The  
141 microbiological analyzes carried out were: total coliforms (NMP), viable lactic acid bacteria count  
142 (CFU/g), psychrotrophic bacteria (CFU/g) and Salmonella ssp. (Downes and Ito 2001). Total  
143 phenolic compounds (TP) were determined using the Folin-Ciocalteu method (Pierpoint, 2004).  
144 Antioxidant capacity by the iron reduction method - FRAP (Pulido, Bravo, & Saura-Calixto, 2000).  
145 The determination of moisture and ash contents was in accordance with the methodology of the  
146 Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997). Protein content assessed using the

147 semi-micro Kjeldahl method (Silva & Queiroz, 2002). Extraction of lipids using the method of Bligh  
148 & Dyer (1959). The pH of the samples was measured using a portable digital pH meter (Hanna, HI-  
149 99163, Romania). Aw was determined at room temperature (25 °C), using an Aqualab 4TE water  
150 activity meter (Meter Group, USA). The analyzes were carried out on days 0, 45 and 90 from the  
151 date of preparation. The color of the samples was evaluated using the CR-400 Konica Minolta  
152 portable colorimeter and the parameters L\*, a\* and b\* were evaluated. Lipid oxidation analyzes  
153 were performed according to the methodology described by Raharjo et al. (1992) and modified by  
154 Wang et. al. (2002). Protein oxidation analyzes were performed according to the method described  
155 by Levine (1990). Total lipids were transmethylated according to the method of Hartman and Lago  
156 (1973). Sensory analysis was carried out with 10 pre-trained tasters. For sensory analysis, 40 g of  
157 each sample was provided, along with water to clean the papillae and a form for sensory analysis.  
158 The attributes were evaluated according to the methodology proposed by Dutcosky (2011). Also,  
159 purchase intention was assessed using the procedures described for sensory analysis by (Meilgaard  
160 et al., 1999).

161

## 162 **Results**

163 The values of FRAP, DPPH, ABTS were higher for açai essential oil than the values found in studies  
164 with rosemary oil. In relation to the proximate composition, all treatments were within the humidity  
165 limit requested by legislation. All treatments presented statistically equal final and initial pH values.  
166 Aw showed the same behavior as pH for all treatments. The microbiological values were within the  
167 standards required by Brazilian legislation. In relation to lipid oxidation, the means of all treatments  
168 were statistically equal, remaining within the standard established by legislation. Treatment T3  
169 showed the lowest protein oxidation throughout the storage period, which may be associated with a  
170 higher concentration of açai oil. There was no difference in luminosity, but açai oil had an influence  
171 on the a\* coordinates. In relation to fatty acids, the one found in the highest concentration was oleic  
172 acid, which is a monounsaturated oil. The treatments were sensorially well evaluated for all  
173 parameters, as well as purchase intention.

174

175

## 176 **Conclusion**

177 Through the results, it is possible to conclude that all treatments with microencapsulated açai oil  
178 presented satisfactory results, being a good alternative for replacing artificial antioxidants, as in  
179 addition to presenting an excellent nutritional and sensorial profile, it contributes to the increase in  
180 the production of healthier products.

181

182 **Keywords:** vegetable oil, meat sausages, antioxidant compounds

183

184

185

186

187

188

189

190

191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226

## UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE AÇAÍ MICROENCAPSULADO COM POTENCIAL ANTIOXIDANTE EM LINGUIÇA FRESCAL

Alinne Karla dos Santos<sup>a</sup>, Natallya Marques da Silva <sup>a</sup>, Marcos Antonio Matiucci <sup>a</sup>, Annecler Rech de Marins <sup>a</sup>, Talita Aparecida Ferreira de Campos <sup>a</sup>, Lainy Waleska de Brito Sodré<sup>c</sup>, Rogério Aleson Dias Bezerra<sup>d</sup>, Claudete Regina Alcalde<sup>d</sup>, Andresa Carla Feihrmann<sup>abc</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, PPC – Universidade Estadual de Maringá – CEP: 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.

<sup>b</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos, DAL– Universidade Estadual de Maringá – CEP: 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.

<sup>c</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, PEG – Universidade Estadual de Maringá – CEP: 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.

<sup>d</sup> Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, PPZ – Universidade Estadual de Maringá – CEP: 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.

**Resumo:** Avaliou-se o efeito do uso de óleo de açaí microencapsulado em linguiças frescas de carne suína. Para isso elaborou-se 4 tratamentos: C: sem adição de óleo de açaí, T1: com adição de 1,5g/kg de óleo de açaí, T2: com adição de 2,5g/kg de óleo de açaí, T3: com adição de 3,5g/kg de óleo de açaí. As linguiças apresentaram características tecnológicas e físico-químicas adequadas, além de contagem microbiológica dentro dos padrões. Em relação a oxidação lipídica não houve diferença entre os tratamentos. O tratamento T3 apresentou a menor oxidação proteica ao longo do período de armazenamento o que pode estar associado a maior concentração de óleo de açaí. Não houve diferença para L\*, porém o óleo de açaí teve influência nas coordenadas a\*. Em relação aos ácidos graxos, o que foi encontrado em maior concentração foi o ácido oleico que é um óleo monoinsaturado. Os tratamentos foram sensorialmente bem avaliados para todos os parâmetros, bem como a intenção de compra.

Palavras-chave: óleo vegetal, embutidos cárneos, compostos antioxidantes.

## 227 **1. Introdução**

228 O alto consumo de produtos cárneos associado ao aumento significativo da população  
229 mundial e as preocupações com qualidade dos alimentos geraram desafios importantes para a  
230 indústria de alimentos, especialmente no setor de carnes, para produzir produtos mais saudáveis  
231 (Belucci et al., 2022). De acordo com Teixeira e Rodrigues (2021), os consumidores estão mais  
232 exigentes com a qualidade dos produtos cárneos e as percepções em relação a produtos mais  
233 saudáveis envolvem fatores como composição físico-química, qualidade nutricional, propriedades  
234 sensoriais e novos ingredientes.

235 Desenvolver e fabricar produtos cárneos mais saudáveis é uma tarefa complexa que envolve  
236 também preservar a qualidade do produto. Um fator que tem grande influência na qualidade da carne  
237 e dos produtos derivados é a deterioração oxidativa (Munekata et al., 2020). As reações oxidativas  
238 causam alteração de cor, afetam sabor e aroma, o que leva à rejeição do consumidor. Outros efeitos  
239 que ocorrem são a produção de compostos tóxicos e a redução da qualidade nutricional (Amaral, da  
240 Silva, & da Lannes, 2018; Lorenzo, Trindade, Ahn, & Barba, 2019).

241 A qualidade nutricional dos produtos cárneos é um fator importante, que pode ser reduzida  
242 devido a reações que ocorrem com a oxidação lipídica, como perdas de vitaminas, ácidos graxos  
243 essenciais e aminoácidos essenciais (Domínguez et al., 2019). Em produtos cárneos processados, a  
244 oxidação lipídica pode aumentar, pois com o processo de moagem da carne ocorre à ruptura da  
245 membrana expondo os fosfolipídios ao oxigênio, acelerando o processo de rancidez oxidativa. Desta  
246 forma, a aplicação de compostos antioxidantes de certas matrizes vem sendo estudadas para reduzir  
247 estas reações químicas.

248 A capacidade antioxidante do fruto açaí e seus derivados têm gerado grande interesse como  
249 por exemplo o óleo e seu possível papel como alimento ou ingrediente alimentar (Coïsson,  
250 Travaglia, Piana, Capasso, & Arlorio, 2005; Jensen et al., 2008; Mertens et al., 2008 ; PozoInsfran,  
251 Percival, & Talcott, 2006; Ribeiro et al., 2010; Schreckinger, Lotton, Lila, & Mejia, 2010). A  
252 composição nutricional do açaí é estudada com grande frequência devido a necessidade do mercado  
253 da indústria alimentícia em produzir alimentos com características mais saudáveis (Rufino, Alves,  
254 Brito, Silveira, & Moura, 2009; Rufino et al., 2010). As antocianinas, e outros flavonoides são os  
255 principais fitoquímicos do açaí liofilizado (Schauss et al., 2006) e alguns trabalhos tratam da  
256 capacidade antioxidante da polpa do açaí (Souza et al., 2009; Rufino , Alves, Brito, Perez-Jimezes,  
257 & Saura-Calixto, 2009; Rufino, Fernandes, Alves, & Brito, 2009; Rufino et al, 2010).

258 A busca por produtos mais saudáveis tem levado diversos segmentos industriais a  
259 direcionarem seus esforços no desenvolvimento de novas tecnologias que atendam às demandas de  
260 mercado e que aumentem a viabilidade econômica e tecnológica de determinados produtos

261 (Nedovic et al., 2011). As técnicas de microencapsulação têm sido um dos principais exemplos  
262 dessas tecnologias, sendo utilizadas com grande frequência em compostos com propriedades  
263 bioativas, permitindo sua liberação em taxas controladas e em condições específicas (Desai & Jin-  
264 Park, 2005). No presente estudo o objetivo da utilização do método é preservar os compostos  
265 bioativos do óleo de açaí na produção da linguiça frescal.

266 Entre as metodologias de microencapsulação, a técnica de gelificação iônica é considerada  
267 um método simples, barato e rápido, na qual ocorre a interação entre um polímero aniônico com  
268 íons de cálcio, em condições brandas de temperatura utilizando polissacarídeos com baixa ou  
269 nenhuma toxicidade, com objetivo de formar hidrogéis (Burey et al., 2008; Schoubben et al., 2010;  
270 Ré; Santana; Ávila, 2010). Tecnicamente, no final do processo, ocorrerá uma ligação cruzada entre  
271 um polieletrólito e um contra íon, formando uma estrutura de malha tridimensional (Thies, 1995;  
272 Ré, 2000.)

273 Diante da possibilidade do óleo de açaí microencapsulado poder atuar como agente inibidor  
274 de reações oxidativas a fim de preservar produtos cárneos, o presente trabalho teve como objetivo  
275 utilizar o óleo de açaí microencapsulado em linguiça suína frescal como substituto de antioxidantes  
276 sintéticos, bem como avaliar as características microbiológicas, físico-químicas, oxidação lipídica  
277 e proteica e análise sensorial do produto.

278

## 279 **2. Material e Métodos**

280 O óleo de açaí utilizado é da marca Santo Óleo Naturais LTDA ME com sede localizada na  
281 cidade de Gaspar, Santa Catarina, Brasil, sendo o procedimento de extração realizado através da  
282 prensa a frio da polpa de açaí. A carne suína, o toucinho, o sal e a tripa suína utilizados foram  
283 adquiridos no comércio local na cidade de Marialva – PR.

284

### 285 **2.1. Análise de compostos fenólicos, e atividade antioxidante do óleo de açaí pelos métodos de** 286 **FRAP, DPPH e ABTS**

287 Para determinação dos compostos fenólicos totais (PT), foi utilizado o método de Folin-  
288 Ciocalteu. A quantidade total de compostos fenólicos foi calculada a partir da curva de calibração  
289 padrão usando ácido gálico e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico  
290 (GAE)/g de óleo essencial de açaí (Pierpoint, 2004).

291 A capacidade antioxidante pelo método de redução de ferro foi realizada misturando os  
292 extratos da amostra com o reagente FRAP (Pulido et al., 2000). A avaliação da atividade  
293 antioxidante do óleo essencial, foi baseado na medida da extinção da absorção do radical 2,2-difenil-

294 1-picril hidrazil (DPPH) em 515 nm, por espectrofotometria (Kulisic et al., 2004) e pelo método de  
295 captura do cátion radical livre ABTS conforme descrição de metodologia proposta por Rufino et al.  
296 (2007), expresso em  $\mu\text{M TE.g}^{-1}$ .

297

## 298 **2.2 Microencapsulação do óleo**

299 O óleo foi microencapsulado seguindo o procedimento proposto por Rather et al. (2017). O  
300 óleo de açaí foi encapsulado em uma solução de 100 ml alginato de sódio que foi previamente  
301 dissolvido em água destilada (3%) e misturado com um agitador magnético sob aquecimento até  
302 completa dissolução. A solução de alginato foi então resfriada a 25 °C e logo após foi adicionado  
303 10 mL de óleo de açaí. Após a preparação do material de encapsulamento, o mesmo foi adicionado  
304 através do método de gotejamento em uma solução de  $\text{CaCl}_2$  ( 5,5 g de  $\text{CaCl}_2$  e 100 mL de água  
305 destilada). As microcápsulas foram mantidas a 25 °C por 30 minutos para garantir a solidificação  
306 completa e então filtradas através de filtro de papel e após encaminhadas para o processo de  
307 liofilização por 48 h (L108, Liobras). Após obtenção das microcápsulas, as mesmas foram  
308 armazenadas em frascos âmbar e mantidas em freezer  $-18 \pm 2$  °C até o momento das análises  
309 (Romanini et al., 2021).

310

## 311 **2.3 Elaboração das linguças frescas**

312 As linguças frescas foram preparadas no laboratório de Engenharia de Alimentos do Bloco  
313 O27, na Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, seguindo as normas de boas práticas de  
314 fabricação.

315 Na Tabela 1 é possível observar a formulação utilizada para os tratamentos.

316

317

318

319 Tabela 1. Formulação das linguças com inclusão de microcápsulas de óleo de açaí (g/kg de linguça).

Ingredientes	Tratamentos			
	C	T1	T2	T3
Carne suína	1000g	1000g	1000g	1000g
Toucinho	125g	125 g	125 g	125 g
Sal	15g	15g	15g	15g
Microcápsulas				
óleo de açaí	0g	1,5g	2,5g	3,5g

320

321 Para o processamento das linguiças frescas, foram utilizadas carne suína e toucinho moídos.  
322 Os demais ingredientes foram misturados à carne e gordura conforme as proporções apresentadas  
323 na Tabela 1. Foram desenvolvidos quatro tratamentos: controle (C) sem adição de microcápsula de  
324 óleo de açaí ; T1 com 1,5g/kg de microcápsula de óleo de açaí; T2 com 2,5g/kg de microcápsula de  
325 óleo de açaí e T3 com 3,5g/kg de microcápsula de óleo de açaí.

326 Após a mistura, a massa foi envasada em tripa natural suína (Canova, calibre 30 mm),  
327 previamente hidratada em água. Em seguida, a massa foi dividida em porções de 10 cm de  
328 comprimento, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em temperatura de congelamento  
329 (-18 °C) por 90 dias. Todo o experimento foi realizado em triplicata com intervalo de 0 , 45 e 90  
330 dias. Antes de todas as análises, as linguiças dos dias 45 e 90 foram descongeladas por 12 horas em  
331 refrigerador doméstico ( $\pm 7$  °C).

332

#### 333 **2.4 Composição centesimal das linguiças frescas**

334 Foram realizadas análises para determinação de teores de umidade e cinzas de acordo com  
335 a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997). Os teores de proteína  
336 avaliados pelo método de semi-micro Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002). A extração dos lipídios foi  
337 realizada segundo adaptação do método citado por Bligh & Dyer (1959) utilizando-se uma mistura  
338 de clorofórmio, metanol e água em proporção de 2:2:1,8 (v/v/v), respectivamente. As análises foram  
339 realizadas sete dias após a elaboração das linguiças e em triplicata.

340

341

#### 342 **2.5 Análise de colorimetria das linguiças frescas**

343 A cor das amostras foi avaliada utilizando o colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's,  
344 (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-average). Foram realizadas três leituras  
345 na amostra em temperatura ambiente, e os resultados expressos pelos parâmetros L\* (que representa  
346 a porcentagem de luminosidade, onde preto 0%, e branco 100%), a\* (componente vermelho-verde)  
347 e b\* (componente amarelo-azul) pelo sistema de cor CIELAB.

348

#### 349 **2.6 Análises físico-químicas das linguiças frescas**

350 O pH das amostras foi mensurado através do phmetro digital portátil (Hanna, HI-99163,  
351 Romania) equipado com uma sonda de superfície para contato direto com a amostra e calibrado  
352 antes e após cada medição usando padrões de pH 4.0, 7.0 e 10.0. A Aw foi determinada em  
353 temperatura ambiente (25 °C), utilizando medidor de atividade de água Aqualab 4TE (Meter Group,  
354 USA). As análises foram realizadas nos dias 0, 45 e 90 de armazenamento.



355

## 356 **2.7 Análises microbiológicas das linguças frescas**

357 Foram realizadas as análises microbiológicas para o número mais provável (NMP) de  
358 coliformes totais, contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e bactérias psicrotróficas em  
359 unidade formadora de colônia (UFC)/grama e de *Salmonella* sp, de acordo com Downes e Ito  
360 (2001).

361

## 362 **2.8 Oxidação lipídica e proteica das linguças frescas**

363 A análise de oxidação lipídica foi realizada de acordo com a metodologia descrita por  
364 Raharjo et al. (1992), modificado por Wang et. al. (2002). Foram adicionados 0,5 mL de BHT (di-  
365 terc-butil metil fenol) 0,5% em um tubo contendo 5 g de amostra. Posteriormente, foram  
366 adicionados 18 mL de TCA (ácido tricloroacético) 5% e realizada a filtração. Em uma alíquota de  
367 2 mL do filtrado foram adicionados 2 mL de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico) 0,08 M e a reação foi  
368 conduzida em banho-maria a 80 °C por 40 min. Após a finalização da reação foi realizada a leitura  
369 em espectrofotômetro (Agilent UV-8553) a 531 nm. A quantificação foi realizada frente a uma  
370 curva padrão ( $1 \cdot 10^{-8}$  a  $10 \cdot 10^{-8}$  mol/mL) de solução de tetraetoxipropane (TEP). Os resultados foram  
371 expressos em miligramas de malonaldeído por quilograma de amostra. As análises foram avaliadas  
372 nos dias 0, 45 e 90 e todas as análises foram realizadas em triplicata.

373 A análise de oxidação proteica foi realizada de acordo com o método descrito por Levine  
374 (1990) e o conteúdo de carbonil foi calculado a partir da absorbância a 370 nm, dividida pelo  
375 coeficiente de extinção para hidrazonas alifáticas ( $22 \text{ L nmo l cm}^{-1}$ ) e expresso em nmol de carbonil  
376 mg-1 de proteína. As análises foram realizadas nos dias 0, 45 e 90 e foram realizadas em triplicata.

377

## 378 **2.9 Determinação do perfil de ácidos graxos das linguças frescas**

379 Os lipídios totais foram transmetilados de acordo com o método de Hartman e Lago (1973).  
380 Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FA) foram separados em um cromatógrafo a gás Varian 3380,  
381 equipado com um detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida Select FAME  
382 CP-7420 (100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25  $\mu\text{m}$  de cianopropil). O  
383 hidrogênio foi usado como gás de arraste a uma taxa de fluxo de 1,0 mL/min, 30 mL/min de  $\text{N}_2$   
384 como gás de compensação; 30 e 300 mL/min de  $\text{H}_2$  e ar sintético no detector de chamas. O volume  
385 injetado foi de 0,2  $\mu\text{L}$ , na proporção de divisão de 1:80, as temperaturas do injetor e do detector  
386 foram de 220 e 240 °C, respectivamente, enquanto a temperatura da coluna foi de 165 °C por 18  
387 min, aumentando então para 235 °C a uma taxa de 4 °C/min, permanecendo nessa temperatura por  
388 24,5 min. A identificação dos ácidos graxos foi feita comparando os tempos de retenção com os

389 padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma), e a quantificação foi baseada na área relativa  
390 do padrão interno de éster metílico C23:0 (tricosanoato de metila). Os resultados foram expressos  
391 em g/100 g de ácidos graxos e as determinações foram avaliadas no dia 45 de armazenamento.  
392 Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

393

## 394 **2.10 Análise perfil de textura das linguiças frescas**

395 A análise do perfil de textura foi realizada de acordo com Bourne (1978). As amostras de  
396 linguiça frescal foram embaladas em papel alumínio e assadas em forno elétrico até atingirem  
397 temperatura interna de 73 °C. As amostras foram resfriadas à temperatura ambiente (25 °C), cortadas  
398 em cilindros de 2 cm e comprimidas duas vezes até 50% de seu tamanho usando uma sonda de 36  
399 mm (Probe P/36R) em analisador de textura (TAXT2, Stable Micro). Os parâmetros analisados  
400 foram: dureza (N) , coesividade, adesividade (J), elasticidade (m) e mastigabilidade (N/m).

401

## 402 **2.11 Análise sensorial das linguiças frescas**

403 A análise sensorial foi realizada 15 dias após a elaboração das linguiças, sendo as amostras  
404 oferecidas a 10 provadores treinados. Para a análise sensorial foi fornecida 40 g de cada amostra  
405 juntamente com água para a limpeza das papilas e uma ficha para análise sensorial. Avaliou-se os  
406 atributos de aroma, cor, sabor, textura, aparência e aceitação geral de acordo com a metodologia  
407 proposta por Dutcosky (2011). Também, foi avaliada a intenção de compra empregando os  
408 procedimentos descritos para análise sensorial por (Meilgaard et al., 1999; Damásio & Silva et al.,  
409 1996). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética Humana (Copep) da Universidade Estadual  
410 de Maringá (Paraná, Brasil) sob número de protocolo 68990623.5.0000.0104.

411

## 412 **2.12 Análise estatística**

413 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3  
414 (tratamentos x tempos = 0, 45 e 90 dias), para as características de cor, textura, pH, atividade de  
415 água e para a oxidação proteica e lipídica das linguiças, os dados foram submetidos à análise de  
416 variância, e comparadas pelo teste de Tukey, em um nível de 5% de probabilidade, o fator  
417 quantitativo com interação entre os fatores tempo e tratamento, utilizando o software SISVAR. Para  
418 a análise microbiológica foram utilizadas três amostras por tratamento para cada dia de coleta, para  
419 composição centesimal foram avaliados 4 tratamentos em triplicata, e para o perfil lipídico foram  
420 utilizados 4 tratamentos, 2 repetições e amostras em triplicata.

421

## 422 **3. Resultados e discussão**

### 423 3.1 Análise de composto fenólicos e atividade antioxidante do óleo de açaí

424 Os antioxidantes sintéticos têm como objetivo retardar a oxidação dos alimentos (ANVISA,  
425 1997), entretanto, o seu uso é restrito por apresentar toxicidade e risco a saúde humana (Boroski et  
426 al., 2015). Em contrapartida, de acordo com os autores supracitados, a utilização de antioxidantes  
427 naturais é uma alternativa que vem ganhando força nas indústrias, pois além de desenvolver o seu  
428 papel na conservação dos alimentos, manter suas características organolépticas, ainda contribui na  
429 saúde humana e previne alguns tipos de doenças (Tabela 2).

430 Na Tabela 2 é possível observar os resultados da atividade antioxidante e dos compostos  
431 fenólicos do óleo de açaí.

432

433 Tabela 2. Análises de atividade antioxidante e compostos fenólicos do óleo de açaí.

Antioxidantes	FRAP (TEAC /g)	DPPH (TEAC /g)	ABTS (TEAC /g)	Compostos Fenólicos (mg EAG/L)
Óleo de açaí	888,42±42,92	531,88±121,40	438,97±14,05	112,71±2,35

434

435 Um estudo realizado por Olszowy, Małgorzata, Andrzej L. Dawidowicz (2016) encontrou  
436 atividade antioxidante pelo método DPPH em óleo de alecrim no valor de 433,05±9,45 TEAC /g  
437 sendo este menor do que o encontrado no presente estudo para o óleo de açaí. Também foi  
438 encontrado o valor de 316,43±18,98 TEAC /g para o método FRAP o que também é inferior ao  
439 encontrado no presente estudo. Já o método FRAP encontrou valores superiores para o óleo de  
440 alecrim do que o presente estudo. De uma forma geral, é possível dizer que o óleo de açaí tem uma  
441 boa atividade antioxidante por ser rico em compostos antioxidantes, incluindo antocianinas,  
442 flavonoides e ácidos graxos insaturados, como o ácido oleico e o ácido linoleico (Schauss et al.,  
443 2006) .

444 De acordo com Rice-Evans et al. (1997) os compostos fenólicos são responsáveis pela  
445 neutralização e inibição dos radicais livres, algo que favorece a utilização de óleos naturais na  
446 composição de alimentos. O óleo de açaí apresenta em sua composição compostos fenólicos da  
447 classe das antocianinas, flavonoides, proantocianidinas e ácidos fenólicos como por exemplo ácido  
448 cafeico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico.

449

### 3.2. Análise de composição centesimal das linguiças frescas

451

452 Na Tabela 3 é possível verificar a composição centesimal das linguiças frescas.

453

454 Tabela 3. Composição centesimal das linguiças frescas.

Tratamentos	Parâmetros			
	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídios(%)	Cinzas(%)
C	69,98±1,27a	17,37±0,37a	13,56±3,36a	2,05±0,12a
T1	70,19±0,24a	18,81±2,30a	16,73±1,27a	1,96±0,09a
T2	68,99±1,09a	19,26±1,06a	10,75±1,93a	2,08±0,12a
T3	69,51±1,12a	18,16±1,33a	10,23±3,55a	2,26±0,21a
C.V.	0,5102	0,4505	0,627	0,1671
P-valor	1,42	7,83	27,71	7,98

455 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias não

456 diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

457 Tratamento controle - C, sem inclusão de óleo de açaí – T1, inclusão de 1,5 g de óleo  
458 de açaí /kg de linguiça– T2, inclusão de 2,5 g de óleo de açaí /kg de linguiça – T3  
459 inclusão de 3,5 g de óleo de açaí/kg de linguiça .

460 Os valores encontrados para a composição centesimal estão de acordo com a legislação  
461 vigente. Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) (BRASIL, 2000),  
462 os alimentos de origem animal como a linguiça de carne suína devem conter teor máximo de  
463 umidade de 70%, lipídios 18%, 10% de carboidratos e teor mínimo de proteína de 12%. Desta forma,  
464 verificamos que a adição do óleo de açaí não alterou de forma significativa a composição centesimal  
465 das amostras.

466 Vale ressaltar que não ocorreu diferença significativa no teor de lipídeos devido a adição de  
467 óleo de açaí na formulação, pois o mesmo foi microencapsulado.

468

### 3.3 Análises físico-químicas das linguiças frescas

470 Na Tabela 4 observa-se que o maior valor de pH (5,72) foi para o tratamento T3 no dia 0 de  
471 estocagem, estando dentro da faixa de pH ótimo da carne suína relatado por Sarcinelli et al. (2007).  
472 É possível verificar também que não ocorreram mudanças significativas nos valores de pH entre os  
473 tratamentos em relação ao controle.

474 Tabela 4. Evolução dos valores de pH das linguças frescas nos dias 0, 45 e 90 de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P-valor
	0	45	90		
C	5,64±0,04aA	5,19±0,07bB	5,12±0,03bB	4,67	0,0137
T1	5,71±0,01aA	5,37±0,08bB	5,26±0,06bB	3,82	0,0458
T2	5,71±0,01aA	5,45±0,04bB	5,41±0,04bB	2,31	0,2845
T3	5,72±0,01aA	5,51±0,06bB	5,43±0,06bB	2,74	0,1860
C.V. (%)	0,69	0,14	0,14		
P-valor	0,9648	0,3168	0,2774		

475 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
476 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Médias seguidas de letras  
477 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

478 Os tratamentos não diferiram significativamente entre si durante o tempo de armazenamento  
479 e também não houve variação significativa de cada tratamento relacionado ao tempo de  
480 armazenamento ( $p>0,05$ ).

481 No que diz respeito ao tempo de armazenamento, verificamos que houve uma diminuição  
482 dos valores de pH, também notamos que quanto maior a concentração do óleo mais estável se  
483 mantém o pH. Segundo Sharma et al. (2017), essa diminuição do pH durante o armazenamento dos  
484 produtos cárneos é atribuída a produção de ácido láctico pelas bactérias lácticas presentes na matéria  
485 prima. Beck et al. (2021) ao trabalharem com linguça frescal com sal encapsulado obtiveram  
486 resultados de pH semelhantes, com redução dos valores conforme o aumento do período de  
487 armazenamento.

488 A atividade de água indica a quantidade de água livre contida em um alimento, a qual  
489 constitui um meio que possibilita a reprodução, transferência e contaminação microbológica  
490 (Franco e Landgraf, 2008). Podemos observar na Tabela 5, a partir dos valores obtidos de atividade  
491 de água, que o produto apresentou estabilidade frente ao desenvolvimento de microrganismos.

492

493 Tabela 5. Atividade de água das linguças frescas nos dias 0, 45 e 90 de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P-valor
	0	45	90		
C	0,987±0,002aA	0,988±0,001aA	0,986±0,001aA	0,13	0,6049
T1	0,984±0,002aA	0,985±0,003aA	0,986±0,001aA	0,21	0,5334

T2	0,986±0,002aA	0,985±0,001aA	0,987±0,001aA	0,14	0,5759
T3	0,986±0,002aA	0,986±0,002aA	0,987±0,001aA	0,15	0,6143
C.V. (%)	0,20	0,21	0,08		
P-valor	0,4230	0,1598	0,8162		

494 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
495 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Médias seguidas de letras  
496 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

497

498 Com relação aos valores de atividade de água, não foram observadas diferenças  
499 significativas entre os tratamentos e o tempo de armazenamento ( $p> 0,05$ ), com valores de aw  
500 variando de 0,984 a 0,988 ao longo dos 90 dias de armazenamento. Assim, a concentração de óleo  
501 de açaí encapsulado utilizado e o tempo de armazenamento não afetaram a aw, o que é um resultado  
502 positivo para garantir as características do produto durante a vida de prateleira.

503 A atividade de água (aw) é um parâmetro importante na conservação de alimentos, que serve  
504 como um indicador para possíveis alterações de origem microbiológicas e físico-químicas que  
505 possam ocorrer nos alimentos. Alimentos com alto valor de atividade de água (maior que 0,85)  
506 podem apresentar maior proliferação de microrganismos e, portanto, faz-se necessário o seu  
507 armazenamento sob temperatura de refrigeração ou congelamento (Jay, 2005).

508 O trabalho realizado por Simunovic et al. (2021) apresentou média que variaram de 0,938 a  
509 0,797, estando abaixo da média do presente estudo e com variação significativa, já as médias  
510 obtidas Beck et al. (2021) variaram de 0,969 a 0,972, não tendo variação significativa assim como  
511 o presente estudo.

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

### 523 3.4 Análises microbiológicas

524 Os resultados obtidos nas análises microbiológicas estão presentes na Tabela 6.

525 Tabela 6. Análises microbiológicas dos linguças frescais no dia 0.

Parâmetros	Dias de estocagem	Tratamentos			
		C	T1	T2	T3
Psicrotróficas (UFC/g)	0	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>
Bactérias lácticas totais (UFC/g)	0	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>
Coliformes totais (NMP/g)	0	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>	<1x10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i>	0	ausente	ausente	ausente	ausente

526 UFC=Unidade formadora de colônia; NMP = Número Mais Provável.

527

528 As análises microbiológicas das linguças apresentaram valores dentro dos padrões  
529 microbiológicos exigidos pela legislação brasileira (Brasil, 2019), indicando que os produtos  
530 estavam microbiologicamente aptos ao consumo humano no dia 0. Isto comprova o cumprimento  
531 de boas práticas higiênico-sanitárias e qualidade da matéria prima adquirida. Entretanto, como é  
532 possível observar na Tabela 6, não houve nenhum crescimento microbiano para qualquer tratamento  
533 independente, ou seja, não há como atestar a capacidade antimicrobiana das microcápsulas do óleo  
534 de açaí neste experimento, visto que o tratamento controle que não continha as microcápsulas em  
535 sua formulação, apresentou resultado igual aos demais.

### 536 3.5 Oxidação lipídica e proteica

537

538 A oxidação lipídica influencia negativamente na cor e atributos sensoriais pois os produtos  
539 advindos do processo de oxidação lipídica podem inclusive destruir ou auxiliar na reticulação de  
540 aminoácidos, tornando-os biologicamente indisponíveis (Özyurt et al., 2015). Na Tabela 7 é  
541 possível observar que a oxidação não variou entre os tratamentos a longo dos 90 dias e se comportou  
542 de forma semelhante em todos eles não ocorrendo diferença significativa.

543

544

545

546 Tabela 7. Oxidação lipídica das linguças a ao longo de 90 dias de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P-valor
	0	45	90		
C	0,21±0,03bA	0,34±0,07bA	0,71±0,04aA	52,32	0,0187
T1	0,20±0,05bA	0,34±0,02bA	0,95±0,20aA	71,94	0,0001
T2	0,20±0,02bA	0,32±0,03bA	0,89±0,15aA	68,71	0,0004
T3	0,27±0,03bA	0,36±0,03bA	0,88±0,16aA	57,82	0,0019
C.V. (%)	19,48	12,21	19,51		
P-valor	0,9727	0,9962	0,5508		

547 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
 548 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Médias seguidas de letras  
 549 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

550

551 De acordo com alguns autores o valor limite que define o aparecimento de limosidade e odor  
 552 desagradável em produtos cárneos, proveniente da degradação dos lipídios, é de 2,5 mg MDA/kg.  
 553 Como exposto no trabalho, os resultados de todos os tratamentos ficaram entre 0,20±0,02 no dia 0  
 554 de armazenamento e 0,95±0,20 mg MDA/kg no dia 90 de armazenamento a - 18 °C, podendo-se  
 555 concluir que as linguças estão dentro do valor aceitável para o consumo (Ahmad & Srivastava,  
 556 2007; Zhang et al. 2019).

557 Ao analisar a Tabela 7, a partir do tratamento estatístico é possível concluir que todos os  
 558 tratamentos se comportaram de maneira igual ao longo do período de armazenamento, tendo um  
 559 aumento significativo no dia 90. No presente estudo, o controle sem adição de óleo de açaí não  
 560 apresentou diferença estatística em relação aos demais tratamentos na oxidação lipídica. Desta  
 561 forma podemos dizer que o óleo de açaí microencapsulado é uma boa alternativa para uso, devido  
 562 as suas propriedades bioativas (Brewer, 2011) que podem enriquecer o produto e contribuir para  
 563 uma formulação de embutidos cárneos mais saudáveis.

564 Tratando-se da oxidação proteica exposta na Tabela 8, o tratamento 1 apresentou uma  
 565 diferença significativa em relação aos demais tratamentos no dia 45 de armazenamento, já o  
 566 tratamento 3 se manteve estável ao longo de todo o período de armazenamento, o que pode estar  
 567 associado a concentração de óleo de açaí.

568

569

570



571 Tabela 8. Oxidação proteica das linguças ao longo de 90 dias de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P-valor
	0	45	90		
C	0,20±0,03aA	0,20±0,07aA	0,16±0,04aA	52,32	0,0487
T1	0,14±0,05aB	0,33±0,02bB	0,15±0,20aA	71,94	0,0851
T2	0,31±0,02aA	0,18±0,03bA	0,18±0,15bA	68,71	0,0764
T3	0,18±0,03aB	0,14±0,03aA	0,12±0,16aA	57,82	0,0519
C.V. (%)	19,48	12,21	19,51		
P-valor	0,4727	0,4962	0,0350		

572 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
 573 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ). Médias seguidas de letras  
 574 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

575

576

577 Os tratamentos T1 e T3 apresentaram diferença estatística ( $p<0,05$ ) durante o período de  
 578 armazenamento nos dias 0 e 45 em relação ao controle. Já entre os tratamentos, verificamos  
 579 diferença estatística ( $p<0,05$ ), sendo que os tratamentos T1 e T2 foram diferentes do controle.  
 580 Podemos verificar no presente estudo que o tratamento que teve menor índice de oxidação proteica  
 581 foi o T3, sendo o tratamento com maior adição das microcápsulas de óleo de açaí. Desta forma  
 582 pode-se afirmar que a maior concentração das microcápsulas do óleo de açaí foi efetiva para a  
 583 diminuição da oxidação proteica.

584 As reações da oxidação de proteínas estão entre as causas mais comuns de deterioração da  
 585 qualidade da carne e de produtos cárneos. Antioxidantes naturais derivados de produtos vegetais  
 586 são cada vez mais usados para controlar alterações oxidativas em alimentos durante o  
 587 armazenamento (Hadidi et al., 2022)

588

589

### 590 3.6 Análise de cor instrumental

591 Na Tabela 9 pode-se observar os padrões colorimétricos, e diante disso percebe-se que os  
 592 valores de luminosidade ( $L^*$ ) de cada tratamento não sofreram alterações que causassem diferença  
 593 estatística ao longo dos 90 dias, ou seja, a luminosidade inicial permaneceu a mesma por todo o  
 594 período de armazenamento em todos os tratamentos. Ao avaliar a luminosidade dos tratamentos em  
 595 com relação ao tempo de armazenamento, nota-se que os tratamentos também não diferiram  
 596 estatisticamente ( $p<0,05$ ). Os valores de  $L^*$  ficaram entre  $50,85\pm 6,17$  e  $59,71\pm 4,75$ , corroborando

597 com os valores encontrados por Oliveira et al. (2020) em um estudo realizado com óleo de menta  
 598 adicionado a linguiça suína.

599

600 Tabela 9. Análise de cor instrumental das linguiças frescas ao longo de 90 dias de armazenamento.

Variável	Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P- valor
		0	45	90		
L*	C	52,26±1,77aA	50,85±6,17aA	55,07±3,59aA	7,81	0,4628
	T1	55,31±1,64aA	56,41±2,79aA	54,04±5,28aA	5,90	0,7876
	T2	51,72±1,65aA	56,62±1,51aA	59,71±4,75aA	7,80	0,0782
	T3	55,70±5,29aA	54,08±5,23aA	59,66±1,60aA	8,05	0,2589
C.V (%)		5,90	8,13	7,69		
P-valor		0,5493	0,3140	0,2260		
Variável	Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P- valor
		0	45	90		
a*	C	7,32±3,24aB	9,23±2,01aA	7,72±1,49aB	18,99	0,2926
	T1	10,59±1,55aA	10,03±2,20aA	10,70±1,52aA	15,09	0,8938
	T2	11,68±1,84aA	11,42±1,36aA	10,04±0,97aA	13,20	0,5144
	T3	11,38±1,14aA	12,15±0,08aA	10,93±0,11aA	28,86	0,6022
C.V (%)		24,99	17,53	16,88		
P-valor		0,0456	0,1378	0,1535		
Variável	Tratamentos	Tempo (dias)			C.V. (%)	P- valor
		0	45	90		
b*	C	5,65±1,75aA	6,19±0,62aA	6,16±1,13aA	18,64	0,8807
	T1	7,20±0,74aA	8,99±0,16aA	7,15±1,19aA	14,79	0,2380
	T2	5,81±0,97aA	7,79±0,76aA	7,41±1,01aA	17,25	0,2381
	T3	5,89±1,95aA	7,40±1,75aA	7,59±1,40aA	24,31	0,3189
C.V (%)		22,69	17,81	16,51		
P-valor		0,5565	0,1645	0,6485		

601 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
 602 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey (p>0,05). Médias seguidas de letras  
 603 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey (p>0,05)

604

605 Os valores de a\*, intensidade de vermelho, variaram de 7,32±3,24 a 12,15±0,08 sendo que  
 606 o menor valor foi apresentado na formulação C no dia 0, e o maior valor foi apresentado na

607 formulação 3 no tempo de 45 dias, porém, sem diferença significativa entre os tratamentos. Em  
 608 relação a formulação C, a mesma se trata do controle e não foi adicionado microcápsula de óleo de  
 609 açaí, por essa razão ocorreu uma leve alteração na oxidação lipídica e oxidação do pigmento  
 610 nitrosomioglobina, resultando em metamioglobina, o que leva a redução na intensidade da cor  
 611 (Wójciak et al. 2012).

612 Observando os valores do parâmetro  $b^*$  apresentados na tabela 9 notamos que eles variam  
 613 de  $5,65 \pm 1,75$  a  $8,99 \pm 0,16$ , sendo que houve um aumento não significativo ao longo do período de  
 614 armazenamento. Segundo Rubio (2008), um leve aumento nos valores de  $b^*$  durante a estocagem  
 615 pode estar ligada a oxidação lipídica, que eleva a intensidade do amarelo através da rancidez.  
 616 Conforme Sañudo (2002), o aumento no tempo de maturação da carne tende a torná-la mais marrom,  
 617 ou seja, o teor de  $b^*$  tende a ser maior, devido a oxidação dos pigmentos da cor amarelo. (Luciano  
 618 et, 2009). Segundo o estudo realizado por Latoch, Agnieszka, Dariusz (2015) os valores de  $b^*$   
 619 permaneceram sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ) durante todo o tempo de armazenamento,  
 620 reforçando os resultados encontrados no presente estudo.

621

### 622 3.7 Perfil de ácidos graxos

623 O perfil de ácidos graxos das linguças frescais é apresentado na Tabela 10, observa-se que  
 624 os ácidos graxos encontrados em maiores quantidades foram ácido oleico, palmítico e esteárico.

625

626 Tabela 10. Perfil de ácidos graxos das linguças frescais no dia 45 do período de armazenamento.

Ácidos Graxos	Tratamentos				C.V. (%)	P-Valor
	C	T1	T2	T3		
Mirístico	0,84±0,06b	1,12±0,02a	0,87±0,01b	0,90±0,01b	12,74	0,0029
Pentadecanóico	0,26±0,02a	0,25±0,01a	0,26±0,01a	0,27±0,01a	5,24	0,6058
Palmitoleico	2,03±0,07b	2,70±0,13a	2,07±0,01b	2,23±0,04b	12,80	<0,01
Palmítico	18,740,25b	21,230,14a	18,820,06b	17,540,29c	7,71	<0,01
Cis 10-Heptadecenoico	0,91±0,01a	0,51±0,01b	0,26±0,01d	0,41±0,01c	49,75	<0,01
Margárico	0,35±0,04a	0,42±0,01a	0,36±0,01a	0,33±0,01a	11,09	0,0682
Linoleico	n.d.	n.d.	8,54±0,05a	8,04±0,04b	3,51	<0,01
Oleico	35,79±0,01c	62,36±0,01a	35,72±0,08c	36,42±0,04b	28,69	<0,01
Vacênico	3,68±0,21a	3,58±0,01ab	3,81±0,01a	3,21±0,01b	7,02	0,0171
Esteárico	8,71±0,06a	8,08±0,05b	8,61±0,07a	7,43±0,03c	6,64	<0,01
Alfa linolênico	0,15±0,01a	0,13±0,01a	0,17±0,01a	0,13±0,01a	13,40	0,0672

Di homo linolênico	0,13±0,01a	0,11±0,01a	0,13±0,01a	0,13±0,01a	8,17	0,3934
Araquidônico	0,25±0,04b	0,26±0,01b	0,32±0,01b	0,44±0,01a	25,90	<0,01
Araquídico	0,20±0,01a	0,14±0,01b	0,22±0,01a	0,16±0,01b	18,68	<0,01

627 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
628 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey (p>0,05).

629

630 O ácido graxo monoinsaturado encontrado em maior concentração foi o ácido oleico,  
631 semelhante aos dados de Melo et al. (2021). Segundo Estruch et al. (2018) o ácido oleico é  
632 conhecido por seus benefícios à saúde, como a capacidade de reduzir os níveis de colesterol LDL  
633 no sangue, ajudando assim a proteger contra doenças cardiovasculares. Esta proporção de ácido  
634 oleico é semelhante à encontrada em alguns óleos vegetais comestíveis, como os óleos de girassol  
635 (Kim et al., 2010). Já os óleos saturados encontrados em maior concentração são o palmítico e  
636 esteárico respectivamente. Podemos observar que o ácido linoleico (poliinsaturado) apesar de não  
637 ter sido detectado no tratamento controle (C) e T1, foi encontrado em uma quantidade expressiva  
638 nos tratamentos T2 e T3 respectivamente. Isso pode ser reflexo da maior concentração de óleo de  
639 açaí nesses tratamentos.

640

### 641 3.8.Perfil de Textura

642

643 Na Tabela 11 é possível observar os resultados do perfil de textura das linguças.

644 Tabela 11. Perfil de textura das linguças frescas nos dias 0,45 e 90 do período de armazenamento.

Parâmetro	Dias	Tratamento				C.V. (%)	P-Valor
		C	T1	T2	T3		
Dureza	0	48,13±3,97bA	66,38±10,31aA	74,85±3,46aA	64,91±10,54abA	19,07	<0,01
	45	50,48±4,46bA	60,65±7,38abA	62,91±6,69abA	71,23±4,00aA	14,97	0,0259
	90	44,34±5,01aA	54,45±14,84aA	38,30±6,72aB	18,90±6,49bB	40,02	<0,01
C.V. (%)		9,93	18,25	28,82	42,05		
P-Valor		0,6215	0,1875	<0,01	<0,01		
Coabilidade	0	0,90±0,01aA	0,88±0,02aA	0,89±0,01aAB	0,92±0,02aA	2,48	0,4303
	45	0,83±0,05aB	0,86±0,01aA	0,87±0,04aB	0,77±0,06bB	6,71	<0,01
	90	0,95±0,01aA	0,90±0,04aA	0,95±0,01aA	0,96±0,01aA	3,09	0,1572
C.V. (%)		6,25	3,54	4,58	9,66		
P-Valor		<0,01	0,2320	0,0110	<0,01		
Adesividade	0	-0,03±0,01aA	-0,08±0,01bA	-0,04±0,02aA	-0,05±0,02abA	37,56	<0,01
	45	-0,05±0,01aA	-0,06±0,01aA	-0,05±0,02aAB	-0,07±0,01aA	22,90	0,1581

	90	-0,05±0,02aA	-0,07±0,01aA	-0,08±0,01aB	-0,07±0,01aA	21,45	0,1581
C.V. (%)		31,30	17,04	34,03	24,10		
P-Valor		0,1524	0,1524	<0,01	0,2375		
	0	10,00±0,001aA	9,99±0,002aA	9,99±0,002aA	9,99±0,001aA	0,02	0,6032
Elasticidade	45	9,99±0,002aA	9,99±0,002aA	9,99±0,002aA	9,99±0,001aA	0,01	0,6382
	90	9,99±0,002aA	9,99±0,001aA	9,99±0,001aA	9,99±0,002aA	0,01	0,6032
C.V. (%)		0,02	0,02	0,01	0,02		
P-Valor		0,2192	0,3416	0,8745	0,3022		
	0	431,12±35,82bA	584,55±76,50abA	668,79±30,36aA	600,84±95,18aA	18,65	<0,01
Mastigabilidade	45	421,38±47,17aA	523,22±66,31aA	548,61±81,88aA	548,80±72,50aA	15,65	0,1063
	90	421,29±47,38aA	489,02±112,07aA	363,02±60,69aB	178,15±64,16bB	37,67	<0,01
C.V. (%)		9,01	16,23	27,26	39,27		
P-Valor		0,9805	0,2552	<0,01	<0,01		

645 Média±Desvio Padrão. C.V. = Coeficiente de Variação. Médias seguidas de letras minúsculas  
646 distintas diferem entre si na mesma linha pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Médias seguidas de letras  
647 maiúsculas distintas diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ )

648

649 A dureza diminuiu em todos os tratamentos ao longo dos 90 dias, tendo sua maior redução  
650 nos tratamentos T2 e T3, podendo assim relacionar esse resultado a maior concentração de  
651 microcápsulas de óleo e a temperatura de cozimento das linguiças que pode ter causado o  
652 rompimento das microcápsulas. A dureza está diretamente relacionada a mastigabilidade uma vez  
653 que, quanto maior a força necessária para a compressão, maior será a energia requerida para  
654 desintegrar o alimento e maior será o tempo de mastigação para deglutição (mastigabilidade). De  
655 acordo com os resultados encontrados no presente estudo, é possível visualizar esta correlação, uma  
656 vez que, quanto maior foi a dureza encontrada, maiores foram os valores de mastigabilidade. Os  
657 tratamentos com maior redução de dureza e mastigabilidade são os com maior concentração de óleo  
658 de açaí ( T2 e T3). No estudo realizado por Cunha et al. (2018) utilizando extrato de pitaya  
659 microencapsulado foi encontrado o menor valor de dureza e mastigabilidade para os tratamentos  
660 com a adição das microcápsulas.

661 A coesividade apresentou diferença estatística ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos no dia 45, sendo  
662 o T3 com a maior queda. Já na comparação do tempo de armazenamento, o C e T3 apresentaram  
663 diferença estatística, sendo que ambos apresentaram um aumento no dia 90. Segundo Han et al.  
664 (2001), quanto maior a coesividade, mais resistente o produto é à mastigação, o que pode ser  
665 desejável em muitos produtos cárneos para proporcionar uma sensação de firmeza e plenitude na  
666 boca.

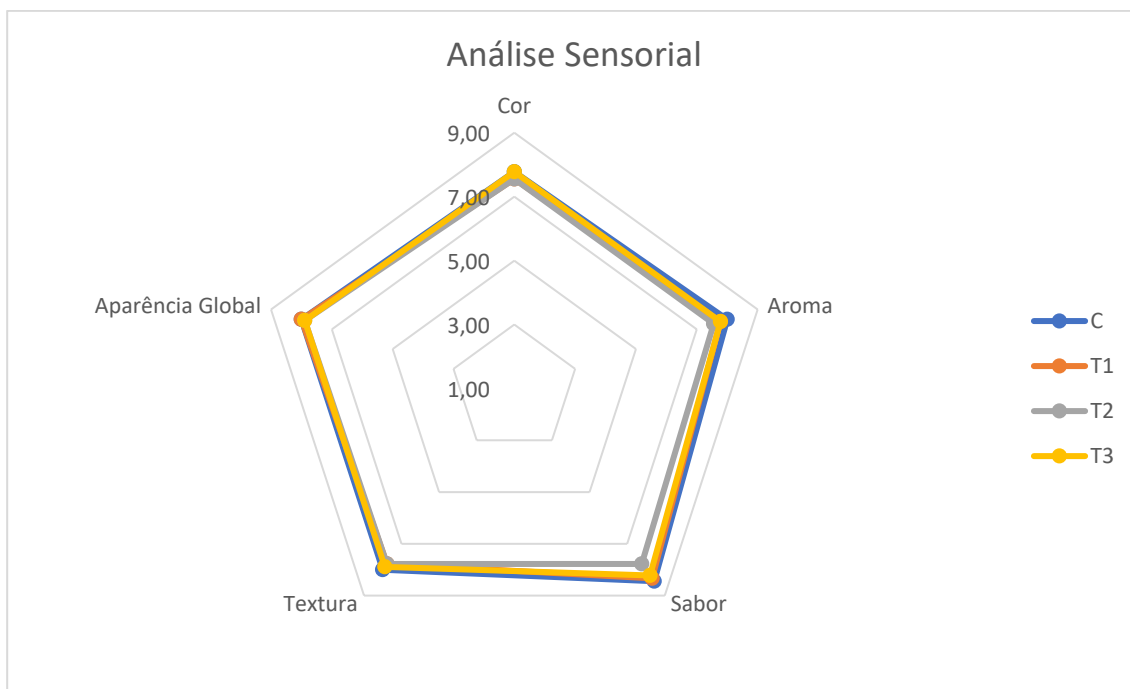
667 No atributo adesividade houve diferença estatística entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) no dia 0  
668 de armazenamento. No que diz respeito ao tempo de armazenamento, apenas T2 apresentou  
669 diferença estatística ( $p < 0,05$ ), tendo um aumento no dia 90. Uma alta adesividade pode resultar em  
670 uma sensação pegajosa ou grudenta na boca. Isso pode ser influenciado por fatores como a presença  
671 de gordura ou proteína na superfície do produto. Com isso, podemos dizer que para o atributo  
672 adesividade, os tratamentos C e T1 apresentaram os melhores resultados estatísticos entre os  
673 tratamentos.

674

### 675 3.9 Análise sensorial

676 Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para impressão global e os  
677 atributos sensoriais, cor, aroma, sabor e textura, com médias 7,7, 7,8, 8,2 e 7,9 respectivamente. De  
678 acordo com Dutcosky (2011), os provadores “gostaram moderadamente” da cor, aroma e textura,  
679 enquanto o sabor “gostaram moderadamente”. Para a impressão global obteve-se nota 7,94,  
680 indicando que de forma geral “gostaram moderadamente” do produto. Quanto a intenção de compra,  
681 não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ), onde as notas ficaram em média 4,4, demonstrando que  
682 os avaliadores “talvez comprassem, talvez não comprassem”.

683



684

685

685 Figura 1. Análise sensorial das linguças com óleo de açaí encapsulado.

686

687 As notas de todos os atributos avaliados não tiveram variação significativa entre os  
688 tratamentos, inclusive entre o tratamento controle, o que comprova que a adição de óleo de açaí  
689 microencapsulado pode ser uma boa alternativa, devido a boa aceitação na análise sensorial. Isso é  
690 interessante do ponto de vista nutricional já que o óleo de açaí é conhecido por ser uma fonte rica  
691 de ácidos graxos essenciais, antioxidantes e outros nutrientes benéficos para a saúde (Schauss et al.,  
692 2006).

693 Cittadini et al. (2022) realizaram um estudo com óleos vegetais microencapsulados  
694 adicionados em patês e obtiveram notas aceitáveis para o atributo sabor, assim como no presente  
695 estudo. Essa aceitação pode estar relacionada ao microencapsulamento que evita o sabor acentuado  
696 dos óleos no produto.

697

#### 698 **4. Conclusão**

699 As linguiças frescas com adição de microcápsulas de açaí atenderam aos padrões  
700 tecnológicos e físico-químicos, assim como estavam dentro dos padrões microbiológicos. A  
701 oxidação lipídica não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e os valores ficaram  
702 dentro do aceitável. Quanto a oxidação proteica, não houve diferença significativa entre os  
703 tratamentos, porém T3 foi o que apresentou menor valor de carbonilas. Não houve diferença para a  
704 luminosidade e b\*, porém o óleo de açaí teve influência na coordenada a\*. Em relação aos ácidos  
705 graxos, o que foi encontrado em maior concentração foi o ácido oleico que é um óleo conhecido por  
706 seus benefícios à saúde, como a capacidade de reduzir os níveis de colesterol LDL no sangue,  
707 ajudando assim a proteger contra doenças cardiovasculares. Os tratamentos foram sensorialmente  
708 bem avaliados para todos os parâmetros, bem como a intenção de compra. Recomenda-se a  
709 utilização do óleo de açaí microencapsulado na produção de linguiça frescal, pois além de apresentar  
710 um ótimo perfil nutricional e sensorial, contribui para o aumento da produção de produtos mais  
711 saudáveis e pode ser utilizado com substituto de antioxidantes artificiais.

712

713

714

715

716

717 **Referências**

- 718 Abipecs. (2013). Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína –  
719 *Abipecs. Relatório 2012/2013*.
- 720 Ahmad, S., & Srivastava, P. K. (2007). Quality and shelf-life evaluation of fermented sausages of  
721 buffalo meat with different levels of heart and fat. *Meat Science*, 75, 603-603.
- 722 ANVISA. (1970). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria Nº 540 - SVS/MS de 27 de  
723 outubro de 1997.
- 724 AOAC. Association of Official Analytical Chemists, & Association of Official Agricultural  
725 Chemists (US). (1925). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical*  
726 *Chemists* (Vol. 2). The Association.
- 727 Beck, P. H. B., Matiucci, M, A., Neto, A. A.M. & Feihrmann, A, C. (2021). Sodium chloride  
728 reduction in fresh sausages using salt encapsulated in carnauba wax. *Meat science*, 175, 108462.
- 729 Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and  
730 purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.
- 731 Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62–66
- 732 Brasil. (2019). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC, n. 331 de 23 de  
733 dezembro de 2019. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.  
734 *Diário Oficial da União, 2019*.
- 735 Brewer, M. (2011) Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and  
736 Potential Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 221-247.
- 737 Burey, P., Bhandari, B.R, Howes, T. & Gidley, M. J. (2008). Hydrocolloid Gel Particles:  
738 Formation, Characterization, and Application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, [s.l.],  
739 48:5, 361-377.
- 740 Coïsson, J.D., Travaglia, F., Piana, G., Capasso, M., & Arlorio, M. (2005). Euterpe oleracea juice  
741 as a functional pigment for yogurt. *Food Research International*, 38, 893–897.  
742
- 743 Del Ré, P. V., & Jorge, N. (2012). Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos  
744 e implicação na saúde. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14(2), 389-399.



745 Cunha, L.C.M. , Monteiro, M. L. G. , Costa-Lima, B. R. C. , Guedes-Oliveira, J. M., Alves, V. H.  
746 M., Almeida, A. L., Tonon, R. V., Rosenthal, A. & Conte-Junior, C. A. (2018): Effect of  
747 microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus Costaricensis*) peel on color, texture and oxidative  
748 stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing. *Innovative food  
749 science & emerging technologies* 49, 136-145.

750 Desai, K. G. H.; Jin-Park, H. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food  
751 *Ingredients. Drying Technology*, 23:7, 1361-1394.

752 Downes, F., & Ito, H. (2001). Compendium of methods for the microbiological examination of  
753 foods. Washington: American Public. *Health Association (APHA)*.

754

755 Dutcosky, S. D. (2011). *Análise sensorial de alimentos*. 3ªed. Curitiba: Champagnat, 426p.

756 Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.I., Corella, D., Arós, F., Gómez-Gracia, E., Ruiz-  
757 Gutiérrez, V., Fiol, M., Lapetra, J. , Lamuela-Raventos, R.M. & Serra-Majem, L. (2018). Primary  
758 prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive  
759 oil or nuts. *The New England journal of medicine*, 378, 25e34.

760 Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Lorenzo, J. M., & De Melo, M. P. (2018). Assessment of the  
761 stability of sheep sausages with the addition of different concentrations of *Origanum vulgare* extract  
762 during storage. *Meat science*, 137, 244-257.

763 Franco, B. D. G. D. M., & Landgraf, M. (2008). *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Editora  
764 Atheneu.

765 Hadidi, M., Orellana-Palacios, J. C., Aghababaei, F. , Gonzalez-Serrano, D. J. , Moreno, Andres &  
766 Lorenzo, J. M. (2022). Plant By-Product Antioxidants: Control of Protein-Lipid Oxidation in Meat  
767 and Meat Products. *Food science & technology* 169, 114003.

768 Han, D.W. (2001). Texture profile analysis of beef patty: Sensory and physical characteristics.  
769 *Journal of Texture Studies*, 32(3-4), 341-356.

770 Hartman, L., & Lago, R. C. A. (1973). Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *London:  
771 Laboratory Practice*. 22(6), 475-476.

772 Jay, J. M. *Microbiologia de alimentos*. (6a ed.), Artemedia. 2005. 711p.

773 Jensen, G. S., Wu, X., Patterson, K. M., Barnes, J., Carter, S. G., Scherwitz, L., Beaman, R.,  
774 Endres, J. R. & Schauss, A. G. (2008). In Vitro and in Vivo Antioxidant and Anti-inflammatory  
775 Capacities of an Antioxidant-Rich Fruit and Berry Juice Blend. Results of a Pilot and Randomized,  
776 Double-Blinded, Placebo-Controlled, Crossover Study. *Journal of agricultural and food chemistry*.  
777 56, 8326-8333.

778

779 Jongberg, Sisse., Tørngren, M. A., Gunvig, A., Skibsted, L. H. & Lund, M.N. (2013). Effect of  
780 green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from  
781 oxidatively stressed pork. *Meat science* 93, 538-546.

782 Kim, J., Kim, D.N., Lee, S.H., Yoo, S.H. & Lee, S. (2010). Correlation of fatty acid composition  
783 of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. *Food chemistry*, 118, 398-402.

784 Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., & Stadtman, E. R.  
785 (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol*, 186,  
786 464-478.

787 MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>.

788 Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. (1999). *Sensory evaluation techniques*. CRC press.

789 Melo, P. S., Selani, M. M., Gonçalves, R. H., Paulino, J. O., Massarioli, A.P. & Alencar, S.M.  
790 (2021). Açai seeds: an unexplored agro-industrial residue as a potential source of lipids, fibers, and  
791 antioxidant phenolic compounds. *Industrial crops and products*, 161, 113204.

792 Mertens-Talcott, S.U., Rios, J., Jilma-Stohlawetz, P., Pacheco-Palencia, L. A., Meibohm, B., Talcott,  
793 S. T. & Derendorf, H. (2008). Pharmacokinetics of anthocyanins and antioxidant effects after the  
794 consumption of anthocyanin-rich açai juice and pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) in human healthy  
795 volunteers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7796–7802.

796

797 Morais, S. M. D., Cavalcanti, E. S., Costa, S. M. O., & Aguiar, L. A. (2009). Ação antioxidante de  
798 chás e condimentos de grande consumo no Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, 315-  
799 320.

800 Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S. & Bugarski, B. (2011). An overview of  
801 encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, 1:1, 1806-1815.

802 Oliveira, R. F., Henry, F. C., Valle, F., Oliveira, D. B., Santos Junior, A.C., Resende, E. D., Maia  
803 Junior, J. A. & Martins, M. L. L. (2020): Effect of the Fruit Aqueous Extract of Brazilian Pepper  
804 Tree (*Schinus Terebinthifolius*, Raddi) on Selected Quality Parameters of Frozen Fresh Pork  
805 Sausage. *Journal of agriculture and food research* 2:100055.

806 Olszowy, Małgorzata, and Andrzej L. Dawidowicz. (2016). Essential oils as antioxidants: their  
807 evaluation by DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC, and  $\beta$ -Carotene bleaching methods. *Monatshefte für*  
808 *Chemie* 147, 2083-2091.

809 Özyurt, G., Şimşek, A., Karakaya, B. T., Aksun, E. T., & Yeşilsu, A. F. (2015). Functional,  
810 Physicochemical and Nutritional Properties of Protein from *K lunzinger's* Ponyfish Extracted by the  
811 pH Shifting Method. *Journal of food Processing and Preservation*, 39(6), 1934-1943.

812 Pierpoint, W. S. (2004). The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds.  
813 *Protein purification protocols* (pp. 65-74).

814 Pozo-Insfran, D. D., Percival, S. S., & Talcott, S. T. (2006). Açai (*Euterpe oleracea* Mart.)  
815 polyphenolics in their glycoside and aglycone forms induce apoptosis of HL-60 leukemia cells.  
816 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1222–1229.

817 Pulido, R., Bravo, L., & Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as  
818 determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of agricultural and food*  
819 *chemistry*, 48(8), 3396-3402.

820 Raharjo, S., Sofos, J. N., & Schmidt, G. R. (1992). Improved speed, specificity, and limit of  
821 determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C<sub>18</sub> method for measuring lipid  
822 peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), 2182-2185.

823 Rather, S. A., Akhter, R., Masoodi, F. A., Gani, A. & Wani, S. M. (2017). Effect of double alginate  
824 microencapsulation on in vitro digestibility and thermal tolerance of *Lactobacillus plantarum*  
825 NCDC201 and *L. casei* NCDC297. *LWT- Food Science and Technology*, 83,50 –58.

826

827 Ré, M. I., Santana, M. H. A. & Ávila, M. A. (2010). Encapsulation technologies for modifying food  
828 performance. *Taylor and Francis Group, LLC*, [s.l.], p. 223-275.

829 Ribeiro, J. C., Antunes, L. M. G., Aissa, A. F., Darin, J. D. C., Rosso, V., Mercadante, A. Z. &  
830 Bianchi, M. L. P. (2010). Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and

831 subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes  
832 micronucleus test and the comet assay. *Mutation Research*, 695, 22–28.

833 Rice-Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic  
834 compounds. *Trends in plant science*, 2(4), 152-159.

835 Romanini, E.B., Rodrigues, L.M., Finger, A., Chierrito, T.P.C., Scapim, M.R.S., Madrona, G.S.  
836 (2021). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from BRS Violet grape pomace  
837 followed by alginate-Ca<sup>2+</sup> encapsulation. *Food Chemistry*, 338, 128101.

838 Rubio, B., Martínez, B., García-Cachán, M. D., Rovira, J., & Jaime, I. (2008). Effect of the  
839 packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented  
840 sausage salchichón manufactured with raw material with a high level of mono and polyunsaturated  
841 fatty acids. *Meat science*, 80 (4), 1182-1187.

842 Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. & Mancini-Filho,  
843 J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from  
844 Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996–1002.

845 Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Silveira, M. R. S., & Moura, C. F. H. (2009). Quality  
846 for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. *Fruits*, 64,  
847 361–370.

848 Sañudo, C. Factors affecting carcass and meat quality in lambs. *In: Reunião Anual da Sociedade*  
849 *Brasileira De Zootecnia*, 39. 2002, Recife. Anais. Recife, SBZ, 2002. p.434-455.

850 Sarcinelli, M.F., Venturini, K. S. & Silva, L.C. Características da Carne Suína. *Universidade*  
851 *Federal do Espírito Santo - UFES Pró-Reitoria de Extensão - Programa Institucional de Extensão.*  
852 Boletim Técnico - PIE-UFES:00907 - Editado: 25.08.200725

853 Schauss, A. G., Wu, X., Prior, R. L., Ou, B., Patel, D., Huang, D. & Kababick, J.P. (2006).  
854 Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe*  
855 *Oleraceae* Mart. (Acai). *Journal of agricultural and food chemistry* 54, 598-8603.

856 Schoubben, A., Blasi, P., Giovagnoli, S., Rossi, C. & Ricci, M. (2010). Development of a scalable  
857 procedure for fine calcium alginate particle preparation. *Chemical Engineering Journal*, 1:160, 363-  
858 369.

859 Schreckinger, M. E., Iotton, J., Lila, M. A., & Mejia, E. G. (2010). Berries from South America: A  
860 comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. *Journal of Medicinal*  
861 *Food*, 13, 233–246.

862 Sharma, H., Mendiratta, S. K., Agrawal, R. K., Gurunathan, K., Kumar, S., & Singh, T. P. (2017).  
863 Use of various essential oils as bio preservatives and their effect on the quality of vacuum packaged  
864 fresh chicken sausages under frozen conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 81, 118–127.

865 Silva, D., & Queiroz, A. D. (2002). *Análise de alimentos: (métodos químicos e biológicos)* (p. 235).  
866 Viçosa: UFV, Impr. Univ.

867 Simunovic, S., Đorđević, V., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Rašeta, M., Janković, S. & Tomasevic, I.  
868 (2021). Characterization of changes in physicochemical, textural and microbiological properties of  
869 Njeguška sausage during ripening. *Journal of food science and technology* 58, 3993-4001.

870 Souza, M. C., Figueiredo, R. W., Maia, G. A., Alves, R. E., Brito, E. S., Moura, C. F. H., et al.  
871 (2009). Bioactive compounds and antioxidant activity on fruits from different açai (*Euterpe oleracea*  
872 Mart) progenies. *Acta Horticulturae*, 841, 455–458.

873

874 Tarté, R. (2009). Ingredientes em produtos cárneos: Propriedades, funcionalidade e aplicações.  
875 *Springer Science & Business Media*.

876 Wang, B., Pace, R. D., Dessai, A. P., Bovell-Benjamin, A., & Phillips, B. (2002). Modified  
877 extraction method for determining 2-Thiobarbituric acid values in meat with increased specificity  
878 and simplicity. *Journal of Food Science*, 67(8), 2833-2836.

879 Wójciak, K. M., Dolatowski, Z. J., Kolożyn-Krajewska, D., & Trzaskowska, M. (2012). The effect  
880 of the *Lactobacillus casei* LOCK0900 probiotic strain on the quality of dry-fermented sausage  
881 during chilling storage. *Journal of Food Quality*, 35, 353-365.

882 Zhang, Y., Holman, B. W. B. Ponnampalam, E. N., Kerr, M.G., Bailes, K. L., Kilgannon, A. K., &  
883 Hopkins, D. L. (2019). Understanding beef flavour and overall liking traits using two different  
884 methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance. *Meat Science*, 149, 114-119.