

Recebido: 30/09/2023 | Revisado: 22/12/2023 | Aceito: 07/02/2023 | Publicado: 01/03/2024



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i1.694

## **CARACTERIZAÇÃO DE PEPPERONI COM APLICAÇÃO DE ORGANOGEL DE CERA DE ABELHA E ÓLEO DE AÇAÍ COMO SUBSTITUTO DE GORDURA**

*CHARACTERIZATION OF PEPPERONI WITH APPLICATION OF BEESWAX ORGANOGEL AND ACAI OIL AS FAT SUBSTITUTE*

**SILVA, Karina Vila Verde. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba - Diamantina - MG - Brasil. CEP: 39.100-000 / Telefone: (38) 99819.7613 / E-mail: karina.vila@ufvjm.edu.br

**GONÇALVES, Bruna Néria Azevedo. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba - Diamantina - MG - Brasil. CEP: 39.100-000 / Telefone: (38) 99209.0706 / E-mail: bruna.azevedo@ufvjm.edu.br

**OLIVEIRA, Larissa Costa de. Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba - Diamantina - MG - Brasil. CEP: 39.100-000 / Telefone: (38) 98805.4404 / E-mail: oliveira.larissa@ufvjm.edu.br

**SCHMIELE, Marcio. Doutor em Tecnologia de Alimentos.**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba - Diamantina - MG - Brasil. CEP: 39.100-000 / Telefone: (38) (38) 98803.7758 / E-mail: marcio.sc@ict.ufvjm.edu.br

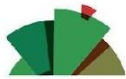
**ANDRADE, Monalisa Pereira Dutra. Doutora em Ciência dos Alimentos**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK. Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba - Diamantina - MG - Brasil. CEP: 39.100-000 / Telefone: (38) 99743.4339 / E-mail: monalisadutra@ict.ufvjm.edu.br

### **RESUMO**

Os embutidos cárneos fermentados são aqueles que passam pelo processo de maturação onde ocorre a redução do pH e alterações organolépticas responsáveis pelo sabor, aroma e flavor característicos desses produtos. No entanto, o alto consumo de gorduras saturadas presentes em carnes e seus derivados pode estar atrelado ao desenvolvimento de doenças. Como uma forma de redução da quantidade de gordura saturada em nesses alimentos, surge a organogelação, processo utilizado na produção de óleos estruturados por meio de agentes organogeladores. O óleo de açaí, produto do extrativismo brasileiro, possui em sua composição, ácidos graxos insaturados essenciais. Diante disso, o presente estudo visou à aplicação de organogel de óleo de açaí e cera de abelha em embutido cárneo fermentado denominado Pepperoni, a fim de substituir gradativamente o toucinho. Para isso, foram elaboradas amostras de Pepperoni que resultaram em cinco tratamentos (T0, T25, T50, T75, T100) contendo proporções distintas de toucinho e organogel. A fim de avaliar as propriedades físico-químicas e tecnológicas das amostras, foram realizadas as análises de composição centesimal, pH, atividade de água, perda por compressão, colorimetria e textura (TPA).. Os resultados demonstraram a atividade de água, umidade e textura são fatores que limitam a substituição do toucinho por organogel. Se faz necessária a otimização do tempo de secagem dos Pepperonis para que tais parâmetros sejam melhorados.

**Palavras-chave:** Embutido fermentado, Organogeladores, Textura.



## ABSTRACT

Fermented meat sausages are those that undergo the maturation process where the pH reduction and organoleptic changes responsible for the flavor, aroma and characteristic Flavors of these products occur. However, the high consumption of meat products that have saturated fat in their composition may be associated with the risk of chronic diseases. As a way to reduce the amount of saturated fat in these foods, emerges the organogelation, a process used in the production of structured oils through organogenetic agents. Acai oil, a product of Brazilian extractivism, has essential unsaturated fatty acids in its composition. Therefore, the present study aimed at the application of açaí oil and beeswax organogel in fermented meat sausage called Pepperoni, in order to gradually replace the bacon. For this, Pepperoni samples were prepared which resulted in five treatments (T0, T25, T50, T75, T100) containing different proportions of bacon and organogel. In order to evaluate the physicochemical and technological properties of the samples, analyzes of centesimal composition, pH, water activity, loss by compression, colorimetry, texture (TPA). The results demonstrated the activity of water, moisture and texture are factors that limit the substitution of bacon by organogel. It is necessary to optimize the drying time of Pepperonis so that these parameters can be improved.

**Keywords:** Fermented sausage, Organogelators, Texture.

## Introdução

As carnes processadas compõem a dieta de diversas culturas como fontes de proteína e gordura e estão presentes em todo o mundo. Dentre os produtos cárneos existentes, destaca-se o Pepperoni, que de acordo com a Legislação Brasileira, é definido como “produto cárneo industrializado, elaborado de carnes suínas ou suínas e bovinas, toucinho, adicionado de ingredientes, com granulometria média entre 3 e 6 mm, embutido em envoltórios naturais ou artificiais, apimentado, curado, fermentado, maturado, dessecado por tempo indicado pelo processo de fabricação, defumado ou não” (BRASIL, 2000).

No entanto, o consumo em excesso de alimentos que possuem em sua composição altas quantidades de gordura saturada, como carnes e seus derivados, têm sido associado em algumas pesquisas às doenças crônicas que afetam o mundo ocidental (BOU; COFRADES; JIMÉNEZ-COLMENERO, 2017). Como alternativa, estudos com intuito de melhorar o perfil lipídico de produtos cárneos processados utilizando óleos vegetais estão sendo realizados (PINTADO; COFRADES, 2020).

A incorporação direta de óleos vegetais em produtos cárneos tem sido estudada, todavia, esse processo resulta em modificações negativas nas propriedades tecnológicas do produto elaborado (KIM et al., 2020). Sendo assim, a estruturação de óleos vegetais com perfis lipídicos mono e poli-insaturados pode ser considerada uma técnica promissora para haver a substituição da gordura animal (ZAMPOUNI et al., 2022).

O método de estruturação denominado organogelação, resulta no organogel (OG), estrutura semelhante a um gel em temperatura ambiente resultado da solidificação de óleos vegetais (WOERN et al., 2021). Essa estrutura consiste em materiais viscoelásticos constituídos por agentes estruturantes e uma fase líquida apolar - composto orgânico. Desse modo, são considerados sistemas semissólidos em que a fase oleosa é aprisionada por uma rede tridimensional autossustentável do agente estruturante (CHAVES; BARRERA-ARELLANO; RIBEIRO, 2018).



Ao considerar os agentes estruturantes empregados, é possível destacar a cera, conceituada como compostos ésteres de cadeia longa. Dentre as ceras existentes, a cera de abelha é uma das mais utilizadas na produção de OGs, tendo como base lipídica diferentes óleos vegetais (GAO et al., 2021).

O óleo de açaí é fonte de ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o oleico, além de fonte de ácidos graxos poliinsaturados como o linoleico e o linolênico (SILVA et al., 2022). Sua produção é derivada do fruto do açaí, um dos principais destaques do extrativismo brasileiro.

Diante do exposto, o presente trabalho visa a aplicação de OG de óleo de açaí em embutido cárneo fermentado denominado Pepperoni, visando a substituição gradativa do toucinho. Ademais, o estudo visa avaliar as propriedades físicas e químicas das formulações de Pepperoni obtidas.

## Metodologia

Os OGs bem como os Pepperonis foram preparados no Laboratório de Carnes e Derivados do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Considerando a produção dos OGs, o óleo de açaí Santo Óleo - lote 470 foi obtido por meio de comércio eletrônico, enquanto a cera de abelha foi cedida pelo Laboratório de Apicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha.

Para a produção das amostras de Pepperoni, foram adquiridos em comércio local da cidade de Diamantina, as carnes (coxão duro bovino e pernil suíno), o leite em pó, o vinho, a glicose e os condimentos. Já a cultura starter Lyocarni SMB-11 da marca SACCO e as tripas artificiais de colágeno calibre 40 mm foram obtidas em comércio eletrônico.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Carnes e Derivados, no Laboratório de Matérias Primas e no Laboratório de Análise de Alimentos também pertencentes ao ICT/UFVJM. Com exceção da análise de proteínas realizada no Laboratório Integrado de Pesquisas Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

## Planejamento experimental

A pesquisa foi realizada utilizando o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) contendo um fator - o Pepperoni - e cinco níveis de substituição de toucinho por OG de óleo de açaí (0, 25, 50, 75, 100 %) dispostas na Tabela 1. Para cada nível de substituição foram preparadas três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Vale ressaltar que cada repetição foi produzida separadamente, a fim de manter as quantidades pré-estabelecidas na formulação.

**Tabela 1** - Formulação das amostras de Pepperoni com substituição de toucinho por OG

Ingredientes e condimentos	Formulação (%)				
	T0	T25	T50	T75	T100
Carne bovina (coxão duro)	38,77	38,77	38,77	38,77	38,77
Carne suína (pernil)	38,77	38,77	38,77	38,77	38,77
Toucinho	15	11,25	7,5	3,75	0
Organogel	0	3,75	7,5	11,25	15



Sal	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Glicose	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Leite em pó	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Vinho	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Alho	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Páprica	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Pimenta do reino	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>Aditivos e coadjuvante tecnológico</b>					
Nitrato de sódio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Ácido ascórbico	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
Polifosfatos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cultura <i>starter</i>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Legenda: T0: tratamento controle contendo apenas toucinho; T25: tratamento contendo 25 % de OG; T50: tratamento contendo 50 % de OG; T75: tratamento contendo 75 % de OG; T100: tratamento contendo 100 % de OG.

Fonte: Autores, 2023.

### Elaboração dos organogéis

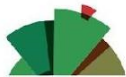
Os OGs foram preparados conforme a metodologia descrita por Silva (2020). Sendo assim, em um béquer foram pesados 210 g de óleo de açaí e 42 g de cera de abelha, que resultaram em OGs contendo 20 % de estruturante (organogelador). O béquer foi levado a banho-maria (Nova Técnica NT 271) a 80 °C onde permaneceu por 15 minutos. Logo após foi submetido à agitação manual constante por 1 minuto e levado ao banho-maria por 5 minutos. Esse processo foi repetido em triplicata, e ao final o béquer foi retirado e armazenado por 2 horas em temperatura ambiente.

### Elaboração das amostras de Pepperoni

Ao iniciar o processamento das amostras de Pepperoni, as carnes (bovina e suína) foram moídas utilizando o disco de 3 mm - modelo boca 22, Bermar. De maneira semelhante, o toucinho também passou pela moagem utilizando o disco de 3 mm e o OG foi porcionado em cubos de aproximadamente 1 cm. Foram separadas as porções de carne, condimentos, aditivos e cultura starter nas quantidades supracitadas na Tabela 1. Além disso, o toucinho e OG previamente preparado foram pesados.

A mistura foi realizada manualmente até a formação de uma massa cárnea homogênea. Para o embutimento, foram utilizadas tripas de colágeno previamente hidratadas em água em temperatura ambiente por cerca de 10 minutos. Sendo assim, com o auxílio de um embutidor manual as massas de carne (cerca de 200 g) foram embutidas nas tripas e fechadas com grampos.

O processo de maturação e secagem foi realizado em câmara de maturação, com temperatura e umidade controladas, de acordo com os parâmetros dispostos na Tabela 2. As amostras de Pepperoni foram pesadas em dias intercalados e quando perderam 30 % do seu peso inicial, foram retiradas e embaladas a vácuo.

**Tabela 2 - Esquema de tempo e temperatura da câmara de maturação**

Tempo (dias)	Temperatura (° C)	Umidade Relativa (%)
1°	25	90
2°	24	90
3°	23	89
4°	22	86
5°	21	83
6°	20	80
7°	19	75
8°	16	75
↓	↓	↓
30°	16	75

Fonte: Terra; Fries; Terra (2004). Adaptado.

### Análises do organogel e dos Pepperonis

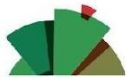
Todas as análises das amostras de Pepperoni foram realizadas em triplicata. Sendo assim, para a determinação do teor de água utilizou-se o método de dessecação em estufa até que as amostras atingissem peso constante. O teor de cinzas foi obtido pelo método de dessecação em mufla até peso constante seguindo a metodologia 920.153 (AOAC, 2006). Os lipídeos foram determinados pelo método de Bligh & Dyer (1959). Para a quantificação de proteínas, as amostras de Pepperoni foram previamente dessecadas, assim como no processo de obtenção das cinzas. Utilizando o Analisador Elementar Modelo TruSpec® Micro calibrado com cisteína, EDTA e Orchard leaves, aproximadamente 2 mg de amostra passaram por combustão total permitindo a quantificação do nitrogênio através de uma célula de condutividade térmica. A partir disso, os resultados foram expressos em % de nitrogênio e convertidos em proteína bruta na base seca. O teor de carboidratos foi determinado por diferença.

O pH foi avaliado em triplicata seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Nesse caso, a amostra de Pepperoni foi pesada em um béquer e posteriormente 25 mL de água destilada foram adicionados. Utilizando o homogeneizador/triturador Te-102 da Tecnal a amostra foi triturada e homogeneizada em alta velocidade por cerca de 30 segundos. Logo em seguida, foi realizada a leitura em triplicata do pH por meio do pHmetro digital DM20 da Digimed. No que diz respeito à análise de pH do OG e do toucinho, uma mistura contendo 2,5 g de amostra e 25 mL da solução éter etílico e álcool na proporção 1:2 foi avaliado em triplicata seguindo a metodologia adaptada de Instituto Adolfo Lutz (2008).

A atividade de água das amostras de Pepperoni, toucinho e OG foi medida em triplicata utilizando-se o analisador de atividade de água de bancada, modelo Aqualab (4TE Decagon Devices Inc.) que utiliza a técnica de determinação do ponto de orvalho em espelho encapsulado para medir a atividade de água de um produto (ANDRADE, 2013).

Para a perda de peso por compressão as amostras de Pepperoni foram porcionadas em cubos de aresta de 1 cm e posteriormente pesados (pi). Logo após foram acondicionados entre dois papéis filtro de 12,5 cm de diâmetro. O conjunto (amostra + papéis) foi colocado entre duas placas de vidro e sobre essa placa foi posicionado um peso de 10 kg por 5 minutos. Posteriormente, as





amostras foram pesadas novamente (pf). O cálculo da perda por compressão pôde ser realizado de acordo com a Eq. 01 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

$$\text{CRA (\%)} = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Eq. 01}$$

Onde,  $p_i$  corresponde ao peso da amostra porcionada antes da compressão e  $p_f$  corresponde ao peso da amostra após a compressão.

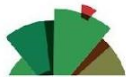
O colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400 foi utilizado para medição da cor das amostras de Pepperoni. As repetições dos tratamentos foram porcionadas de modo transversal, obtendo 3 fatias de aproximadamente 1 cm de espessura, sendo lidas dos dois lados, resultando assim, em 6 leituras por repetição e 18 leituras por tratamento. Para tanto, utilizou-se o iluminante D65 e o ângulo do observador de 10°. Por meio do sistema CIELAB, foram avaliados os parâmetros ( $L^*$ ), índice de ( $a^*$ ) e de ( $b^*$ ), ( $C^*$ ) e ângulo de ( $h$ ) (RODRIGUES et al., 2020).

A textura das amostras de Pepperoni foi determinada por meio do Texturômetro Stable Micro System, modelo TA.XT Plus. Nele foi utilizada o probe modelo P100, usando como velocidade pré-teste, teste e pós- teste 5 mm/seg. As amostras previamente cortadas em 6 cubos de aresta de 1 cm foram submetidas a dois ciclos de compressão, tendo sua altura original reduzida em 50 %. Assim foram obtidos os seguintes parâmetros: dureza, adesividade, coesividade, mastigabilidade e resiliência. De maneira análoga à análise colorimétrica, cada tratamento resultou em 18 leituras de textura. Utilizou-se o mesmo Texturômetro Stable Micro System, modelo TA.XT Plus para avaliar a textura dos OGs e do toucinho, porém, com alteração da probe, que foi usada o modelo P/2 tendo a força de penetração medida a 7 mm de profundidade e a velocidade de penetração de 100 mm/min. As amostras previamente acondicionadas em recipientes de poliestireno de 50 ml e após o resfriamento foram submetidas a 14 penetrações. O mesmo ocorreu com as amostras de toucinho, que possuíam altura média de 2 cm. Assim foram obtidos os seguintes parâmetros: dureza, adesividade, coesividade, flexibilidade e mastigabilidade (MOGHTADAEI; SOLTANIZADEH; GOLI, 2018).

## Resultados e discussão

O teor de cinzas (%) das amostras de Pepperoni não foi afetado ( $p>0,05$ ) pelos níveis de substituição do toucinho por OG de óleo de açaí, apresentando o valor médio de  $5,02 \pm 0,22$ . Um comportamento semelhante foi relatado por Pintado e Cofrades (2020), em que o embutido fermentado controle (contendo gordura suína) não se diferiu estatisticamente do embutido fermentado contendo OG de cera de abelha, óleo de chia e azeite. No entanto, estudos como o de Yilmaz e Toksök (2022), que também utilizaram cera como estruturante, resultaram em diferenças significativas no teor de cinzas das amostras elaboradas.

Já a umidade (%) das amostras de Pepperoni aumentou linearmente ( $p<0,05$  e  $R^2=0,75$ ) conforme foi realizada a substituição progressiva do toucinho por OG de óleo de açaí (Figura 1a).



Sendo assim, pode-se observar que a variação obtida entre o T0 e o T100 foi de 5,62 % e que todas as amostras apresentaram teor de água superior a 40 %.

Como citado, o processo da maturação foi interrompido após a redução da massa inicial das amostras em 30 %, entretanto, as amostras apresentaram tempos de maturação distintos, como pode ser observado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Tempo de maturação das amostras de Pepperoni**

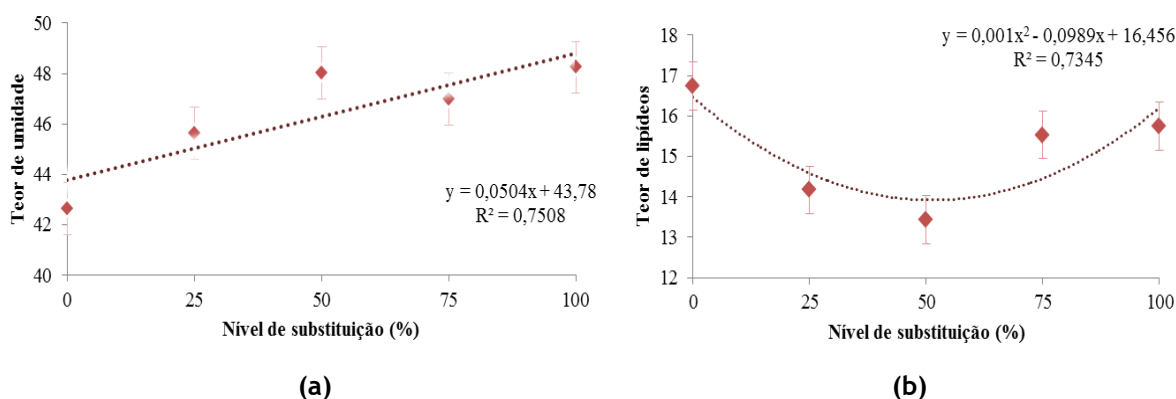
Amostra	Tempo de maturação (dias)
T0	11
T25	11
T50	11
T75	16
T100	38

Fonte: Autores, 2023.

Diante disso, é possível afirmar que a incorporação de OG de óleo de açaí e cera de abelha teve influência no aumento da retenção de água nas amostras. Conseqüentemente, os tratamentos com maiores quantidades de OG apresentaram maior tempo de dessecação durante o processo de maturação. Isso pode ser explicado pela formação da rede tridimensional do organogel que retém a umidade e evita a sua perda (MARTINS *et al.*, 2016).

Corroborando com os resultados supracitados, outras pesquisas utilizando a cera de abelha como estruturante também obtiveram produtos cárneos contendo maiores teores de água (GAO *et al.*, 2021; MOGHATAEI, SOLTANIZADEH e GOLI, 2018).

**Figura 1 - Efeito do nível de substituição de toucinho por organogel de óleo de açaí sobre o teor de umidade (%) e lipídeos das amostras de Pepperoni**



Fonte: Autores, 2023.

No que diz respeito ao teor de lipídeos presente nas amostras de Pepperoni, pode-se observar um comportamento quadrático crescente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,73$ ) afetado pela quantidade de gordura substituída por OG de óleo de açaí (Figura 1b). O ponto mínimo da parábola foi obtido no tratamento T50, indicando que o teor de gordura desse tratamento foi menor entre os demais. Em contrapartida, o tratamento controle (T0) apresentou o maior teor de lipídeos, mesmo quando comparado ao teor de gordura nos tratamentos T75 e T100, que por sua vez, foram mais elevados que os tratamentos T25 e T50. Vale ressaltar que não houve mudança na quantidade de lipídeos



adicionados nos tratamentos, uma vez que, as amostras receberam proporções distintas de toucinho e OG de óleo de açaí, porém, a fração lipídica de todas as amostras correspondeu a 15% da formulação.

Durante a etapa de maturação, foi percebido que as amostras que continham a adição de OG de óleo de açaí gotejavam e perdiam líquido através do envoltório de colágeno, esse fator pode ter influenciado no teor final de gordura das amostras. Ademais, a concentração de gordura nos tratamentos contendo OG foi menor do que o T0. Essa característica de redução do teor de lipídeos também foi observada por Wolfer *et al.* (2018) em salsichas *Frankfurt* com adição de OG contendo cera de farelo de arroz.

Ao analisar o teor de proteínas (%) das amostras de Pepperoni, obteve-se a média de  $26,2 \pm 1,70$ . Os resultados obtidos inferem que os níveis de substituição de toucinho por OG não afetaram ( $p > 0,05$ ) o teor proteico das amostras estudadas. Moghtadaei, Soltanizadeh e Goli (2018) quando adicionaram OG de cera de abelha e óleo de gergelim em hambúrgueres, também não verificaram influência do OG no teor proteico das amostras. Isso pode ser explicado pela pequena quantidade de proteína encontrada no OG de óleo de açaí, que corresponde a 0,52 (%N). Sendo assim, pode-se inferir que o teor proteico das amostras de Pepperoni é proveniente das carnes utilizadas em sua formulação.

De modo semelhante, o teor de carboidratos (%) também não foi afetado ( $p > 0,05$ ) pela substituição gradativa do toucinho por OG. Desse modo, a quantidade média de carboidratos presente nas amostras foi de  $7,37 \pm 2,91$ , sendo esse valor considerado elevado quando se trata de embutidos cárneos fermentados. O OG de óleo de açaí quando analisado, apresentou o teor de carboidratos de  $13,57 \pm 2,24$ . Essa característica do OG pode ser atribuída à sua composição, especialmente a cera de abelha. Segundo Martins *et al.* (2016), a cera de abelha é uma mistura complexa de compostos químicos predominantemente baseados em compostos alcoólicos de cadeia linear com cadeias carbônicas de C24 a C36 e ácidos de cadeia linear com esqueletos carbônicos de até C36, incluindo alguns hidroxiácidos C18 que podem ser ésteres, diésteres e triésteres.

O pH das amostras de Pepperoni apresentou média de  $4,34 \pm 0,08$  e os valores obtidos demonstram que a substituição de toucinho por OG não influenciou ( $p > 0,05$ ) o potencial hidrogeniônico das amostras. Já o pH do OG de óleo de açaí e cera de abelha, correspondeu a  $5,81 \pm 0,07$ . Por se tratar de um embutido cárneo que passa pelo processo de fermentação, é esperado que ele tenha um pH ácido (RAMOS; FONTES, 2005).

Considerando a atividade de água ( $a_w$ ) das amostras de Pepperoni, observa-se na Figura 3 um aumento quadrático crescente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,99$ ) conforme maiores quantidades de OG foram adicionados aos tratamentos. Embora significativa, a variação da atividade de água dos tratamentos extremos (T0 e T100) correspondeu a 0,023.

Após a maturação do embutido fermentado *Fuet* contendo 80 % de OG de cera de abelha e 20 % de toucinho, Pintado e Cofrades (2020) constataram a atividade de água de 0,91, enquanto na amostra contendo somente toucinho, foi verificado a  $a_w$  de 0,87. Assim como no presente estudo, a adição de organogel de cera de abelha pode ter influenciado no aumento da atividade de água das amostras. Isso demonstra que quanto maior a substituição do toucinho por OG, mais susceptível será

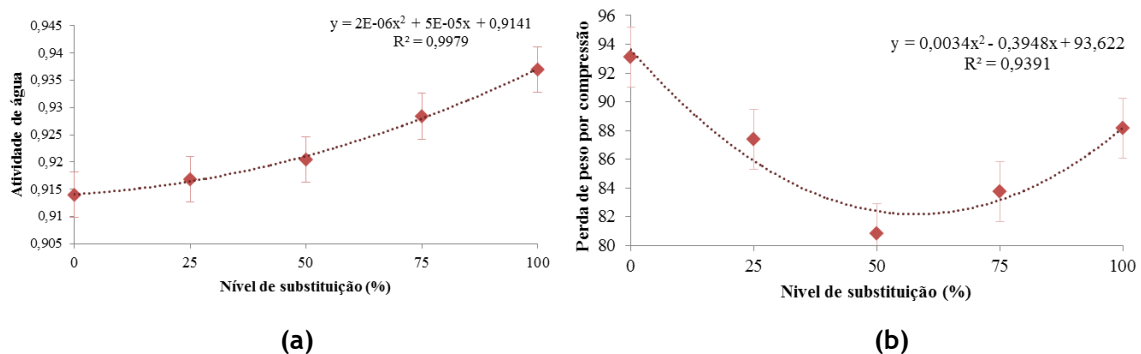


o embutido fermentado à proliferação de microrganismos, uma vez que,  $a_w$  acima de 0,75 favorece o seu crescimento (DALA-PAULA *et al.*, 2021).

Ademais, utilizando a correlação de Pearson, pode-se afirmar que a atividade de água quando associada à umidade possui uma correlação positiva ( $p=0,74$ ). Terra, Fries e Terra (2004b) afirmam que quanto maior a umidade de um alimento maior será a quantidade de água livre disponível para as reações físicas, químicas e bioquímicas que fazem parte do crescimento dos microrganismos.

A partir disso, pode-se afirmar, que a ambos os parâmetros associados ao pH podem ser considerados limitantes ao se substituir toucinho por OG de cera de abelha, a fim de que o Pepperoni obtido seja microbiologicamente seguro.

**Figura 3** - Efeito do nível de substituição de toucinho por organogel de óleo de açaí sobre a atividade de água e perda por compressão das amostras de Pepperoni



Fonte: Autores, 2023.

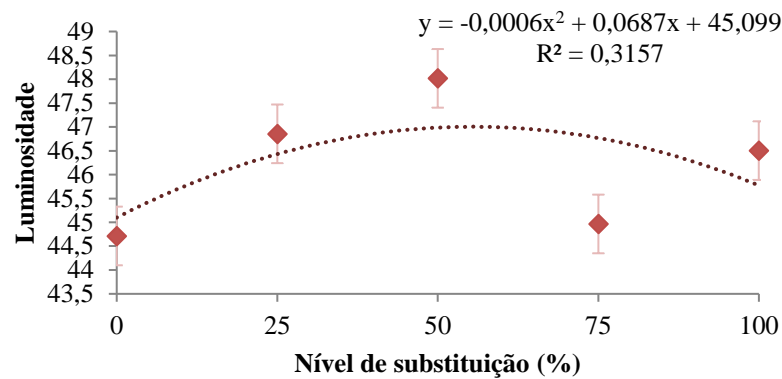
Quando analisada a perda de peso por compressão (Figura 3b), os resultados demonstraram que ela foi afetada quadráticamente ( $p<0,05$  e  $R^2=0,94$ ) pelos níveis de substituição do toucinho por OG de óleo de açaí. Observa-se no gráfico o comportamento crescente, tendo como ponto mínimo o tratamento T50 correspondendo a 80,8, indicando que nele houve menor retenção de líquido.

Utilizando a análise de correlação de Pearson para associar a perda por compressão ao teor de lipídeos, obteve-se como resultado uma associação positiva ( $p=0,78$ ). Como já dito anteriormente, durante a maturação houve perda por gotejamento, sendo assim, na amostra T50, onde houve menor retenção de líquido também foi observado o menor teor de lipídeos. Isso indica que durante a compressão, bem como na maturação, o líquido perdido foi o óleo de açaí. Sendo assim, pode-se afirmar que os tratamentos contendo em sua composição OG de óleo de açaí estão sujeitos a maiores perdas de óleo quando comparados ao tratamento controle (T0). Essa característica pode ser relacionada a maior estabilidade do toucinho no processo de maturação.

De modo geral, as amostras de Pepperoni contendo cinco níveis de substituição de toucinho por OG (0, 25, 50, 75 e 100%) apresentaram para o parâmetro  $a^*$  a média de  $15,79 \pm 1,18$  e para o parâmetro  $b^*$  a média de  $14,25 \pm 1,17$ . No que diz respeito à saturação das amostras o valor médio do croma ( $C^*$ ) foi de  $21,29 \pm 1,34$  e ao analisar a tonalidade, as amostras apresentaram o *hue* médio de  $45,1 \pm 2,71$ . Já a luminosidade foi afetada quadraticamente ( $p<0,05$  e  $R^2=0,32$ ) pela substituição do toucinho por OG de óleo de açaí, apresentando um comportamento decrescente (Figura 4). Isso

indica que a incorporação de OG em até 50% propiciou em amostras ligeiramente mais claras, quando comparadas ao tratamento controle e com adição de 75 e 100% de OG. Isso indica que o OG quando adicionado é capaz de conferir cor aos Pepperonis.

**Figura 4** - Efeito do nível de substituição de toucinho por organogel de óleo de açaí sobre a luminosidade das amostras de Pepperoni



Fonte: Autores, 2023.

Vale ressaltar que diferentes óleos vegetais resultam em OGs com colorações distintas. Na Figura 5 é possível apresentada pelas amostras de Pepperoni após período de fermentação e secagem, nela pode-se observar que valores médios de  $a^*$  e  $b^*$  correspondem ao vermelho amarelado. Pintado e Cofrades (2020) obtiveram na análise colorimétrica de um embutido fermentado denominado *Fuet* que continha OG de cera de abelha, óleo de chia e azeite os valores de  $16,75 \pm 0,88$  e  $10,19 \pm 1,08$ , para os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente. Esse comportamento foi semelhante aos valores obtidos nas amostras de Pepperoni, o que demonstra que a substituição de toucinho por OG é uma estratégia capaz de manter a coloração característica do produto cárneo fermentado (PINTADO; COFRADES, 2020).

**Figura 5** - Amostras de Pepperoni com cinco níveis de substituição de toucinho por OG de óleo de açaí



Fonte: Autores, 2023.

Ao analisar a textura instrumental das cinco amostras de Pepperoni, verificou-se que a elasticidade (%) média dos tratamentos foi de  $64 \pm 9,72$  enquanto a resiliência (%) média foi de  $10,77 \pm 1,90$ . Considerando a elasticidade, essa mesma tendência foi observada por Yilmaz e Toksöz (2022) que utilizaram a cera de abelha como estruturante em OG aplicado em embutido fermentado *Sucuk*. Porém, ao avaliar a resiliência, os autores verificaram diferenças significativas entre as

amostras controle e amostra contendo OG.

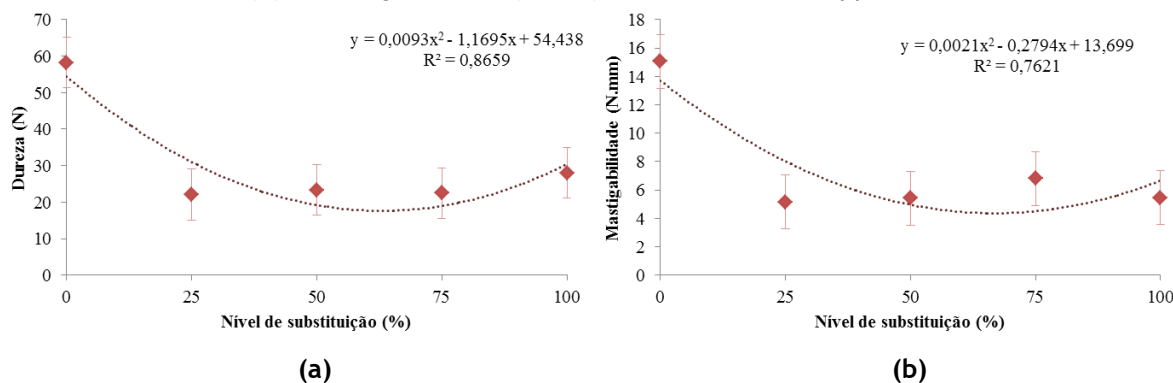
Ao se tratar da dureza (N) das amostras de Pepperoni, pode-se inferir que ela foi afetada quadraticamente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,87$ ) pela substituição de diferentes concentrações do toucinho por OG de óleo de açaí. Na Figura 6a, observa-se o declínio da dureza nos tratamentos contendo OG quando comparados ao tratamento controle (T0). A dureza tem uma relação negativa com o teor de umidade em produtos cárneos fermentados secos (PINTADO; COFRADES, 2020), sendo assim, ao realizar a análise de correlação de Pearson entre os parâmetros dureza e teor de água das amostras de Pepperoni, obteve-se uma associação negativa tendo como coeficiente de correlação ( $\rho$ ) o valor de  $-0,83$ .

Desse modo, infere-se que a dureza e o teor de água são inversamente proporcionais, e essa relação explica o comportamento das amostras de Pepperoni demonstrado pela curva obtida na análise de regressão. Em estudos presentes na literatura, comportamentos semelhantes foram observados. Amostras do embutido fermentado *Fuet* contendo OG foram analisadas e resultaram em dureza menor quando comparadas a amostra controle (contendo toucinho), porém, essa diferença não foi estatisticamente significativa considerando o nível de significância de 5 % (PINTADO; COFRADES, 2020).

Realizando a substituição de gordura animal por OG de cera de abelha e colza em hambúrguer de coração bovino, foi obtida uma dureza menor no tratamento que continha somente OG, quando comparado ao tratamento controle (GAO *et al.*, 2021).

Ademais, a redução da dureza também pode estar associada ao óleo vegetal utilizado bem como a taxa de resfriamento do OG durante o seu processamento, que pode influenciar negativamente na formação e estabilização de sua estrutura (GAO *et al.*, 2021).

**Figura 6** - Efeito do nível de substituição de toucinho por organogel de óleo de açaí sobre a dureza (N) e mastigabilidade (N.mm) das amostras de Pepperoni



Fonte: Autores, 2023.

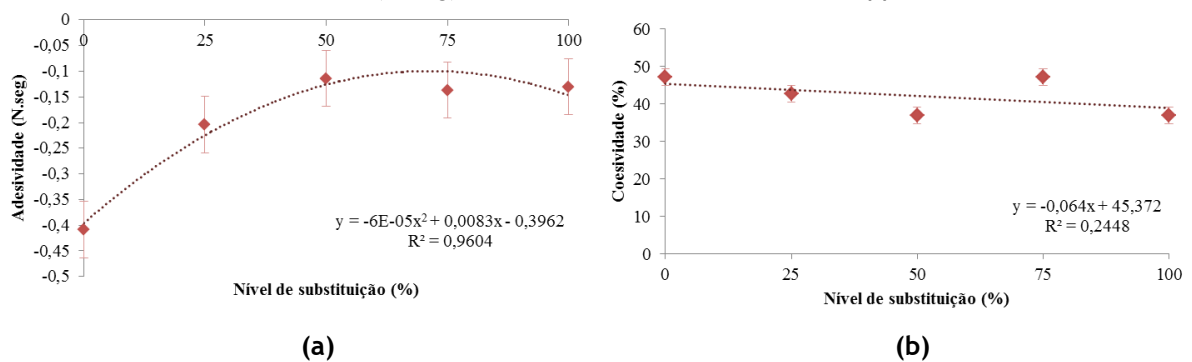
Na Figura 6b é notório um comportamento semelhante ao obtido no parâmetro dureza (N). Ao observá-la, pode-se afirmar que a mastigabilidade (N.mm) também foi afetada quadraticamente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,76$ ) pela substituição de diferentes concentrações do toucinho por OG de óleo de açaí. Ao relacionar a mastigabilidade ao teor de água por meio da correlação de Pearson, obteve-se a associação negativa ( $\rho = -0,88$ ), indicando que assim com a dureza, a mastigabilidade apresenta menores valores em casos em que há maior teor de água nas amostras.

A adição de OG contendo cera de abelha também afetou a mastigabilidade de amostras de *Sucuk*. Quando avaliado, o embutido fermentado resultou em uma mastigabilidade média de 4,96 N.mm, sendo um pouco menor do que o resultado do presente estudo, onde a média somente dos tratamentos que continham OG correspondeu a 5,70 N.mm. No entanto, Wofler *et al.* (2018) não verificaram diferenças estatísticas na mastigabilidade de salsichas *Frankfurt* contendo OG de cera de abelha quando comparadas ao tratamento controle (contendo toucinho), isso se deve ao fato de que a umidade também não apresentou mudanças entre os tratamentos.

Na Figura 7a é possível verificar o comportamento das amostras de Pepperoni frente ao parâmetro de adesividade (N.sec). Observa-se que a substituição gradativa do toucinho afetou quadraticamente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,96$ ) a adesividade, e infere-se que o tratamento controle (T0) teve como resultado desse parâmetro a média de -0,41, sendo ela superior as médias obtidas nos demais tratamentos.

A adesividade está relacionada à aderência do alimento a superfície. Conforme relatado por WOLFER *et al.*, (2018) que também verificaram a redução desse parâmetro na análise de textura de salsichas *Frankfurt* ao adicionar em sua composição OG de cera de abelha. A maior adesividade obtida no tratamento controle pode estar relacionada à formação de vácuo durante a compressão causada por vazios onde estavam os glóbulos de gordura antes do porcionamento das amostras (WOLFER *et al.*, 2018).

**Figura 7** - Efeito do nível de substituição de toucinho por organogel de óleo de açaí sobre a adesividade (N.sec) e coesividade das amostras de Pepperoni



Fonte: Autores, 2023.

A coesividade foi afetada linearmente ( $p < 0,05$  e  $R^2 = 0,25$ ) pela substituição do toucinho por OG de óleo de açaí. Embora apresente um baixo coeficiente de regressão ( $R^2$ ) a reta demonstrada na Figura 7b apresenta comportamento decrescente, variando de 47,14 % a 36,93 %.

O toucinho é mais coeso que o OG de óleo de açaí, e eles apresentam coesividade média de 0,84 e 0,05 (%) respectivamente. Nesse sentido, o comportamento decrescente já era esperado nas amostras de Pepperoni. Vale ressaltar que, por ter sido realizado manualmente, o processo de embutimento pode ter influenciado a coesividade resultante das amostras de Pepperoni.



## Conclusão

O presente estudo demonstrou que a substituição do toucinho por organogel de óleo de açaí em Pepperoni é uma tecnologia viável quando se trata da conservação das características colorimétricas e manutenção de alguns componentes centesimais, como o teor de minerais e o teor de proteínas.

Considerando a segurança alimentar dos Pepperonis obtidos, enfatiza-se que o teor de água e atividade de água podem ser considerados fatores limitantes da substituição. Por se tratar de um produto fermentado que será armazenado em temperatura ambiente é necessário que esses parâmetros sejam ajustados por meio da etapa de secagem, garantindo assim a conservação do produto no *shelf-life*.

Por fim, novas pesquisas e novas metodologias são necessárias para que os parâmetros analisados sejam melhorados e resultem em um produto com propriedades físicas, químicas e tecnológicas adequadas. Além disso, novos óleos vegetais, bem como outros estruturantes podem ser utilizados para contornar os desafios aqui encontrados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus JK, ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelas bolsas de estudo concedidas.

## Referências

ANDRADE, M. P. D. **Efeito da radiação gama e nitrito na inibição do *Clostridium botulinum* e na qualidade de mortadelas**. 2013. Tese (Dourado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa n° 22, de 31 de julho de 2000**. 2000

DALA-PAULA, B. M.; GOZZI, W. P.; KRINGEL, D. H.; PELOSO, E. de F.; CUSTÓDIO, F. B. **Química & Bioquímica de Alimentos**. Alfenas: Editora Universidade Federal de Alfenas, 2021.

GAO, Y.; LI, M.; ZHANG, L.; WANG, Z.; YU, Q.; HAN, L. **Preparation of rapeseed oil oleogels based on beeswax and its application in beef heart patties to replace animal fat**. *LWT*, v. 149, p. 111986, set. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1a Edição Digital. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**, 2008.

MARTINS, A. J.; CERQUEIRA, M. A.; FASOLIN, L. H.; CUNHA, R. L.; VICENTE, A. A. **Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process**. *Food Research International*, v. 84, p. 170-179, jun. 2016.





SILVA, K. V. V.; GONÇALVES, B. N. A.; OLIVEIRA, L. C.; SCHMIELE, M.; ANDRADE, M. P. D. Caracterização de pepperoni com aplicação de organogel de cera de abelha e óleo de açaí como substituto de gordura. *Revista Semiárido De Visu*, V. 12, n. 1, p. 03-16, fev. 2024. ISSN 2237-1966.

MOGHTADAEI, M.; SOLTANIZADEH, N.; GOLI, S. A. H. **Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger**. *Food Research International*, v. 108, p. 368-377, jun. 2018.

PANAGIOTOPOULOU, E.; MOSCHAKIS, T.; KATSANIDIS, E. **Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages**. *LWT*, v. 73, p. 351-356, nov. 2016.

PINTADO, T.; COFRADES, S. **Quality characteristics of healthy dry fermented sausages formulated with a mixture of olive and chia oil structured in oleogel or emulsion gel as animal fat replacer**. *Foods*, v. 9, n. 6, jun. 2020.

RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Produtos Fermentados**. v. 2, 2005.

RODRIGUES, L. M.; SALES, L. A.; FONTES, P. R.; TORRES FILHO, R. de A.; ANDRADE, M. P. D.; RAMOS, A. de L. S.; RAMOS, E. M. **Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nellore cattle**. *Food Chemistry*, v. 313, p. 126137, maio 2020.

TERRA, A. B. de M.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. **Particularidade na fabricação de salame**. [s.l.] Varela, 2004. 152 p.

WOLFER, T. L.; ACEVEDO, N. C.; PRUSA, K. J.; SEBRANEK, J. G.; TARTÉ, R. **Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax**. *Meat Science*, v. 145, p. 352-362, nov. 2018.

YILMAZ, E.; TOKSÖZ, B. **Flaxseed oil-wax oleogels replacement for tallowfat in sucuk samples provided higher concentrations of polyunsaturated fatty acids and aromatic volatiles**. *Meat Science*, v. 192, p. 108875, out. 2022.