

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA SOFIA DIAS FIGUEIREDO CAMPOS

**Uso de susceptor e cobertura de amido como forma de uniformizar e distribuir o calor em
lombo suíno temperado preparado em micro-ondas.**

Pirassununga

2023

ANA SOFIA DIAS FIGUEIREDO CAMPOS

**Uso de susceptor e cobertura de amido como forma de uniformizar e distribuir o calor em
lombo suíno temperado preparado em micro-ondas.**

“Versão Corrigida”

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Administração do programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação na Indústria Animal.

Área de Concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Orientadora: Profa. Dra. Marta Mitsui Kushida

Co-orientadora: Profa. Dra. Cynthia Ditchfield

Pirassununga

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C198u Campos, Ana Sofia
 Uso de susceptor e cobertura de amido como forma de uniformizar e distribuir o calor em lombo suíno temperado preparado em micro-ondas. / Ana Sofia Campos ; orientador Marta Kushida ; coorientador Cynthia Ditchfield. -- Pirassununga, 2023.
 43 f.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional Gestão e Inovação na Indústria Animal) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

 1. cloreto de sódio. 2. propriedades dielétricas. 3. revestimento emulsificado. 4. carne. 5. micro-ondas. I. Kushida, Marta, orient. II. Ditchfield, Cynthia, coorient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar meus caminhos e guiar meus passos. À minha mãe Andréa Dias Figueiredo Pereira pelo apoio, carinho e paciência em todos os momentos e ao meu avô José Carlos Figueiredo Pereira (*in memoriam*) que sempre me incentivou a buscar por mais conhecimentos. À BRF S.A. que me apoiou e confiou no meu projeto, por disponibilizar tempo dentro do meu período de trabalho para me dedicar cada vez mais ao projeto do Mestrado. À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos pela oportunidade de realizar este trabalho. À Prof^a. Dr^a. Marta Mitsui Kushida pela orientação, e Prof^a. Dr^a. Cynthia Ditchfield pela co-orientação, paciência, oportunidade de aprendizado e auxílio pessoal nos momentos difíceis enfrentados durante este mestrado. Agradeço às duas por me ajudarem tanto e acreditaram em mim.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O cozimento em micro-ondas é interessante devido ao aquecimento mais rápido e eficiente, mas apresenta desafios para produtos cárneos devido ao aquecimento não uniforme, falta de escurecimento da superfície e secagem excessiva. Neste estudo, o cloreto de sódio foi utilizado como susceptor para auxiliar na distribuição do calor em lombo suíno submetido ao cozimento em micro-ondas. Uma cobertura comestível à base de amido de mandioca contendo óleo de soja foi preparada com concentrações de cloreto de sódio variando entre 0 e 8,26 g/100 g de solução de cobertura e uma solução de água salgada para injeção com concentrações de cloreto de sódio entre 1,66 e 4,59 g/100 g de solução. Estes foram aplicados ao lombo de porco de acordo com um design rotacional composto central. Utilizou-se um forno micro-ondas doméstico para cozer o lombo de porco até a temperatura interior atingir os 74 °C. As propriedades dielétricas do revestimento e da água salgada foram determinadas, e o fator de perda dielétrica aumentou com o maior teor de cloreto de sódio. O ângulo de contato com a água dos revestimentos indica que eles eram hidrofílicos (abaixo de 90°). As amostras tratadas com revestimento e injeção apresentaram coloração superficial marrom e tempos de cozimento mais curtos (4 minutos). A força de cisalhamento Warner-Bratzler das amostras cozidas foi semelhante à do lombo de porco na literatura. O teor de sódio manteve-se abaixo do limite para rotulagem frontal (abaixo de 600 mg/100 g de carne). O cozimento em micro-ondas reduziu a contagem microbiana de *Mesófilos* e *Estafilococos coagulase-positivos*. Os resultados microbianos para *E. coli*, *Salmonella spp*, *Mesófilos totais* e *Staphylococcus coagulase positiva* estiveram dentro dos limites da regulamentação brasileira em todas as amostras cozidas. O cloreto de sódio na cobertura e a água salgada atuaram como susceptor reduzindo o tempo de cozimento e melhorando a cor do lombo de porco micro-ondas, houve efeito de que com o aumento da concentração de sódio na cobertura aumenta-se o fator de perda dielétrica e que as concentrações de sódio na cobertura e na salmoura interferem na coloração do produto. Como houve uma variabilidade dos valores e poucas correlações das variáveis, sugere-se realizar novas análises com diferentes concentrações que podem melhorar o trabalho.

Palavras-chave: cloreto de sódio, carne, revestimento emulsificado, propriedades dielétricas, fécula de mandioca.

ABSTRACT

Microwave cooking is interesting due to faster and more efficient heating but presents challenges for meat products because of non-uniform heating, lack of surface browning and excessive drying. In this study sodium chloride was used as a susceptor to help distribute heat in pork loin submitted to microwave cooking. An edible cassava starch-based coating containing soybean oil was prepared with sodium chloride concentrations varying between 0 and 8.26 g/100 g of coating solution and a saltwater solution for injection with sodium chloride concentrations between 1.66 and 4.59 g/100 g of solution. These were applied to the pork loin according to a central composite rotational design. A domestic microwave oven was used to cook the pork loin until the interior temperature reached 74 °C. The dielectric properties of the coating and saltwater were determined, and the dielectric loss factor increased with higher sodium chloride content. The water contact angle of the coatings indicate that they were hydrophilic (below 90°). The samples treated with the coating and injection presented a brown surface color and shorter cooking times (4 minutes). The Warner-Bratzler shear force of the cooked samples were similar to pork loin in literature. The sodium content remained below the limit for front of pack labeling (below 600 mg/100 g of meat). Microwave cooking reduced microbial counts of *mesophiles* and *coagulase-positive Staphylococci*. The microbial results for *E. coli*, *Salmonella spp*, *total mesophiles* and *coagulase-positive Staphylococci* were within the limits of Brazilian regulations in all cooked samples. The sodium chloride in the coating and the salt water acted as a susceptor, reducing the cooking time and improving the color of the microwave pork loin, there was an effect that with the increase in the sodium concentration in the coating, the loss factor increases dielectric and that the concentrations of sodium in the coating and in the brine interfere with the color of the product. As there was variability in the values and few correlations between the variables, it is suggested to carry out new analyzes with different concentrations to improve the work.

Keywords: sodium chloride, meat, emulsified coating, dielectric properties, cassava starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cortes suínos	4
Figura 2 – Modelos de nova rotulagem frontal: modelo com alto teor de um nutriente (a), modelo com alto teor de dois nutrientes (b) e modelo com alto teor de três nutrientes (c).....	7
Figura 3 - Espectro de Luz por comprimento de onda	8
Figura 4 – Funcionamento do forno de micro-ondas	9
Figura 5 - Estrutura molecular da amilose (a) e amilopectina (b).....	13
Figura 6 - Estrutura química do glicerol.....	14
Figura 7 - Analisador de redes E5061B (atrás) acoplado à sonda coaxial 85070E (frente).....	20
Figura 8 - Lâmina Warner-Bratzler “V”	22
Figura 9 - Constante dielétrica (ϵ') (a) e fator de perda dielétrica (ϵ'') (b) das soluções de água salgada e constante dielétrica (ϵ') (c) e fator de perda dielétrica (ϵ'') (d) da solução de revestimento.	26
Figura 10 - (a) amostras de lombo de porco cru e (b) amostras de lombo de porco cozinhado no micro-ondas	28
Figura 11 - Temperatura durante o aquecimento por micro-ondas das amostras.....	30
Figura 12 – Média dos valores de L^* (a), a^* (b) e b^* (c) para as amostras controle (T0) e amostras com diferentes formulações.....	31
Figura 13 - Diferença de cor das amostras de lombo de porco cozido em relação à amostra Controle para a diferença de cor total (ΔE).	33
Figura 14 – Médias e desvio padrão da diferença de cor das amostras de lombo suíno preparadas em relação à amostra Controle com base na: luminosidade (ΔL^*) (a), valor de vermelho/verde (Δa^*) (b) e valor de amarelo/azul (Δb^*) (c).	33
Figura 15 - Força de cisalhamento Warner-Bratzler do lombo suíno cozido no micro-ondas com diferentes tratamentos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional de cortes suínos, sobrecoxa de frango e filé bovino (valor nutricional de carne crua em 100 g)	5
Tabela 2 - Quantidade de nutrientes que precisam sinalizar na embalagem	7
Tabela 3 - Propriedades dielétricas da carne em diferentes frequências	11
Tabela 4 - Conteúdo de amilose em amidos naturais.....	13
Tabela 5 – Análises e seus limite.....	15
Tabela 6 - Tabela de Níveis.....	17
Tabela 7 - Matriz do planejamento experimental.....	18
Tabela 8 - Análises microbiológicas e seus limites	23
Tabela 9 - Ângulo de contato com a água das coberturas.	25
Tabela 10 - Teor de sódio de amostras de lombo suíno submetidas a diferentes tratamentos e análises microbiológicas antes e após o preparo.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivos do trabalho.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1. Carne Suína.....	4
3.1.1. Lombo suíno	4
3.1.2. Carne temperada.....	6
3.2. FOP (<i>Front Of Pack Labeling</i>)	6
3.3. Forno de Micro-ondas.....	8
3.3.1. Funcionamento	8
3.3.2. Aquecimento de alimentos	9
3.3.3. Propriedades dielétricas	10
3.4. Susceptor.....	11
3.5. Cobertura de amido.....	12
3.6. Doença Transmitida por alimento (DTA).....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Materiais e equipamentos utilizados.....	16
4.2. Ingredientes utilizados	16
4.3. Definição das formulações.....	17
4.4. Preparo da solução/ salmoura para injeção.....	18
4.5. Preparo do emulsificado (parte hidrofóbica da cobertura)	18
4.6. Preparo da cobertura de amido	19
4.7. Análise de hidrofobicidade das coberturas de amido	19
4.8. Análise das propriedades dielétricas	20
4.9. Preparo do corte suíno temperado	21
4.10. Preparo em micro-ondas	21
4.11. Análise de cor	21
4.12. Análise de força de cisalhamento	22
4.13. Análise Físico-Química de Sódio	23
4.14. Análise microbiológica	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Análise de hidrofobicidade das coberturas de amido	24
5.2. Análise das propriedades dielétricas.....	25

5.2.1.	Propriedades dielétricas da solução de salmoura	25
5.2.2.	Propriedades dielétricas da solução da cobertura	25
5.3.	Preparo no micro-ondas	28
5.4.	Análise de cor	30
5.5.	Análise da força de cisalhamento	35
5.6.	Análise físico-química de sódio e análise microbiológica.....	36
6.	CONCLUSÃO	37
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

Com menos tempo para as atividades diárias, as pessoas estão buscando constantemente formas alternativas de reduzir o tempo gasto em diferentes tarefas. Nesse sentido, o micro-ondas se tornou um importante aliado para praticidade e rapidez no preparo dos alimentos. Embora seu uso tenha aumentado, alguns produtos não possuem um resultado satisfatório quando preparados por esse método (U.S. Food and Drug Administration, 2023).

Pela natureza do aquecimento do micro-ondas, carnes frescas podem não apresentar um cozimento uniforme, sendo assim um obstáculo de segurança do alimento já que pode não atingir a temperatura mínima requerida. Outro desafio é a questão sensorial, pois o produto pode desidratar excessivamente ficando seco e duro. Além disso, na maioria dos casos, principalmente carnes, não se atinge uma elevada temperatura na superfície que seja suficiente para alimento para gerar o escurecimento característico de produtos assados, sem que o seu interior fique borrachudo e seco.

Para se obter um bom produto cárneo preparado em forno de micro-ondas depende muito do entendimento de como o aquecimento ocorre e de que forma se pode atuar para chegar ao resultado que se pretende.

Os fornos de micro-ondas utilizam tecnologia completamente diferente dos outros equipamentos de cozimento convencional, em que a energia térmica é transferida por condução, convecção e/ou radiação, sendo o aquecimento do forno de micro-ondas de dentro para fora e do forno a gás de fora para dentro (PERRY; LENTZ, 2020). O aquecimento de um material devido à irradiação por micro-ondas se dá pela interação da onda eletromagnética gerada no equipamento com as moléculas do alimento. Dois mecanismos de aquecimento são a rotação dipolar e a condução iônica. Na rotação dipolar o dipolo elétrico da molécula, no caso dos alimentos a água, tende a se alinhar ao campo aplicado. No momento em que as moléculas sofrem certo alinhamento parcial, a direção do campo reverte, e as moléculas sofrem um realinhamento. O alinhamento e realinhamento das moléculas com elevada frequência, bem como as colisões produzem grande quantidade de calor, levando ao cozimento do alimento (HOGEBACK, 2016). A condução iônica refere-se à separação dos íons (por exemplo do sal/cloreto de sódio) causada pela atração aos polos opostos na aplicação do campo eletromagnético. Com a alternância dos polos as colisões entre os íons e com moléculas não ionizadas geram calor por atrito (TAQUES FILHO, 2015).

Segundo Hogeback (2016), os princípios envolvidos no aquecimento por esse método abrangem conceitos químicos, como: temperatura, capacidade calorífica, ligação química, estrutura molecular, momento de dipolo, polarização, constante dielétrica etc.

As propriedades dielétricas dos alimentos servem para determinar as taxas e a uniformidade do aquecimento e podem ser fortemente influenciadas pela composição do alimento, principalmente pelo conteúdo total de água e íons. As propriedades dielétricas de interesse usual são a constante dielétrica (ϵ') e o fator de perda dielétrica (ϵ''), que compõem a permissividade relativa complexa ϵ_t dada por: $\epsilon_t = \epsilon' - j\epsilon''$ (TAQUES FILHO, 2015)., ϵ' determina a quantidade de energia refletida do produto e transmitida para o produto, enquanto ϵ'' está relacionado a quão bem um material absorver energia de campos elétricos que passam por ele e quão bem ele converte essa energia em calor (OHLSSON; HENRIQUES; BENGTTSSON, 1974).

Um dos desenvolvimentos mais recentes que podem ser aplicados ao preparo de produtos em micro-ondas é o uso de susceptores. Os susceptores têm a propriedade de absorver a energia do micro-ondas e convertê-la em calor, que é transferido para o produto por condução ou radiação. O susceptor promove um aquecimento rápido e maior, fazendo com que a parte externa do alimento também fique bem aquecida (PSZCZOLA, 2005; SCHIFFMAN, 2005).

Segundo Perry e Lentz (2020), o susceptor foi desenvolvido como uma forma de combinar os dois tipos de aquecimento, quando adicionado externamente ao alimento, ele promove um aquecimento rápido e maior, fazendo com que a parte externa do alimento também fique bem aquecida.

Segundo o estudo realizado por Lyng; Zhang e Brunton, (2005), utilizando soluções com altas concentrações de ingredientes iônicos (sal e nitritos) em carnes processadas apresentaram um alto valor de perda dielétrica (ϵ''). Neste caso, foi possível afirmar que a utilização de cloreto de sódio (NaCl) favorece e influencia positivamente o aquecimento dos alimentos em forno de micro-ondas, atuando como um fator de alta perda dielétrica.

Por outro lado, o aumento do cloreto de sódio no alimento resulta num maior conteúdo de sódio, o que não é saudável e para evitar o uso excessivo de sal em alimentos industrializados, mais de 40 países (incluindo o Brasil) já adotaram uma nova rotulagem nutricional, conhecida internacionalmente por *front-of-pack labelling* (FOP). Trata-se de um novo modelo que traz para a parte frontal das embalagens alimentícias as principais informações nutricionais, esclarecendo para o consumidor de forma clara e simples, o alto teor de nutrientes que apresentam relevância para a saúde (FPA, 2019). Segundo a Anvisa, essa

nova rotulagem entrou em vigor no dia 9 de outubro de 2022, sendo assim, todos os alimentos que forem fabricados após esta data, deverão estar com esta nova rotulagem (ANVISA, 2022).

Para ajudar que a umidade fique retida no interior da carne durante o aquecimento com os susceptores, a utilização de coberturas e coberturas comestíveis de amido hidrofóbicas podem formar barreiras que evitem a migração de umidade para fora do produto, são capazes de focalizar o calor e a umidade, e assim fazer com que se atinjam temperaturas mais elevadas na parte externa e não percam a suculência, além de serem comestíveis (AMARAL, 2014).

Esse trabalho teve por objetivo a utilização de cloreto de sódio como susceptor sinterização híbrida com micro-ondas, usando materiais susceptores para ajudar no aumento e distribuição da temperatura no interior do bife/filé, atingindo a temperatura mínima mais rápido, e também com o recobrimento com uma cobertura de amido hidrofóbico com susceptores e condimentos para manutenção da umidade e textura, além de agregar uma coloração mais acastanhada para o produto, tornando-o mais atrativo, como se fosse preparado em forno convencional.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos do trabalho

Verificar o efeito do cloreto de sódio (injetado na peça e dentro de uma cobertura comestível com base de amido de mandioca, óleo e condimentos) no aquecimento do filé de lombo suíno por micro-ondas verificando as suas propriedades dielétricas, força de cisalhamento, tempo de preparo, cor da superfície, análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2. Objetivos específicos

- Preparar uma salmoura e cobertura comestível com inclusão de sal como susceptor sem apresentar um alto gosto salgado e que não ultrapasse o FOP (*front-of-pack labelling*);
- Atingir no interior do lombo suíno no mínimo 74 °C;
- Desenvolver uma cobertura comestível com redução da hidrofiliabilidade para aumentar a maciez interna do produto.
- Obter uma aparência de coloração mais escura do lombo suíno cozido em micro-ondas.

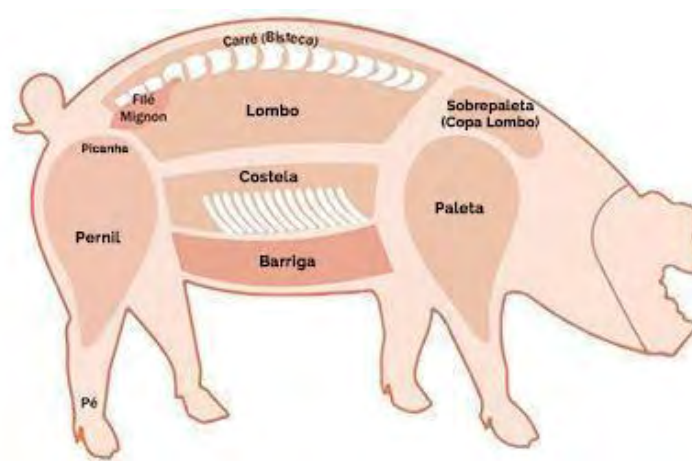
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Carne Suína

3.1.1. Lombo suíno

De acordo com a ABCS (2014), o lombo suíno é um “corte constituído das massas musculares que formam o dorso da meia carcaça, obtido pela separação das massas musculares aderidas à porção das costelas que pertencem a carré, vértebras torácicas e as seis vértebras lombares, já seccionadas longitudinalmente”, conforme Figura 1:

Figura 1 – Cortes suínos



Fonte: Frig Brasil, 2022.

De forma geral, a carne suína, ao contrário do que muitos pensam, é uma carne com muitos benefícios e rica em nutrientes, sendo eles: ácidos graxos monoinsaturados, proteínas, vitaminas do complexo B e muitos minerais. O valor calórico e teor de gordura depende muito da parte da carne. A Tabela 1 demonstra um pouco da composição nutricional de alguns cortes suínos, entre eles o lombo e comparando com carne de outros animais, como por exemplo bovino e ave:

Tabela 1 - Composição nutricional de cortes suínos, sobrecoxa de frango e filé bovino (valor nutricional de carne crua em 100 g)

	Lombo	Pernil	Costela	Sobrecoxa de frango	Contrafilé bovino
Calorias (kcal)	136	222	282	211	243
Proteínas (g)	20	18,37	16,1	17,2	19
Lipídeos (g)	5,4	15,6	23,5	15,2	19
Carboidratos (g)	-	-	-	-	-
Ác. Graxos saturados	1,87	5,44	8,73	4,38	7,29
Ác. Graxos monoinsaturados	2,42	6,98	1,96	3,38	0,64
Ác. Graxos poli-insaturados	0,58	1,68	1,96	3,38	0,64
Colesterol (mg)	66	66	81	84	67
Ferro (mg)	1,2	0,77	0,91	0,99	1,58
Magnésio (mg)	25	21	16	20	18
Sódio (mg)	49	61	75	76	53
Potássio (mg)	359	333	233	192	295
Selênio (mg)	32,4	30,7	24	12,9	16,7

Fonte: Sarcinelli; Venturini; Silva 2007.

Independente do corte, a carne suína apresenta 72% de água, 20% de proteínas, 7% de gordura, 1% de minerais e menos de 1% de carboidratos. Quando comparada a outros alimentos é possível afirmar que a carne suína é um alimento rico em proteínas e pobre em carboidratos, apresentando cerca de 147 kcal para cada 100 gramas de carne.

3.1.2. Carne temperada

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária (2018): “O produto cárneo temperado apresenta como ingredientes obrigatórios as carnes, miúdos ou partes comestíveis das diferentes espécies animais, sal e condimentos. O percentual de sal e condimentos acrescentados na formulação deverá representar pelo menos 1% da formulação total. Dentre estes, o produto cárneo temperado poderá incluir opcionalmente os seguintes ingredientes: aditivos intencionais (conforme legislação específica), água, monossacarídeos e dissacarídeos, maltodextrinas e dextrinas, vinho, cachaça, cerveja, whisky, conhaque, suco de fruta e outras bebidas alcoólicas e não alcoólicas, vinagre e mel, coadjuvantes de tecnologia, conforme legislação específica, molhos, proteína de origem animal, proteína de origem vegetal, óleos e gorduras vegetais”.

O processo de injeção é realizado por uma máquina com multiagulhas que injetam a salmoura entre as fibras das carnes. Para este processo, a salmoura pode atingir no máximo a temperatura de 5 °C com agitação constante (VANIN, 2010).

3.2. FOP (*Front Of Pack Labeling*)

Nos últimos anos, mais de 40 países já adotaram uma nova rotulagem nutricional, conhecida internacionalmente por *front-of-pack labeling* (FOP). Trata-se de um novo modelo que traz para a parte frontal das embalagens alimentícias as principais informações nutricionais, esclarecendo para o consumidor de forma clara e simples (Figura 2), o alto teor de nutrientes que apresentam relevância para a saúde (FPA, 2019). Segundo a Anvisa, essa nova rotulagem entrou em vigor no dia 9 de outubro de 2022, sendo assim, todos os alimentos que forem fabricados após esta data, deverão estar com esta nova rotulagem (ANVISA, 2022).

Esta nova rotulagem é obrigatória para alimentos que possuam as seguintes quantidades de nutrientes, conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Quantidade de nutrientes que precisam sinalizar na embalagem

Alto conteúdo de	Alimentos sólidos e semissólidos	Alimentos líquidos
Açúcar adicionado	15 g ou mais por 100 g de alimento	7,5 g ou mais por 100 mL de alimento
Gordura saturada	6 g ou mais por 100 g de alimento	3 g ou mais por 100 mL de alimento
Sódio	600 mg ou mais por 100 g de alimento	300 mg ou mais por 100 mL de alimento

Fonte: ANVISA, 2022

Figura 2 – Modelos de nova rotulagem frontal: modelo com alto teor de um nutriente (a), modelo com alto teor de dois nutrientes (b) e modelo com alto teor de três nutrientes (c)



(a)



(b)



(c)

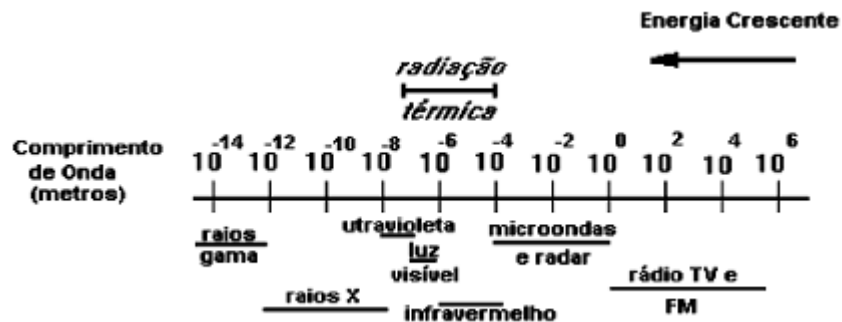
Fonte: ANVISA, 2022

3.3. Forno de Micro-ondas

3.3.1. Funcionamento

Segundo Arruda e Santelli (1997), define-se como micro-ondas a faixa do espectro eletromagnético que compreende comprimentos de onda entre 0,1 a 100 cm, conforme ilustrado na Figura 3:

Figura 3 - Espectro de Luz por comprimento de onda



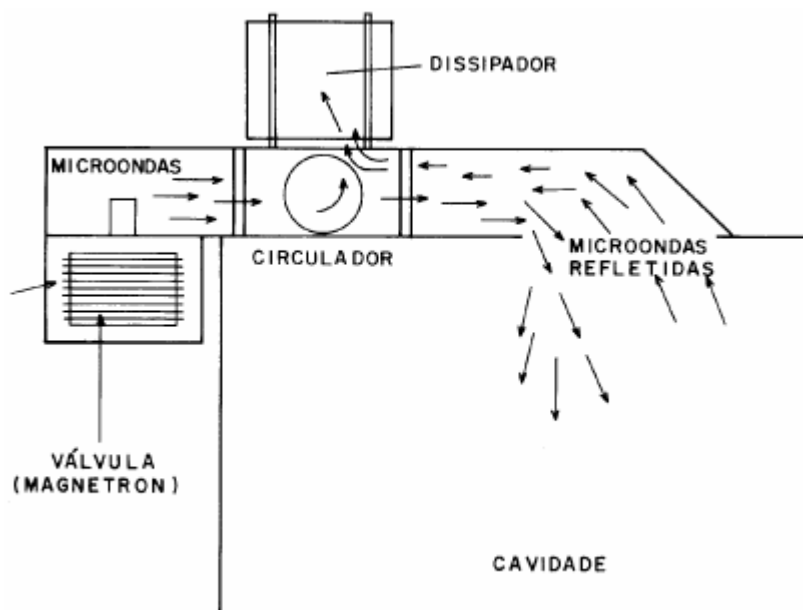
Fonte: TRANSFERÊNCIA..., 2022.

Segundo Arruda e Santelli (1997), “a energia micro-ondas é uma radiação eletromagnética não-ionizante que provoca movimento das espécies em solução pela migração de íons e/ou rotações de dipolo, causadas pelo elevado número de vezes em que o campo eletromagnético se alterna”. Com essa grande agitação das nas moléculas, ocorre o aquecimento.

As micro-ondas possuem frequências que podem variar de 300 a 300.000 MHz. A energia irradiada por um sistema de micro-ondas é de 600 a 700 W. Dessa forma, em média 43 kcal podem ser fornecidos por um forno de micro-ondas em cinco minutos (ARRUDA; SANTELLI, 1997).

O forno micro-ondas apresenta basicamente seis componentes: a válvula geradora de micro-ondas (magnetron), uma guia de ondas, a cavidade das micro-ondas, agitador (para espalhar as ondas), circulador e um exaustor de ar. As micro-ondas são formadas pelo magnetron, que são propagadas pelo guia de ondas, e inseridas dentro da cavidade do forno onde o espalhador distribui para diversas direções até atingirem o alimento (Figura 4):

Figura 4 – Funcionamento do forno de micro-ondas



Fonte: BARBOZA et al., 2001.

3.3.2. Aquecimento de alimentos

O forno de micro-ondas é um equipamento que vem fazendo parte da maioria dos lares, sendo o principal fator positivo o tempo de utilização com relação ao forno convencional. Em alguns casos o tempo para se preparar um alimento no forno de micro-ondas chega a ser até 80% menor do que o forno convencional (HOGEBACK, 2016).

Outro fator interessante para a utilização do forno de micro-ondas, é o aquecimento seletivo. Os fornos convencionais (gás ou elétrico) costumam sofrer aquecimento por inteiro, independente do material inserido, tudo o que estiver no seu interior foi aquecido, enquanto o forno de micro-ondas, o aquecimento dependerá do material inserido, depende de alguns conceitos químicos de: capacidade calorífica, temperatura, estrutura molecular, ligação química, momento de dipolo, constante dielétrica, polarização etc. (HOGEBACK, 2016).

Quando se olha para a composição dos alimentos, eles apresentam basicamente: água, carboidratos, lipídios e sais minerais. Sabendo que o mecanismo de aquecimento do micro-ondas é por rotação dipolar e aceleração dos íons, as interações de micro-ondas dependem exclusivamente do teor de umidade e sal nos alimentos. A água, com sua alta capacidade de aquecimento, quando em alimentos com muito ou médio percentual de umidade, é ela quem absorve toda a energia de micro-ondas, mas tende a aquecer de forma desigual. Já em alimentos mais secos, por apresentarem maior percentual de sólidos, são eles que exercem o papel de

absorver a energia, mesmo com baixa capacidade de absorção, mas assim, proporciona uma absorção mais uniforme quando comparado com produtos com alta umidade (BREWER, 2005).

3.3.3. Propriedades dielétricas

O aquecimento por micro-ondas está diretamente relacionado à como um material responde aos campos elétricos e magnéticos. (BHATTACHARYA; BASAK, 2016); Segundo Taques Filho (2015), “as propriedades que medem a resposta de um material ao campo elétrico são: constante dielétrica (ϵ') e a perda dielétrica (ϵ''). A constante dielétrica (ϵ') determina a capacidade de um material de armazenar energia elétrica, enquanto a perda dielétrica (ϵ'') determina a capacidade do material de converter a energia elétrica em calor”. Todas essas constantes compõem a permissividade relativa complexa ϵ_t dada por: $\epsilon_t = \epsilon' - j\epsilon''$.

Preparar produtos cárneos por radiação de micro-ondas tem se tornado uma aplicação muito comum em nível doméstico. Na Tabela 3 estão apresentadas as propriedades dielétricas da carne. Existem diferenças com relação às carnes magras ou gordas, como também a presença de alguns ingredientes que podem interferir nas propriedades dielétricas, como por exemplo: sal, temperos, nitritos e nitratos, corantes e outros (LYNG; ZHANG; BRUNTON, 2005).

Tabela 3 - Propriedades dielétricas da carne em diferentes frequências

Frequência (MHz)	Produto	ϵ' (Freq (MHz))	ϵ'' (Freq (MHz))
10–200	Carne magra a 10 °C	70 (100)–67 (200)	91 (100)–87.1 (200)
10–200	Bacalhau a 10 °C	72.8 (100)–68.9 (200)	123.6 (100)–60.63 (200)
2800	Carne	47.7 (2800)	13.4 (2800)
10,000	Carne de peixe	2.2 (10,000)	0.5 (10,000)
300, 915 e 2450	Carne crua	55 (2450)–58 (915)	25 (2450)–27 (915)–70 (300)
300, 915 e 2450	Carne cozida	29(2450)–34 (915)–39 (300)	10–55
300, 915 e 2450	Peru cru	52 (2450)–60 (915)–67 (300)	25(2450)–30 (915)–160 (300)
300, 915 e 2450	Peru cozido	37 (2450)–41 (915)–47 (300)	20 (2450)–27(915)–75 (300)
915	Peixe congelado	3.59–3.7 (915)	0.214–0.34 (915)
300–3000	Camarão	50 (3000)–70 (300)	20 (3000)–60 (300)
200–12,000	Frango	37.9–40 (2430)	11.8–17.8 (2430)
2450	Presunto	12–50 (2450)	13–130 (2450)
915 e 2450	Peru	44 (2450)–56 (915)	20 (2450)–180 (915)

Fonte: LYNG; ZHANG; BRUNTON, 2005.

3.4. Susceptor

Os susceptores tem como função converter a energia de micro-ondas em energia térmica, promovendo o aquecimento de alimentos com o intuito de que seja rápido e assemelhando ao mesmo alimento cozido em forno convencional, principalmente com relação às características sensoriais de aparência (escurecimento) e textura (crocância e suculência). Os susceptores podem ser divididos em três grupos, diferenciando pelos seus mecanismos de aquecimento (PERRY; LENTZ, 2020):

- Dielétrica - alta perda dielétrica.

- Magnética - principalmente perda magnética com alguma perda dielétrica em material com baixa condutividade elétrica.
- Resistivo - aquece por perda resistiva em uma cobertura eletricamente condutiva.

Quando se compararam os aquecimentos de forno a gás e micro-ondas, em forno a gás o alimento sofre aquecimento de fora para dentro, e como a parte externa está com temperatura acima do ponto de ebulição da água, isso causa uma coloração acastanhada e crocante no exterior do alimento pela reação de Maillard. Já para o preparo em micro-ondas, o ar dentro do forno é substituído diversas vezes para evitar a condensação excessiva nas paredes, isso faz com que a parte interna do alimento fique mais quente que a parte externa, fazendo com que a umidade interna do alimento seja levada para a superfície, ficando mais úmida e fria, dificultando reações que levam a coloração mais escura e crocância, assim como a perda de suculência no interior do alimento (ALBERT; SALVADOR; FISZMAN, 2012).

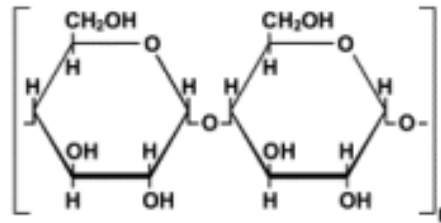
Segundo Perry e Lentz (2020), o susceptor foi desenvolvido como uma forma de combinar os dois tipos de aquecimento, quando adicionado externamente ao alimento, ele promove um aquecimento rápido e maior, fazendo com que a parte externa do alimento também fique bem aquecida.

Segundo o estudo realizado por Lyng; Zhang e Brunton, (2005), utilizando soluções com altas concentrações de ingredientes iônicos (sal e nitritos) em carnes processadas apresentaram um alto valor de perda dielétrica (ϵ''). Neste caso, foi possível afirmar que a utilização de cloreto de sódio (NaCl) favorece e influencia positivamente o aquecimento dos alimentos em forno de micro-ondas, atuando como um fator de alta perda dielétrica.

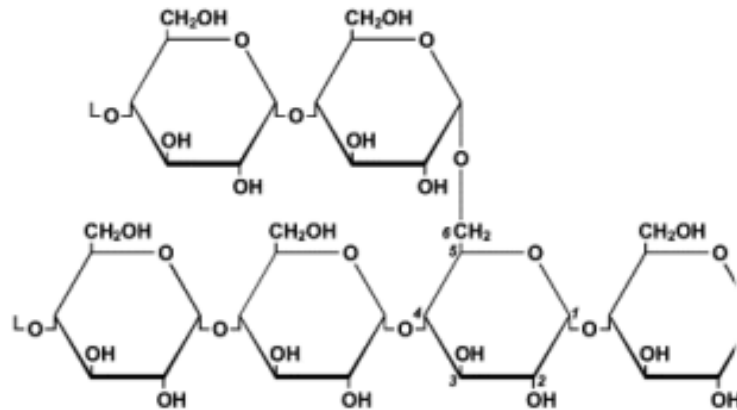
3.5. Cobertura de amido

Pelo baixo custo, abundância e fácil manipulação, o amido veio se tornando uma boa alternativa para produção de revestimentos e coberturas comestíveis (THOMAS, 2016). O amido é constituído por dois tipos de polímeros, a amilose e a amilopectina (Figura 5), sendo a amilose um polímero linear e a amilopectina um polímero ramificado. A variação na proporção de amilose na composição é de acordo com a fonte de origem (Tabela 4) (MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2009).

Figura 5 - Estrutura molecular da amilose (a) e amilopectina (b)



(a)



(b)

Fonte: CARBOIDRATOS, 2023.

Tabela 4 - Conteúdo de amilose em amidos naturais.

Fonte Vegetal	Amilose (%)
Milho	25
Batata	23
Arroz	15 - 25
Trigo	20
Mandioca	16 - 20
Inhame	30
Aveia	16 - 33

Fonte: (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2009)

O amido apresenta uma alta propriedade de formar géis, formando películas finas e transparentes quando desidratadas. A temperatura de gelatinização do amido varia entre 50 e 80 °C em uma solução contendo uma concentração de água acima de 60% (THOMAS, 2016).

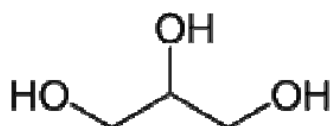
Durante o aquecimento, as moléculas de amilose, por serem lineares, iniciam um processo vibratório intenso, quebrando as pontes de hidrogênio intermoleculares. Isso permite com que a água entre e promova a gelatinização do amido (MALI, GROSSMANN, YAMASHITA, 2009).

Após o processo de gelatinização, as moléculas de amilose, pela sua linearidade, começam a se orientar paralelamente e a se unir através de pontes de hidrogênio, formando assim estruturas mais ordenadas. Como a afinidade por água é reduzida, formam-se pastas opacas e coberturas resistentes. Esse fenômeno de associação intramolecular é chamado de retrogradação. A amilopectina, por apresentar cadeia ramificada, não apresenta a mesma tendência que a amilose em formar várias ligações de hidrogênio, levando à formação de pastas claras e coberturas não resistentes (AMARAL, 2014).

Como forma de colaborar na plasticidade das coberturas de amido, agentes plastificantes vêm sendo discutidos como alternativas, como por exemplo os polióis (glicerol e sorbitol). Esses agentes plastificantes podem proporcionar uma melhoria nas propriedades mecânicas das coberturas (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2009).

O glicerol, é um composto orgânico, cuja fórmula $C_3H_5(OH)_3$, pertencente ao grupo dos álcoois (Figura 6). O glicerol se mantém líquido à temperatura ambiente (25 °C), sendo ele higroscópico, inodoro, viscoso, de sabor adocicado e completamente solúvel em água e álcool e seu ponto de ebulição é 290 °C. É seguro para consumo humano, sendo considerado um aditivo alimentício, pertencente à classe dos estabilizadores, espessantes, emulsificantes e gelificantes (CHIUMARELLI, 2011).

Figura 6 - Estrutura química do glicerol



Fonte: (CHIUMARELLI, 2011)

Além de plastificantes, é possível adicionar em coberturas de amido lipídeos na matriz contínua pela homogeneização do lipídio na solução filmogênica, formando assim uma emulsão. Os lipídios contribuem com o seu caráter hidrofóbico, evitando a transferência de umidade. O que determina a eficiência na interação lipídica com outros componentes da cobertura é o seu grau de saturação, estado físico, tamanho da cadeia e a dimensão dos cristais. Para esses tipos de coberturas é necessário ter um cuidado extra, principalmente quando elaborados a partir de proteínas ou polissacarídeos e um lipídio, a velocidade de agitação e temperatura podem interferir nas propriedades mecânicas e de barreira (AMARAL, 2014).

3.6. Doença Transmitida por alimento (DTA)

Como forma de evitar risco de qualquer tipo de doença transmitida por alimento (DTA), foi realizada análise microbiológica após todos os tratamentos, conforme padrões definidos pela IN 161 (MS, 2022) para os principais micro-organismos/toxinas/metabólito que devem ser evitados em carne suína, conforme apresentado na Tabela 5 com os limites:

Tabela 5 – Análises e seus limite

Micro-organismo/Toxina/Metabólito	n	c	m	M
Salmonella/25 g	5	1	Aus	-
Escherichia coli/g	5	3	10 ²	10 ³
Aeróbios mesófilos/g	5	3	10 ⁵	10 ⁶

Fonte: MS, 2022.

Segundo a ANVISA (2001), “**n**: é o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente; **c** é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de m e M; **m**: é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável; e **M**: é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável”.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Materiais e equipamentos utilizados

- Aplicação da injeção e cobertura:
 - Seringa manual metálica 50 mL M68 (Hoppner)
 - Giro Freezer (Congelador móvel frigoscandia LABoFREEZE JBT FoodTech, 440 V)
 - Geladeira (Continental Frost Free, 220V)
 - Bandeja de papel cartão (BRASILGRAFICA)
 - Cobertura plástico (fechamento da bandeja – VIDEPLAST)
- Preparo da cobertura:
 - Banho-maria (IKA HB 4 Basic 5L)
 - Agitador
 - Emulsificador (IKA – T25 digital Ultra Turrax)
 - Agitador magnético
- Preparo para análises:
 - Micro-ondas (Panasonic 21L NN – ST25L)
 - Analisador de redes (E5061B, Keysight Technologies)
 - Texturômetro TA.XT2i, (marca Stable Micro Systems)
 - Lâmina padrão Warner-Bratzler (WB)

4.2. Ingredientes utilizados

- Lombo suíno (BRF S.A)
- Salmoura:
 - Água
 - Aroma de alho em pó (LAPIENDRIUS)
 - Cebola em pó desidratada (FUCHS)
 - Sal refinado (CIMSAL)
 - Mix de fosfatos (Tripolifosfato de sódio e Hexametafosfato de sódio - ICL Brasil)
- Cobertura de amido hidrofóbico comestível
 - Amido de mandioca (Yoki)
 - Glicerol (Synth)

- Óleo de Soja (Liza)
- Emulsificante (TWEEN® 80)
- Aroma de cúrcuma (CHR)
- Shoyu (Sakura)
- Páprica doce em pó (FUCHS)
- Melado de cana (DaColônia)

4.3. Definição das formulações

Para definição das formulações das amostras testes, foi realizado um cálculo teórico com base nos percentuais de sódio presente em todos os ingredientes que seriam adicionados.

Como o equipamento de injeção estava definido para percentual de injeção de 20%, seguimos com os ingredientes da salmoura com aplicação final de 20%.

Com base nos testes preliminares do filme, o filme que apresentou uma melhor aderência na carne e estrutura foi com 5,6 % de sal.

Considerando todos estes parâmetros e valores, definimos o valor ideal para o sódio na salmoura e no filme: total de 3,13% de sal na salmoura e 5,6 % de sal no filme.

Para ajudar a definir mais amostras e estabelecer algumas correlações, foi usado a metodologia de Planejamento Composto Central Rotacional (DCCR) de duas variáveis em dois níveis (RODRIGUES; IEMMA, 2014) definindo os níveis foram definidos conforme a

Tabela 6:

Tabela 6 - Tabela de Níveis

Variáveis	Unidade	- α	-1	0	1	+ α
Filme	%	2,97	3,75	5,65	7,5	8,26
Injeção	%	1,66	2,08	3,13	4,17	4,59

Fonte: Própria autoria.

O valor de 1 foi baseado no valor teórico máximo que seria possível utilizar com o maior percentual de sódio na injeção (100%) sem que ultrapassasse 600 mg de sódio/ 100 g de produto na amostra total (conforme definido pelo FOP). Para definir o valor de zero para as duas variáveis, foi realizada a média entre os valores de -1 e 1. Para os valores de - α e + α foram definidos fazendo o cálculo de extrapolação. Para determinar o número de ensaios necessário e a relação entre as variáveis e os níveis, foi determinada a matriz de delineamento, conforme a Tabela 7:

Tabela 7 - Matriz do planejamento experimental

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	X ₁	X ₂	X ₁ (Filme)	X ₂ (Injeção)
T1	-1	-1	3,75	2,08
T2	1	-1	7,5	2,08
T3	-1	1	3,75	4,17
T4	1	1	7,5	4,17
T5	- α	0	2,97	3,13
T6	+ α	0	8,26	3,13
T7	0	- α	5,65	1,66
T8	0	+ α	5,65	4,59
T9	0	0	5,65	3,13
T10	0	0	5,65	3,13

Fonte: Própria autoria.

Como “Branco/Controle” (T0) foi analisada uma amostra sem injeção e sem a aplicação da cobertura. Os resultados das médias foram comparados pelo teste de Tukey com nível de confiança de 95% usando o software XL STAT 2023.

4.4. Preparo da solução/ salmoura para injeção

Soluções aquosas contendo cloreto de sódio, cebola em pó desidratada (2,00%), aroma de alho em pó (0,67%) e mix de fosfatos (0,17%), tudo representando no mínimo 1% da formulação do produto. Foram feitas 5 formulações adicionando no preparo da solução cloreto de sódio como suscepto nas concentrações de 1,66%, 2,08%, 3,13%, 4,17% e 4,59%.

Os ingredientes foram adicionados separadamente sob agitação, seguindo uma sequência: água gelada (9 °C), mix de fosfatos, sal, aroma de alho em pó e cebola em pó desidratado. Foram misturados manualmente até total dissolução.

4.5. Preparo do emulsificado (parte hidrofóbica da cobertura)

O Emulsificado foi sempre o mesmo para todas as coberturas, então fez-se uma quantidade que pudesse ser usada em todos.

Adicionou-se 2 g do emulsificante em 178 g de água, em constante agitação em um agitador magnético por aproximadamente 5 minutos.

Para criar a emulsão, foi utilizado o Ultraturrax por 5 minutos a 8000 RPM, adicionando 20 g de óleo aos poucos, até criar uma solução com coloração homogênea, sem divisão de fases.

4.6. Preparo da cobertura de amido

As coberturas foram todas preparadas com uma solução contendo 6 g/100 g de solução de amido, 7,5 g glicerol e 1,25 g do emulsionado.

Foram realizadas coberturas nas concentrações de sal de: 2,97%, 3,75%, 5,65%, 7,5% e 8,26%. A água destilada é sempre o complementar para fechar em 100% na solução contendo sal e amido, somente.

Para cada tratamento o amido, o glicerol, emulsionado e o cloreto de sódio foram dispersos em água destilada e mantidos sob agitação constante em banho-maria regulado a 90 °C. A temperatura da dispersão foi aferida com um termômetro e atingindo 80 °C serão contabilizados 30 minutos. A mistura foi então homogeneizada em homogeneizador a 13.500 rpm por 30 minutos.

Para armazenamento, é necessário que a cobertura atinja aproximadamente 30 °C.

4.7. Análise de hidrofobicidade das coberturas de amido

Seguindo a mesma forma de análise de Evangelista (2016), as medidas do ângulo de contato foram estimadas usando o método de gota séssil, utilizando o goniômetro Attension Theta Optical Tensiometer. O equipamento utiliza as medidas do diâmetro da base da gota e a altura para determinar o ângulo.

Ele é composto por uma câmera de vídeo alinhada com uma base ajustável, um dispositivo para armazenamento, uma seringa micrométrica para liberação do líquido sobre uma cobertura e uma fonte de luz LED. A amostra precisa foi posicionada de frente para a câmera para obter contraste com o líquido usado. A altura da seringa foi determinada de tal forma que a gota não sofresse deformação após colisão com a superfície da cobertura. A câmera capturou a imagem da gota e, empregando o software OneAttension, fez-se a medição do ângulo de contato nos frames, gravados em intervalo de 30ms.

4.8. Análise das propriedades dielétricas

Para determinar o quanto o alimento absorvia de energia, foram necessárias análises das propriedades dielétricas de três amostras diferentes: salmoura, cobertura de amido e solução de condimentação para determinar as melhores condições para atingir os objetivos.

As propriedades dielétricas foram determinadas utilizando o método do cabo coaxial de ponta aberta, com um analisador de redes (E5061B, Keysight Technologies) operando na faixa de frequência de 100 kHz a 3 GHz, conforme Figura 7. O analisador tem uma sonda acoplada que permite a obtenção de medidas dielétricas na faixa de frequência de 500 MHz a 50 GHz entre as temperaturas de -40 e 200 °C. Para estabilização do equipamento, ele foi ligado com 30 minutos de antecedência da calibração, seguindo as orientações do fabricante. Para evitar qualquer possibilidade de descalibração, o sensor ou do cabo não foram mais manipulados (KEYSIGHT TECHNOLOGIES, 2022).

Figura 7 - Analisador de redes E5061B (atrás) acoplado à sonda coaxial 85070E (frente)



Fonte: KEYSIGHT TECHNOLOGIES (2022).

As amostras foram adicionadas em tubos de ensaio de 10 mL e levadas até o eletrodo, inserindo-o na amostra a uma profundidade de no mínimo 2 cm. A varredura de frequência foi realizada na temperatura ambiente. A constante dielétrica (ϵ') e fator de perda dielétrica (ϵ'') foram calculados pelo software próprio do kit da sonda coaxial de acordo com o coeficiente de reflexão do material em contato com a ponta da sonda. As avaliações foram realizadas em 3 repetições para que se obtenha valores médios e desvios, conforme utilizado por Ahmed et al. (2014). Selecionou-se os valores para frequência do micro-ondas doméstico (2.450MHz).

4.9. Preparo do corte suíno temperado

O corte suíno foi mantido sob refrigeração em geladeira em temperatura de 4 a 7 °C. O processo de injeção foi feito de forma manual por uma seringa de metálica M68 (marca Hoppner) com capacidade máxima de 50 mililitros de salmoura, até que seja acrescentado 20% do peso da peça (fixado em 20%).

As peças foram cortadas em bifés de espessura de até 2,0 centímetros. Quando colocados na bandeja de papel cartão, os cortes receberam uma quantidade de aproximadamente 10 g da cobertura com 6,0 g da solução de condimentos em sua superfície que serviu para agregar em sabor e trazer uma melhor aparência para o produto.

A solução de condimentos continha cúrcuma (1,98%), Páprica doce (3,96%), Melado de Cana (30,02%), Shoyu (12,23%) e amido de milho (2,26%) foram diluídos em 50 g de água sob agitação manual até a mistura ficar homogênea.

Após o processo, os cortes foram congelados em câmara fria a -18 °C.

4.10. Preparo em micro-ondas

O corte inicialmente estava congelado à temperatura de -18° C. Os cortes foram aquecidos em micro-ondas na potência máxima e foi avaliado o aquecimento medindo após 2 minutos e depois a cada 30 segundos até que todo o filé atingisse pelo menos 74° C no interior do filé.

4.11. Análise de cor

Para determinação dos parâmetros de cor luminosidade (0-100) (L*), teor de vermelho (+60) /verde (-60) (a*) e de amarelo (+60) /azul (-60) (b*) dos filés, foram analisadas amostras sem e com aquecimento em forno de micro-ondas.

Para avaliação do impacto das micro-ondas nos filés, eles foram preparados em forno de micro-ondas por 6 minutos com o filme plástico parcialmente fechado (apenas uma pequena abertura) para evitar a ruptura da embalagem durante o aquecimento. Depois de aquecidas, as amostras já seguiram para avaliação de cor.

Análise da luminosidade, teor de vermelho e de amarelo foram de acordo com o sistema CIE, usando o colorímetro MiniScan XE Plus (Marca BrasEq). As coordenadas L*a*b* foram obtidas pelo espectro de reflexão das amostras utilizando iluminante D65/10°. A diferença total

de cor (ΔE), conforme eq.(1), foi determinada e também outras diferenças com relação da escala cor (ΔL^* , Δa^* e Δb^*), com as eq.(2), eq.(3) e eq.(4), que não indica o quanto a amostra se diferenciou do padrão ou antes do preparo (KRÜGER, 2018).

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{0,5} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = (L_{Tx} - L_{T0}) \quad (2)$$

$$\Delta a^* = (a_{Tx} - a_{T0}) \quad (3)$$

$$\Delta b^* = (b_{Tx} - b_{T0}) \quad (4)$$

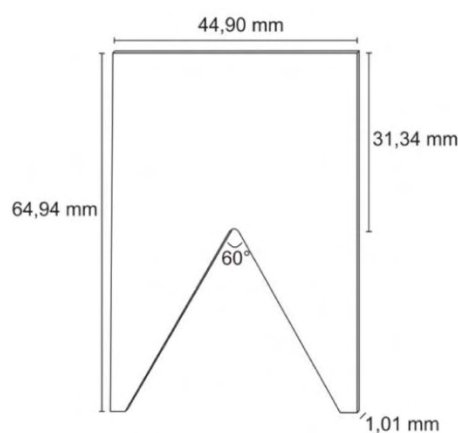
4.12. Análise de força de cisalhamento

Os filés recém preparados para a análise de cor, foram as mesmas amostras que as utilizadas para a análise de força de cisalhamento.

Para análise de cisalhamento, foram retiradas três subamostras (triplicata) de cada um dos filés com formato quadrado de 2,0 cm X 2,0 cm e 1,0 cm de espessura seguindo o método Warner-Bratzler (AMSA, 2015).

As amostras foram submetidas ao teste de força de cisalhamento utilizando o texturômetro TA-XT2i, (marca Stable Micro Systems) equipado com a lâmina padrão Warner-Bratzler (WB), com espessura de 1,016mm e corte com ângulo de 60° conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Lâmina Warner-Bratzler “V”



Fonte: PEREIRA; VARGAS; SOBRAL (2016).

As subamostras foram posicionadas no centro do suporte, onde a lâmina se movimentava. A lâmina cisalha as amostras com a lâmina movendo-se à 4 mm.s⁻¹ em direção decrescente.

Como o software faz uma leitura da força aplicada em tempo real, ele gera uma curva mecânica de tensão ao longo do tempo, podendo visualizar o comportamento dos cortes ao longo dos testes e qual foi a força máxima durante o teste de cada amostra, que é expressa em kgf, utilizando o software Texture Expert v. 4.013.0 (Stable Micro Systems) (PEREIRA; VARGAS; SOBRAL, 2016).

4.13. Análise Físico-Química de Sódio

Foi realizada a análise de contagem de sódio em amostras cruas (antes do preparo) em triplicata. A determinação da quantidade de sódio na amostra seguiu as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, Método 200/IV (IAL,2008), realizado por um laboratório interno da BRF, específico para este tipo de análise.

4.14. Análise microbiológica

Para realizar as análises microbiológicas foram utilizadas amostras sem aquecimento e com aquecimento em forno de micro-ondas. Para avaliar o impacto do aquecimento por micro-ondas na contagem microbiológica dos filés, eles foram preparados em forno de micro-ondas por 6 minutos com o filme plástico parcialmente fechado (apenas uma pequena abertura) para evitar a ruptura da embalagem durante o aquecimento.

Os limites considerados para as análises microbiológicas estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8 - Análises microbiológicas e seus limites

Micro-organismo/Toxina/Metabólito	m	M
Salmonella/25 g	Aus	-
Escherichia coli/g	10 ²	10 ³
Aeróbios mesófilos/g	10 ⁵	10 ⁶

Fonte: MS, 2022. Legenda: **n**: é o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente; **c** é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de m e M; **m**: é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com

qualidade intermediária aceitável; e **M**: é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável.

Foi realizada a análise de contagem de *Escherichia coli*, Total de Mesófilos, Estafilococos coag. Positiva e *Salmonella* spp em amostras cruas (antes do preparo) e preparadas, todas em triplicata. Todas as análises foram realizadas no laboratório interno da BRF S.A.

Para cada uma das análises, seguiram-se os métodos:

- *Escherichia coli*: Método do Petrifilm™ (AOAC, 2016);
- Total de Mesófilos: Método 2015.13 (AOAC, 2016);
- Estafilococos coag. Positiva: Método de Plaqueamento ISO 6888-2:2021;
- *Salmonella* spp: Método AFNOR 3M 2013.09 (AOAC, 2016)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de hidrofobicidade das coberturas de amido

A adição da cobertura emulsionada visava diminuir a hidrofiliabilidade da cobertura e reduzir a perda de água nos filés durante o aquecimento no micro-ondas. A hidrofiliabilidade da cobertura apresenta relação com a sua capacidade de se espalhar e formar um filme homogêneo sobre o filé. De acordo com a Tabela 9, é possível identificar que nenhuma das amostras apresentou ângulo de contato acima de 90°. Segundo Evangelista (2016), ângulos entre 0 e 90° são predominantemente hidrofílicos, mesmo apresentados valores mais próximos de 90° do que 0° não podendo classificá-las como hidrofóbicas, mas sim que houve uma redução na hidrofiliabilidade, tendo a cobertura de fórmula 4 o maior ângulo de contato (71,2°) e também o menor percentual de sal (2,97g de cloreto de sódio/ 100 g de solução na composição da cobertura). Por outro lado, quando se olha para as amostras que não apresentaram diferença estatística, elas possuem porcentagens diferentes de sal em sua composição. Portanto, percebe-se que o sal nas concentrações estudadas não influenciou a hidrofiliabilidade da cobertura. Ao comparar com o ângulo de contato da água de uma cobertura de amido de milho Silva et al. (2007), os revestimentos produzidos foram menos hidrofílicos, o que pode ser devido à emulsão contendo óleo de soja que foi adicionada ao revestimento.

Tabela 9 - Ângulo de contato com a água das coberturas.

Amostras (g de cloreto de sódio/ 100g de solução)	2,97	3,75	5,65	7	8,26
Ângulo	71 A	75 A	59 A	61 A	54 A

(Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si ao nível de 5% pelo Teste de Tukey)

Fonte: Própria autoria.

5.2. Análise das propriedades dielétricas

Tanto para a constante dielétrica (ϵ') como para o fator de perda dielétrica (ϵ''), a frequência utilizada foi de 2.450 MHz, sendo o valor correspondente ao micro-ondas convencional.

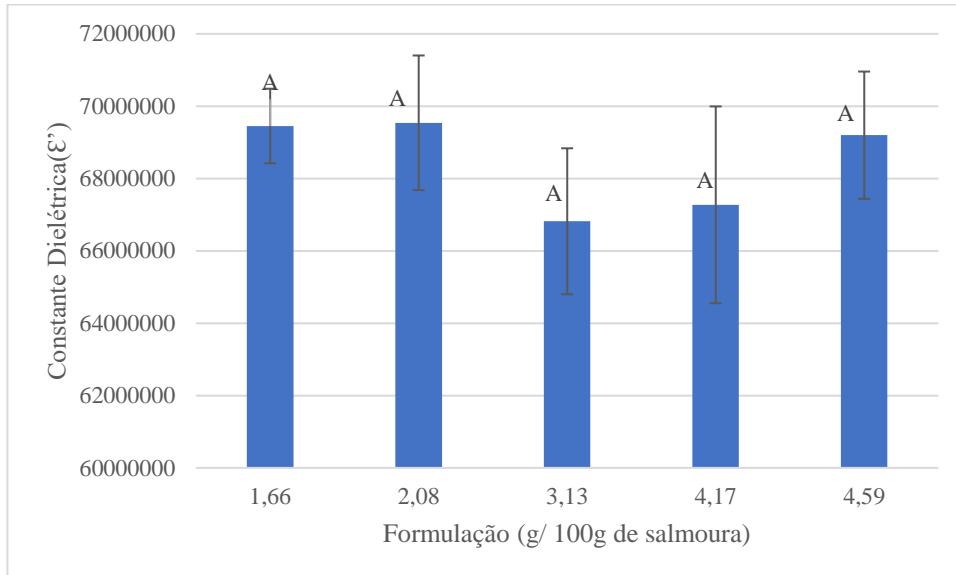
5.2.1. Propriedades dielétricas da solução de salmoura

As Figura 9 (a) e (b) mostram que a variação do cloreto de sódio de 1,66 g de cloreto de sódio/ 100 g de solução apresentada para 4,59 g de cloreto de sódio/ 100 g de solução apresentada não alterou significativamente a constante dielétrica (ϵ') e o fator de perda dielétrica (ϵ'') das soluções de salmoura.

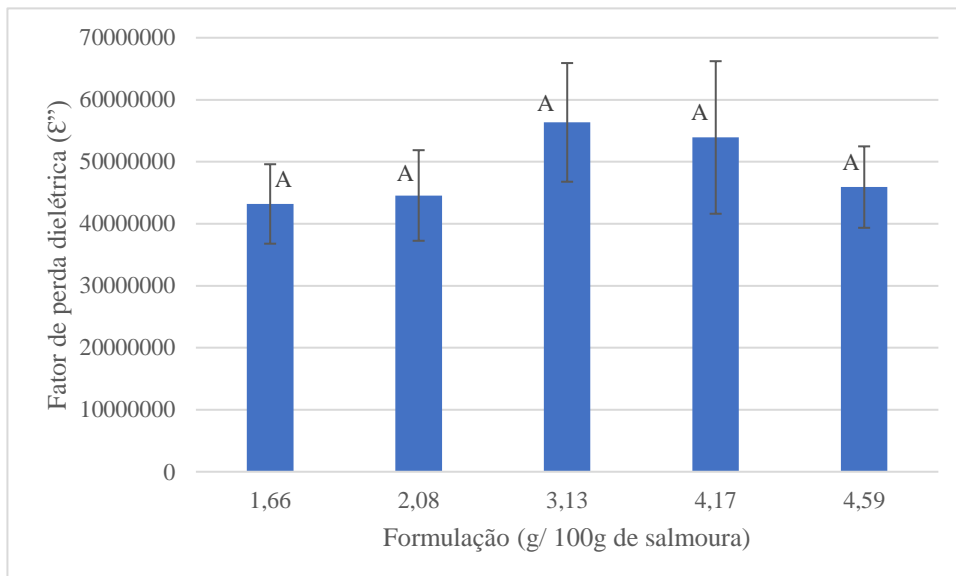
5.2.2. Propriedades dielétricas da solução da cobertura

As Figura 9 (c) e (d) mostram a constante dielétrica (ϵ') e o fator de perda dielétrica (ϵ'') das soluções de cobertura. É possível observar que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para as diferentes soluções de cobertura.

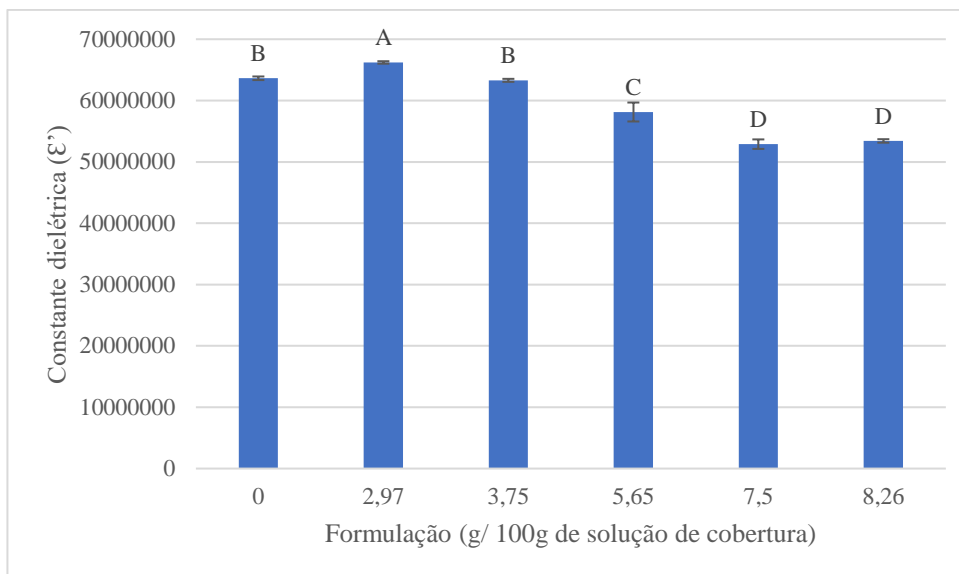
Figura 9 - Constante dielétrica (ϵ') (a) e fator de perda dielétrica (ϵ'') (b) das soluções de água salgada e constante dielétrica (ϵ') (c) e fator de perda dielétrica (ϵ'') (d) da solução de revestimento.



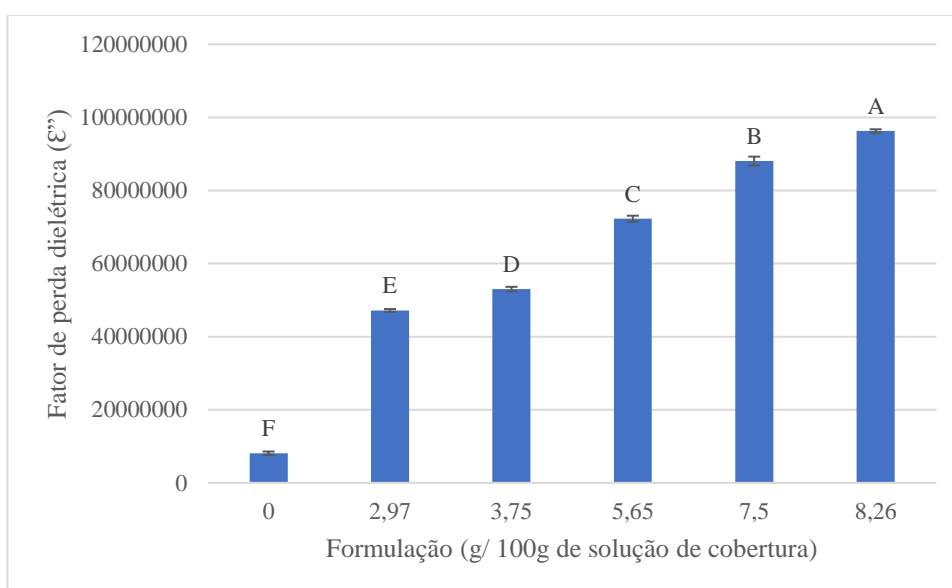
(a)



(b)



(c)



(d)

(Mesmas letras indicam que não há diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$)).

Fonte: Própria autoria.

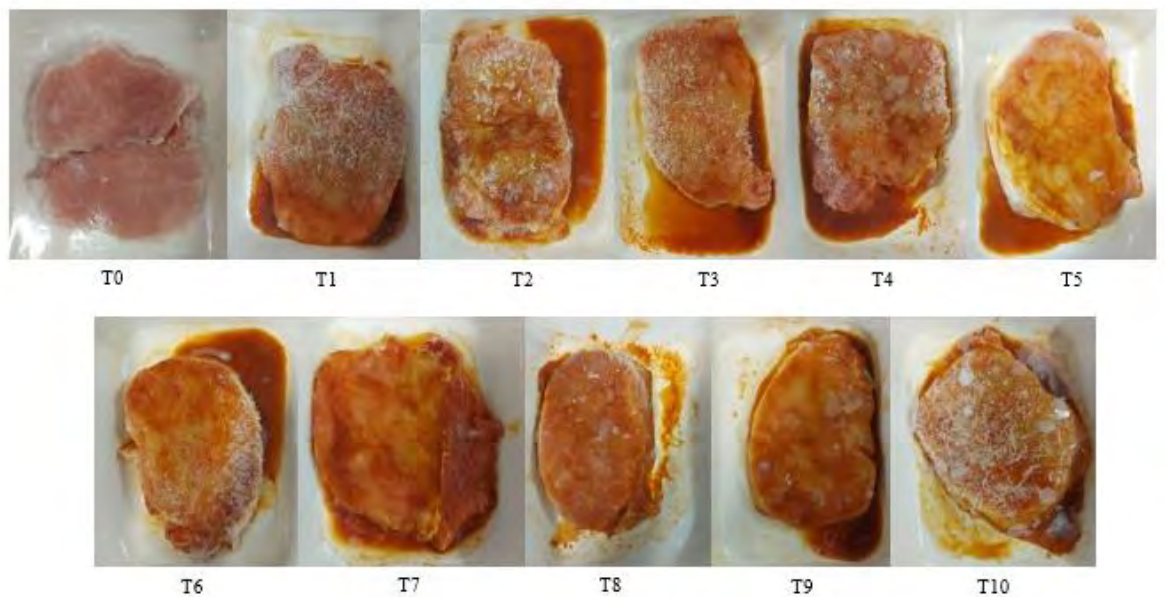
Na Figura 9 (d), o fator de perda dielétrica (ϵ'') das soluções de cobertura apresenta uma alta diferença significativa ($p < 0,05$) para as formulações com diferentes teores de cloreto de sódio. O fator de perda dielétrica das soluções de cobertura subiu conforme o teor de cloreto de sódio aumentou, como esperado, e isso pode ajudar no aumento da temperatura na superfície do produto. A cobertura com 8,26 g de cloreto de sódio/ 100 g de solução se destacou apresentando o maior valor para capacidade de absorver energia (ϵ'') e se diferenciando das

demais. Pode-se observar também que a amostra com 0 g de cloreto de sódio/ 100g de solução apresentou o menor valor de (ϵ'') e os valores foram subindo conforme subia-se o percentual de sal na cobertura. Sendo assim, no intervalo de concentração estudado, é possível afirmar que quanto mais sal presente na cobertura maior é o valor de ϵ'' .

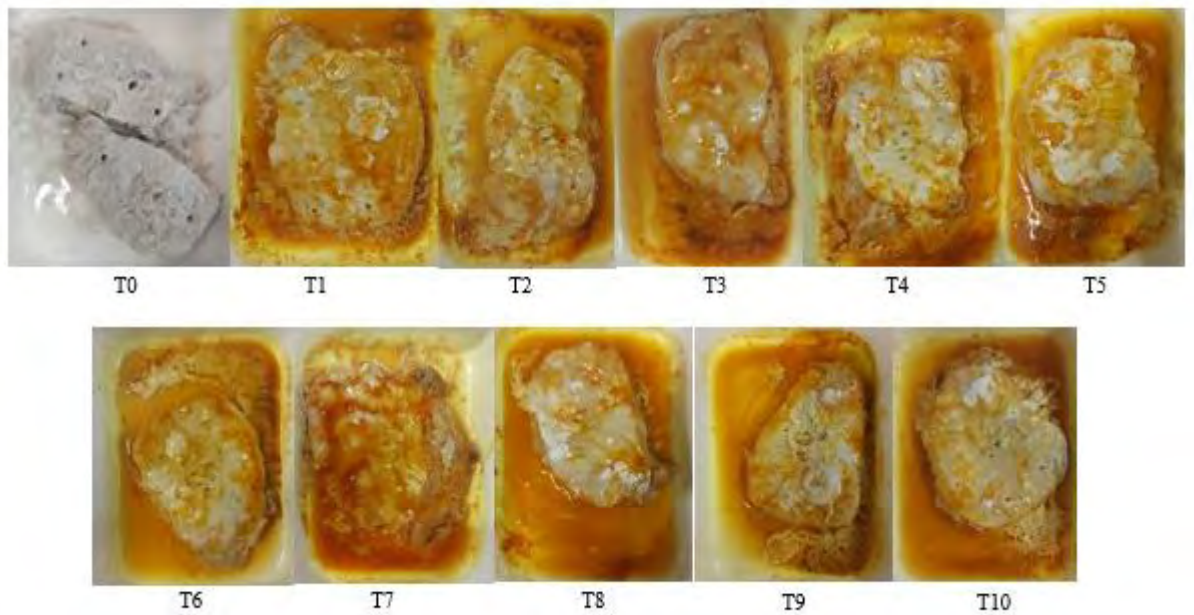
5.3. Preparo no micro-ondas

O aspecto das amostras de lombo de porco antes e após o cozimento no micro-ondas pode ser observado na Figura 10 (a) e (b).

Figura 10 - (a) amostras de lombo de porco cru e (b) amostras de lombo de porco cozinhado no micro-ondas



(a)

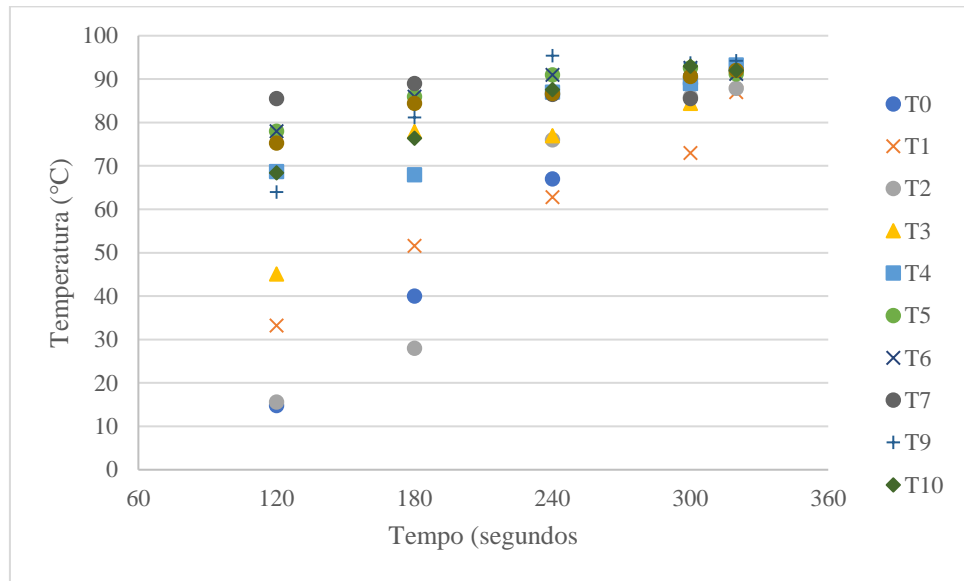


(b)

Fonte: Própria autoria.

Quando a Figura 10 (b) foi observada notou-se que as amostras apresentaram uma coloração mais escura do que o Controle. O tempo de preparo entre as amostras entre todas as amostras e o Controle apresentam algumas diferenças (30 segundos), fazendo com que o controle ficasse similar ao tempo de preparo em algumas amostras, conforme a Figura 11. Independentemente do tempo de preparo, a aplicação da cobertura com a condimentação trouxe uma percepção de coloração mais escura, encobrindo o esbranquiçado que o preparo no microondas pode causar, fazendo com que ele fique com uma percepção de produto mais “palatável”.

Figura 11 - Temperatura durante o aquecimento por micro-ondas das amostras



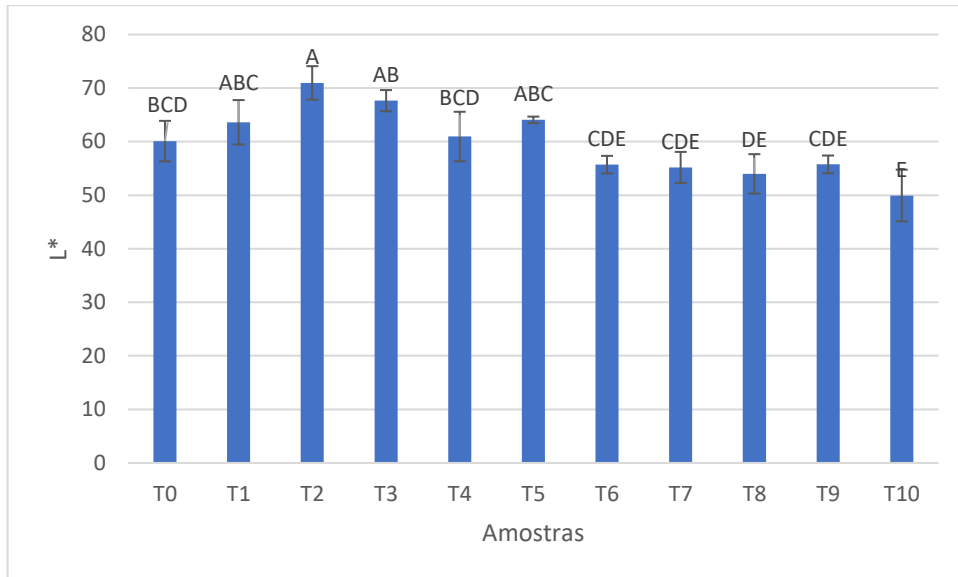
Fonte: Própria autoria.

Com base nos dados observados na Figura 11, o tempo de preparo entre as amostras foi muito similar, com variação maior da temperatura atingida após os primeiros 120 segundos de cozimento. Como o tempo para atingir todo o filé de lombo suíno sem a cobertura e a injeção foi similar aos demais que continham o sal adicionado (na cobertura e na injeção), a inclusão da cobertura e da injeção contendo sal não foi algo que impactou no tempo e temperatura de cozimento do filé no micro-ondas.

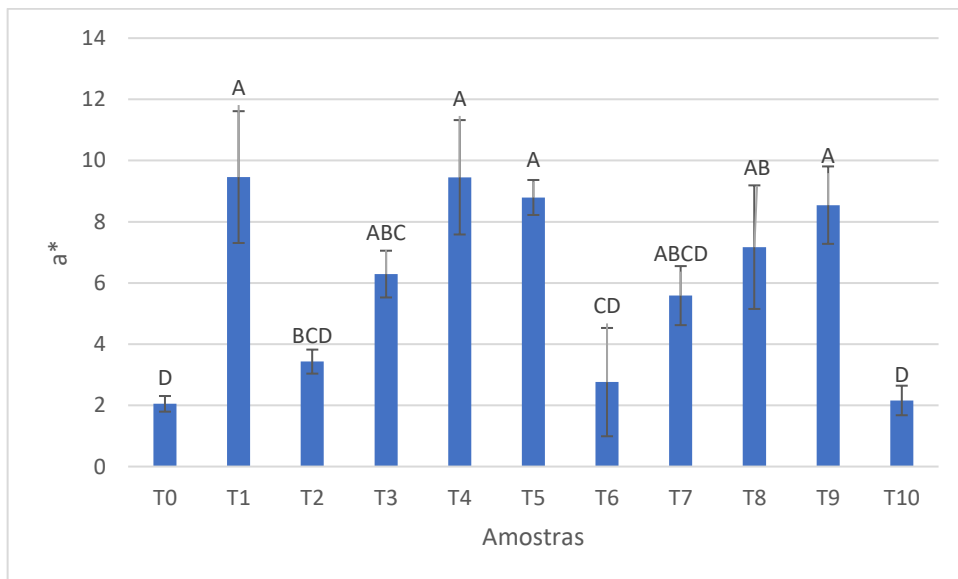
5.4. Análise de cor

Para entender os impactos das diferenças de coloração global (ΔE) entre as amostras testes de lombo suíno preparadas e o Controle (T0), foram coletados primeiramente a média dos valores de L^* , a^* e b^* para cada uma das amostras (conforme Figura 12) para que fossem calculadas as diferenças das intensidades de luminosidade (ΔL^*), valor de vermelho/verde (Δa^*) e valor de amarelo/azul (Δb^*). Com base nos valores de cada Δ , foi possível calcular o valor de ΔE . Os valores de L^* , a^* e b^* da amostra controle (T0) foram semelhantes aos observados em Krüger (2018).

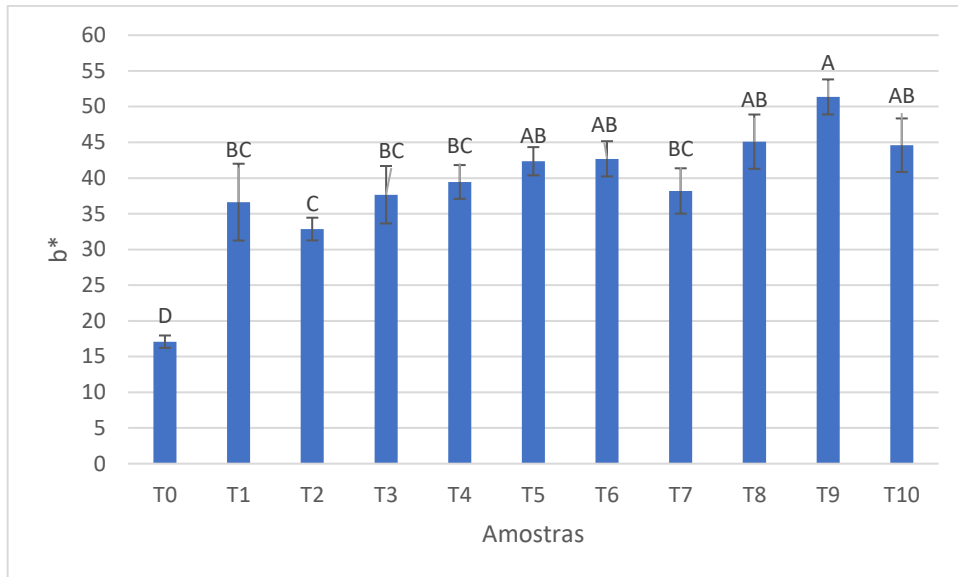
Figura 12 – Média dos valores de L*(a), a* (b) e b* (c) para as amostras controle (T0) e amostras com diferentes formulações



(a)



(b)



(c)

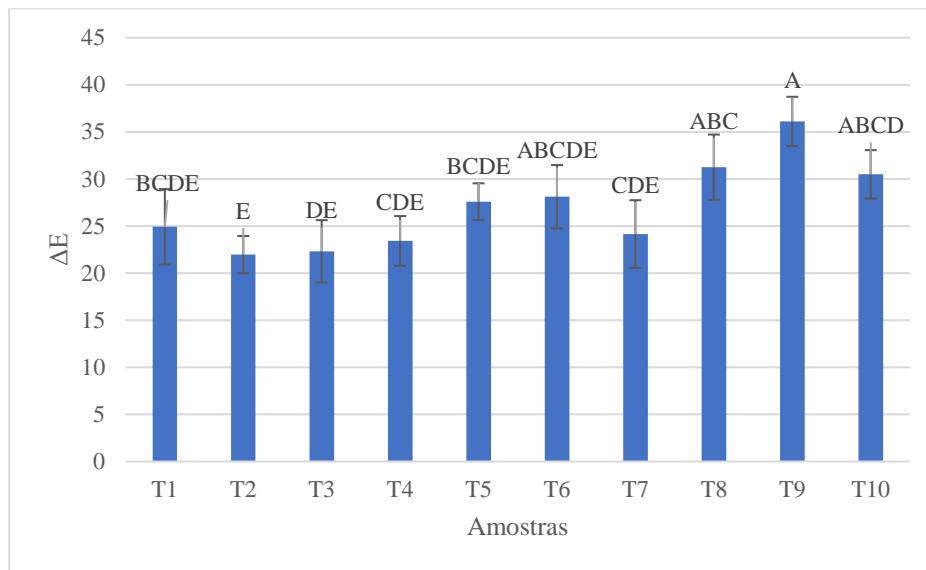
(Mesmas letras indicam que não há diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$)).

Fonte: Própria autoria.

Com base na Figura 12 foi possível notar que apenas a amostra Controle (T0) que não apresentava sal na injeção e no filme apresentou a menor média de coloração de amarelo/azul. Para os demais parâmetros não foi possível estabelecer relação das médias apresentadas com relação à formulação (percentual de sódio na injeção ou no filme).

Na Figura 13 foi mostrada a diferença total (ΔE) das amostras preparadas em relação ao controle. O tratamento T9 apresentou maior diferença de com do controle (T0).

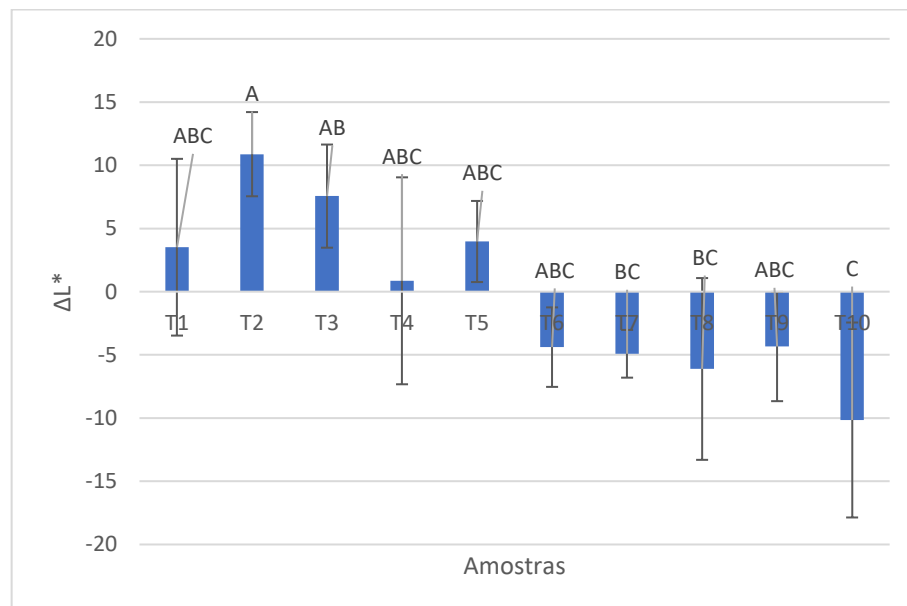
Figura 13 - Diferença de cor das amostras de lombo de porco cozido em relação à amostra Controle para a diferença de cor total (ΔE).



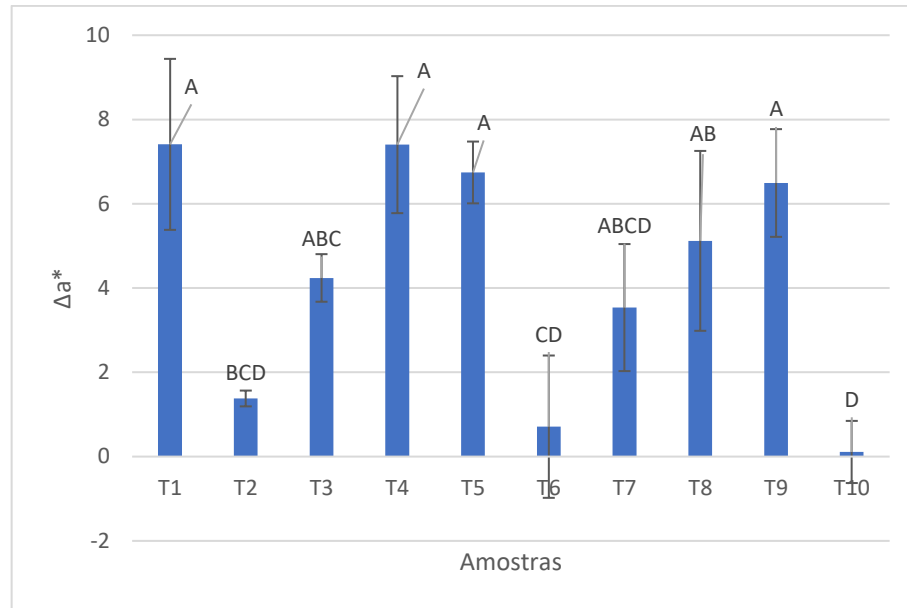
(Mesmas letras indicam que não há diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$)).

Fonte: Própria autoria.

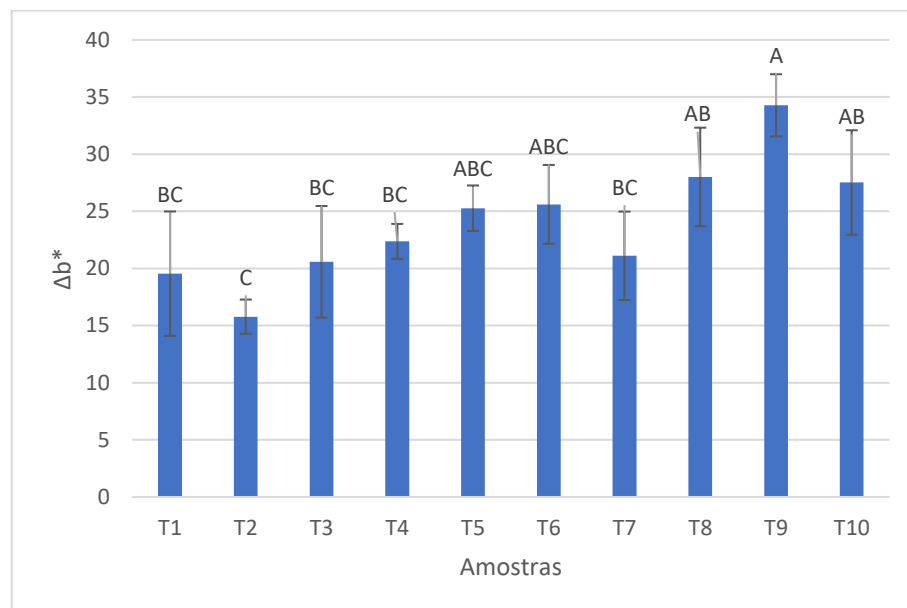
Figura 14 – Médias e desvio padrão da diferença de cor das amostras de lombo suíno preparadas em relação à amostra Controle com base na: luminosidade (ΔL^*) (a), valor de vermelho/verde (Δa^*) (b) e valor de amarelo/azul (Δb^*) (c).



(a)



(b)



(c)

(Mesmas letras indicam que não há diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$)).

Fonte: Própria autoria.

Com base na Figura 14, as maiores diferenças entre a amostra Controle e as demais amostras estavam relacionadas à diferença na cor amarelo/azul. Por outro lado, quando se observou os valores de diferença de luminosidade, notou-se que a amostra Controle apresentou valores inferiores aos das amostras T1, T2, T3, T4 e T5, sendo elas mais escuras que a Controle.

Conforme mostrado nas figuras anteriores com os resultados de coloração, nota-se que houve uma grande variação para todas as tonalidades e para a diferença global, o que pode ser devido ao tempero ser adicionado ao produto manualmente, o que pode apresentar pouca homogeneidade na distribuição de temperos na superfície do filé.

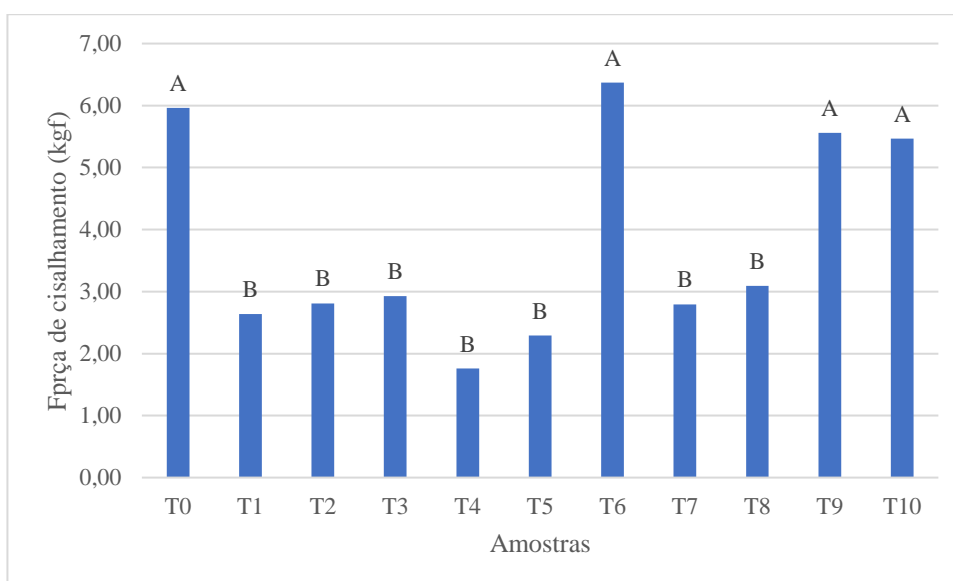
5.5. Análise da força de cisalhamento

A Figura 15 mostra a força de cisalhamento Warner-Bratzler para cortar os lombos de porco. Conforme a Figura 15, é possível identificar que a amostra T4 foi a que precisou uma menor demanda de força para que fosse cortada, sendo assim a que apresentou a maior maciez. Como a amostra T4 continha a maior quantidade de sal na cobertura e a segunda maior na injeção, mesmo sem apresentar diferença estatística da maioria das amostras, não se pode afirmar se a adição de sal ajudou ou não na maciez do produto.

Os valores de força de cisalhamento observados para T0 são semelhantes aos observados por Krüger (2018).

Como a amostra T1 apresentou o menor percentual de sal (cobertura e injeção) e não diferiu estatisticamente da amostra T4 (maior percentual de sal), observou-se que o sal pode não ter influência na maciez do filé de lombo suíno.

Figura 15 - Força de cisalhamento Warner-Bratzler do lombo suíno cozido no micro-ondas com diferentes tratamentos.



(Mesmas letras indicam que não há diferenças significativas entre as amostras ($p > 0,05$)).

Fonte: Própria autoria.

5.6. Análise físico-química de sódio e análise microbiológica

A Tabela 10 apresenta o teor de sódio das amostras. Os valores foram todos abaixo de 600 mg por 100 g de produto conforme pretendido. Os resultados das análises microbiológicas antes e após o cozimento em micro-ondas também estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Teor de sódio de amostras de lombo suíno submetidas a diferentes tratamentos e análises microbiológicas antes e após o preparo.

Amostra	Teor de sódio (mg)	<i>E. coli</i> (UFC/g) – antes do preparo	Mesófilos (UFC/g) - antes do preparo	<i>Staphylococcus</i> (UFC/g) - antes do preparo	<i>Salmonella</i> em 25 g - antes do preparo	<i>E. coli</i> (UFC/g) – após o preparo	Mesófilos (UFC/g) - após o preparo	<i>Staphylococcus</i> (UFC/g) - após o preparo	<i>Salmonella</i> em 25 g - após o preparo
T0	73	<10	4,7x10 ²	<100	Ausente	<10	<10	<100	Ausente
T1	372	<10	2,5x10 ⁴	1,0x10 ²	Ausente	<10	4,8x10 ²	<100	Ausente
T2	306	<10	3,3x10 ⁶	<100	Ausente	<10	1,2x10 ³	6,0x10 ²	Ausente
T3	520	<10	3,0x10 ⁴	1,2x10 ²	Ausente	<10	2,7x10 ²	<100	Ausente
T4	560	<10	3,7x10 ⁶	2,3x10 ²	Ausente	<10	1,6x10 ³	<100	Ausente
T5	327	<10	3,0x10 ⁵	1,5x10 ²	Ausente	<10	5,5x10 ²	1,3x10 ²	Ausente
T6	317	<10	2,3x10 ⁴	<100	Ausente	<10	1,4x10 ²	<100	Ausente
T7	332	<10	5,0x10 ⁴	2,7x10 ²	Ausente	<10	2,0x10 ²	<100	Ausente
T8	533	<10	7,6x10 ⁴	1,8x10 ²	Ausente	<10	2,3x10 ²	<100	Ausente
T9	517	<10	5,0x10 ⁴	1,7x10 ²	Ausente	<10	5,6x10 ²	8,3x10 ¹	Ausente
T10	453	<10	3,4x10 ⁴	5,1x10 ²	Ausente	<10	1,9x10 ²	<100	Ausente

Fonte: Própria autoria. UFC = unidade formadora de colônia

As contagens de *E. coli* foram todas inferiores a 10 UFC/g para todas as amostras antes e depois do cozimento em micro-ondas. Antes do cozimento, duas amostras (T2 e T4) apresentaram contagem total de *Mesófilos* acima de 10⁶ UFC/g, ultrapassando o limite da regulamentação brasileira, essa contaminação pode ter sido devido ao manuseio e/ou deslocamento das amostras da Planta Piloto para o laboratório de microbiologia. Por outro lado, após o cozimento no micro-ondas a contagem foi reduzida para 10² UFC/g, portanto atendendo à legislação. As contagens de *Staphylococcus coagulase positiva* estiveram dentro das exigidas pela regulamentação brasileira para todas as amostras e reduziram ainda mais pelo cozimento em micro-ondas. *Salmonella spp* esteve ausente em todas as amostras antes e após o cozimento.

Após o cozimento, todas as amostras de lombo de porco apresentaram contagens microbianas inferiores ao exigido pela regulamentação brasileira.

6. CONCLUSÃO

Para os tratamentos analisados combinando valores de sal na cobertura e injeção, nenhuma delas apresentou valor superior ao FOP, (acima de 600 mg de sal/100 g de produto), conforme o planejamento teórico. Sendo assim, com base no FOP qualquer formulação estaria adequada.

Com base nas análises de propriedades dielétricas, pode-se afirmar que com o aumento da quantidade de sal, maior foi o fator de perda dielétrica (ϵ''), resultando no maior aquecimento da cobertura, por outro lado, para a injeção (solução de salmoura) não houve impacto percebido com as variações de sal nas concentrações estudadas.

No preparo do micro-ondas, não houve diferença significativa com relação ao tempo para alcançar 74 °C no produto, houve variações entre as amostras, mas nenhuma passou de 4 minutos. A inclusão da cobertura com condimentação trouxe uma aparência favorável ao produto, deixando-os com coloração mais escura e mais atrativa, se diferenciando da amostra Controle.

Com base nos valores de luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e o teor de amarelo (b^*) apenas a amostra Controle (T0) que não apresentava sal na injeção e no filme apresentou a menor média de coloração de amarelo/azul, podendo afirmar que a falta do sódio e dos condimentos na formulação podem afetar a intensidade da coloração amarela/azul. Por outro lado, para os demais parâmetros não foi possível estabelecer relação entre a quantidade de sódio presente no filme e na salmoura e a intensidade de luminosidade e vermelho/amarelo.

Para os valores de diferença de luminosidade entre as amostras teste e Controle, as amostras que apresentaram valores de percentual de sódio no filme e na injeção apresentaram uma coloração significativamente mais escura que o Controle.

Como foram poucas correlações entre os percentuais de sódio apresentados nas amostras e uma grande variabilidade nos dados das amostras devido à origem do produto testado e às análises utilizadas, existe uma possibilidade de mais estudos sobre o tema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. Manual de Industrialização de Suínos. 1. ed. rev. e aum. Brasília: Qualytá Gráfica e Editora, 2014. 422 p. ISBN 978-85-68384-01-5. Disponível em: https://abcs.org.br/wp-content/uploads/2020/06/manual-industria_bloq.pdf. Acesso em: 24 set. 2022.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC 12: Resolução de Diretoria Colegiada nº 12, de 02 de janeiro de 2001. [S.L.]: [S.L.], 2001. 51p.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária : Rotulagem nutricional: novas regras entram em vigor em 210 dias. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/rotulagem-nutricional-novas-regras-entram-em-vigor-em-120-dias>. Acesso em: 14 out. 2022.

AHMED et al. Effect of high-pressure on calorimetric, rheological and dielectric properties of selected starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*, 103, 12-21 (2014).

ALBERT, A. SALVADOR, A. FISZMAN, S.M. A film of alginate plus salt as an edible *susceptor* in microwaveable food. *Food Hydrocolloids*, 27 421-426, 2012.

AMARAL, Fernanda Garcia do. **Desenvolvimento de cobertura comestível a base de fécula de açafrão (curcuma longa l.) e lipídios**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Fernanda_amaral_corrigida_katiuchia_2014.pdf. Acesso em: 08 out. 2022.

AOAC International Official Methods of Analysis of AOAC International - 20th Edition, Editor George W. Latimer Jr, 2016.

ARRUDA, Marco Aurélio Zezzi; SANTELLI, Ricardo Erthal. Mecanização no preparo de amostras por microondas: o estado da arte. **Química Nova**, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 001-0004, dez. 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40421997000600012>.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/dfmyWHxp7zjgtJsZFfSPLPR/?lang=pt>. Acesso em: 27 set. 2022

BARBOZA, Ana Claudia R. N et al.. Aquecimento em forno de microondas / desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 901-904, dez. 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422001000600030>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/xHPfJcvBjDzqYKfKvf4DBzt/?lang=pt#>. Acesso em: 16 set. 2022.

BHATTACHARYA, Madhuchhanda; BASAK, Tanmay. A review on the susceptor assisted microwave processing of materials. **Energy**, [S.L.], v. 97, p. 306-338, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.034>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215015844>. Acesso em: 24 set. 2022.

BREWER, M., Microwave processing, nutritional and sensory quality. In: **THE Microwave Processing of Foods**. Illinois: Taylor & Francis, 2005. p. 76-101.

CARBOIDRATOS – Amido e Açúcares. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4131902/mod_resource/content/1/Carboidratos-amido%20aula.pdf. Acesso em: 19 out. 2023.

CHIUMARELLI, Marcela. **Aplicação De Coberturas Comestíveis À Base De Fécula De Mandioca E Cera De Carnaúba Em Maçãs Minimamente Processadas**. 2011. 281 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

EVANGELISTA, Thamasia Fernanda de Sá. **Dinâmica de molhabilidade e avaliação microbiana em têxteis extraídos da UTI do HU/Univasf/Ebserhl**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2016. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~cpgcm/adm/docs/DISSERTACAO%20DE%20THAMASIA.PDF>. Acesso em: 01 jul. 2023.

FPA - Frente Parlamentar da Agropecuária: Rotulagem Nutricional. Rotulagem Nutricional. 2019. Disponível em: <https://fpagropecuaria.org.br/2019/11/25/rotulagem-nutricional/>. Acesso em: 14 out. 2022.

FRIG Brasil. Disponível em: <http://frigbrasil.com.br/>. Acesso em: 14 out. 2022.

HOGEBACK, Jonathan. **Encyclopedia Britannica**: how do microwaves work?. How Do Microwaves Work?. 2016. Disponível em: <https://www.britannica.com/story/how-do-microwaves-work>. Acesso em: 24 jun. 2023.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **200/IV DETERMINAÇÃO DE SÓDIO E POTÁSSIO**: Métodos físico-químicos para análise de alimentos. IV ed. São Paulo: S.I., 2008. 100 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ISO 6888-2 Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) - Part 2: Method using rabbit plasma fibrinogen agar medium, 2021.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES. Analisador de rede E5061B. Disponível em: <https://www.keysight.com/us/en/product/E5061B/e5061b-ena-vector-networkanalyzer.html>. Acesso em: 09/06/2022.

LYNG, J.G.; ZHANG, L.; BRUNTON, N.P. A survey of the dielectric properties of meats and ingredients used in meat product manufacture. **Meat Science**, [S.L.], v. 69, n. 4, p. 589-602, abr. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.09.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174004002335>. Acesso em: 24 set. 2022.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Coberturas de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências**

Agrárias, Londrina, v. 1, n. 31, p. 137-156, nov. 2009. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4898/4363>. Acesso em: 08 out. 2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **IN 6**: Instrução Normativa nº 17, de 29 de maio de 2018. [S. L.]: [S. L.], 2018. 3 p.

MS - Ministério da Saúde. **IN 161**: Instrução Normativa nº 161, de 1 de julho de 2022. [S.L.]: [S.L.], 2022. 12p.

O AMIDO E SUAS PROPRIEDADES PARA O SETOR ALIMENTÍCIO. **Food Ingredients Brasil**, n. 35, p. 41-44, maio 2015. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060302306001466693820.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

OHLSSON, T., HENRIQUES, M., BENGTTSSON, N. E. Dielectric properties of model meat emulsions at 900 and 2800 MHz in relation to their composition. *Journal of Food Science*, 39, 1153–1156. 1974

PEREIRA, Lucas Arantes; VARGAS, Flávia Carolina; SOBRAL, Paulo José do Amaral. Comportamento mecânico e estrutural de diferentes cortes cárneos em teste de determinação da força de cisalhamento. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.I.], v. 19, p. 1-9, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.7615>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/9qJsF7WymJLYnhs83jnpXfN/?lang=pt#>. Acesso em: 01 maio 2023.

PERRY, Michael R.; LENTZ, Ronald R. Susceptors in microwave packaging. In: **DEVELOPMENT of Packaging and Products for Use in Microwave Ovens**. 2. ed. [S.I.]: Woodhead Publishing, 2020. p. 261-291. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081027134000086>. Acesso em: 16 out. 2022.

PSZCZOLA, D. New batters and breadings. Go beyond just crumbs. *Food Technology*, 50(10), 49–60. 2005

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos & Otimização de Processos**. 3. ed. Campinas: Cárita, 2014. 358 p.

SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, Lucas César da **Características da Carne Suína**. Espírito Santo, 2007. 7 p. Disponível em: http://agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.

SCHIFFMAN, R. Packaging for microwave foods. In: Schubert H, Regier M (eds) *The microwave processing of foods*. Woodhead Publishing Ltd, Abington, pp 207–208, 2005.

TAQUES FILHO, Eduardo Gaspar Ribeiro **Estudo das propriedades dielétricas na faixa das micro-ondas durante a reação de transesterificação para produção de biodiesel**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015. Disponível em: https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1585/1/DISS_2015_Eduardo%20Gaspar%20Ribeiro%20Taques%20Filho.pdf. Acesso em: 24 jun. 2023.

THOMAS, Ariela Betsy. **QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E COMPOSTOS BIOATIVOS DE MORANGOS REVESTIDOS COM FÉCULA DE MANDIOCA E PRÓPOLIS**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/10961/1/DISSERTACAO_Qualidade%20f%3%ad%20sico-qu%3%admica%2c%20microbiol%3%b3gica%20e%20compostos%20bioativos%20de%20morangos%20revestidos%20com%20f%3%a9cula%20de%20mandioca%20e%20pr%3%b3polis.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO. Disponível em: <https://www.marco.pro.br/fta14.html>. Acesso em: 17 set. 2022.

U.S. FOOD & DRUG: Microwave Ovens. Microwave Ovens. 2023. Disponível em: https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/resources-you-radiation-emitting-products/microwave-ovens#What_is_Microwave_Radiation_. Acesso em: 24 jun. 2023.

VANIN, Nathália Ghinzelli. **Aplicação de alta pressão hidrostática em presuntos fatiados embalados à vácuo: uma revisão**. 2010. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28422/000770114.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.