

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DOS ALIMENTOS**

Jordana Lima da Rosa

**APLICAÇÃO DE SAL MICRONIZADO E ULTRASSOM COMO
ESTRATÉGIA PARA REDUZIR SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS
EMULSIONADOS**

Santa Maria, RS
2022

Jordana Lima da Rosa

**APLICAÇÃO DE SAL MICRONIZADO E ULTRASSOM COMO ESTRATÉGIA
PARA REDUZIR SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Santa Maria, RS
2022

da Rosa, Jordana Lima
APLICAÇÃO DE SAL MICRONIZADO E ULTRASSOM COMO
ESTRATÉGIA PARA REDUZIR SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS
EMULSIONADOS / Jordana Lima da Rosa.- 2022.
60 p.; 30 cm

Orientador: Paulo Cezar Bastianello Campagnol
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2022

1. Saudabilidade 2. Tecnologias emergentes 3.
Salinidade 4. Substitutos de sal I. Bastianello
Campagnol, Paulo Cezar II. Título.

Jordana Lima da Rosa

**APLICAÇÃO DE SAL MICRONIZADO E ULTRASSOM COMO ESTRATÉGIA
PARA REDUZIR SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, área de concentração de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

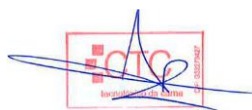
Aprovado em 18 de abril de 2022.



**Paulo Cezar Bastianello Campagnol (UFSM)
(Presidente/Orientador)**



Bibiana Alves dos Santos (UFSM)



José Manuel Lorenzo (CTC)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À UFSM por todo suporte acadêmico ao longo de todos esses anos, aos colegas e amigos que ali fiz.

Aos meus pais Erlinio V. da Rosa e Carmen Regina L. da Rosa (*In memoriam*), que nunca mediram esforços para que tivéssemos, eu e meu irmão, acesso a uma educação digna.

Ao meu irmão Dionata L. da Rosa e minha cunhada Carine Birck, por todos os momentos de descontração quando estava em apuros.

À minha tia Almerinda Dornelles e minhas prima Aline Zuse, pelas conversas e apoio.

Ao meu orientador que tornou a jornada mais tranquila, ou melhor, menos difícil. Sou muito grata pela oportunidade que me foi dada.

As minhas parceiras de experimento, Mariana Pinton, Ana Carolina e nossa eterna IC Leticia Pereira. Sem vocês esse trabalho seria bem mais difícil, sou muito grata por toda ajuda nos experimentos, pelas conversas, brigas e festinhas.

Aos professores, e especialmente aos colegas do Laboratório 109 do NTA, por todo apoio, que certamente fizeram toda diferença. Sentirei saudade das conversas e cafés regados a muita comilança.

À banca pelas contribuições, Alexandre José Cichoski, Bibiana Alves dos Santos e José Manuel Lorenzo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro.

A todos que de alguma forma colaboraram com este trabalho, bem como, na minha jornada no mundo acadêmico, meu muito obrigada!!!!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBEJTIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	EMULSÕES CÁRNEAS	14
2.2	FUNÇÃO DO CLORETO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	15
2.3	REDUÇÃO DE SÓDIO EM ALIMENTOS.....	16
2.4	ESTRATÉGIAS UTILIZADAS PARA REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	17
2.5	FORMAS DE OBTENÇÃO DE SAL COM TAMANHO DE PARTÍCULA REDUZIDA.....	19
2.6	PERSEPÇÃO DA SALINIDADE.....	21
2.7	ULTRASSOM.....	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	ELABORAÇÃO DO NA ₂ CO ₃ MICRONIZADO	26
3.2	ELABORAÇÃO DAS MORTADELAS COM BAIXO TEOR DE SÓDIO TRATADAS COM ULTRASSOM.....	26
3.3	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA EMULSÃO	29
3.4	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEOR DE NA E K	29
3.5	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE TEXTURA (TPA).....	29
3.6	DETERMINAÇÃO DO PH E POTENCIAL REDOX (EH)	30
3.7	DETERMINAÇÃO DE TBARS	30
3.8	ANÁLISE SENSORIAL.....	30
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	ESTABILIDADE DA EMULSÃO	34
	36	
4.2	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEORES DE NA E K	36
4.3	PERFIL DE TEXTURA	38
4.4	PH, EH E TBARS	41
4.5	ANÁLISE SENSORIAL.....	46
5	CONCLUSÕES	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

RESUMO

APLICAÇÃO DE SAL MICRONIZADO E ULTRASSOM COMO ESTRATÉGIA PARA REDUZIR SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS

Autora: Jordana Lima da Rosa
Orientador: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Neste estudo, a combinação de ultrassom de alta potência (HPU), sal micronizado (MS) e baixos níveis de KCl foi utilizada como estratégia para reduzir o teor de sódio de mortadelas. Assim, mortadelas com 50% de redução de NaCl foram produzidas com sal regular (RS) ou MS e com adição de 0,5% de KCl. As amostras foram sonicadas por 27 min em um banho ultrassônico (modo normal, 25 kHz, 60% amplitude, 20 °C) logo após o embutimento. A estratégia de reformulação sódica aplicada foi eficaz para compensar os defeitos na estabilidade da emulsão e no perfil de textura causados pela redução de NaCl. Além disso, a combinação de HPU, MS e KCl não provocou grandes impactos na evolução dos valores de pH, Eh e TBARS das amostras durante o armazenamento (21 dias a 4 °C). Ademais, a utilização de MS e KCl possibilitou reduzir em 50% o teor de NaCl (< 42% Na; Na/K razão: 1.2-1.3) das amostras sem afetar seu gosto salgado, sendo que este atributo foi potencializado pelo HPU.

Palavras-chave: saudabilidade, tecnologias emergentes, salinidade, substitutos de sal.

ABSTRACT

APPLICATION OF MICRONIZED SALT AND ULTRASOUND AS A STRATEGY TO REDUCE SODIUM IN EMULSIFIED MEAT PRODUCTS.

Author: Jordana Lima da Rosa

Advisor: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

In this study, the combination of high-power ultrasound (HPU), micronized salt (MS) and low-level of KCl was used as a strategy to reduce the sodium content of emulsified sausages. Thus, sausages with 50% NaCl reduction were produced with regular salt (RS) or MS and with the addition of 0.5% KCl. The samples were sonicated for 27 min in an ultrasonic bath (normal mode, 25 kHz, 60% amplitude, 20 °C) immediately after embedding. The applied sodium reformulation strategy was effective to compensate for defects in emulsion stability and texture profile caused by NaCl reduction. In addition, the combination of HPU, MS and KCl also did not cause major impacts on the evolution of the pH, Eh and TBARS values of the samples during storage (21 days at 4 °C). Besides, the use of MS and KCl made it possible to reduce the NaCl content by 50% (< 42% Na; Na/K ratio: 1.2-1.3) of the samples without affecting their salty taste, and this attribute was enhanced by the HPU.

Keyword: health, emerging technologies, salinity, salt substitutes

LISTA DE SIGLAS

CaCl₂	Cloreto de cálcio
Cl⁻	Ânion cloreto
H	Hidrogênio
HZ	Hertz
ICP-OES	Espectrometria de emissão atômica
KCl	Cloreto de potássio
kHz	Quilo-hertz
MgCl₂	Cloreto de magnésio
MHz	Mega-hertz
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
OH⁻	Hidroxila
pH	Potencial hidrogeniônico

LISTA DE ABREVEATURAS

Aw	Atividade de água
CATA	Check All That Apply
CRA	Capacidade de retenção de água
DCNT	Doenças crônicas não transmissíveis
ED	Secagem atomizada eletrodinâmica
Eh	Potencial redox
EnaC	Receptor específico Na
Ets	Tecnologias emergentes
HPU	Ultrassom de alta potencia
LIU	Ultrassom de baixa potencia
MP	Proteína miofibrilar
MS	Sal micronizado
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
O/W	Óleo em água
PCA	Análise de componentes principais
SD	Secagem por pulverização
TBARS	Substancias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TCA	Análise do perfil de textura
TRCs	Células receptoras gustativas
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
US	Ultrassom
WHO	Organização Mundial da Saúde

1 INTRODUÇÃO

O cloreto de sódio (NaCl) é a principal fonte de sódio dos produtos cárneos. Este ingrediente é indispensável para a indústria cárnea, pois além de ter uma alta disponibilidade e um baixo custo, ele confere inúmeros benefícios para os produtos cárneos. Sem dúvida alguma, um dos principais benefícios é seu efeito na qualidade sensorial, pois além de conferir o sabor salgado, o NaCl também é capaz de mascarar sabores amargos que são conferidos por alguns aditivos. Outro grande benefício do NaCl é sua influência positiva sobre a qualidade tecnológica. Isto acontece porque o NaCl atua na solubilização e extração das proteínas miofibrilares da carne, as quais possuem a capacidade de reter água, emulsificar água e gordura e formar gel quando aquecidas ou acidificadas (VIDAL et al., 2020). Desta forma, o NaCl indiretamente é responsável por conferir fatiabilidade, reduzir perdas no cozimento e melhorar a suculência e a maciez dos produtos cárneos. O NaCl também é importante para a segurança microbiológica devido a interagir com a água diminuindo a sua disponibilidade para o metabolismo microbiano (MICHELAKOU et al., 2021). Além disso, o NaCl também é muito importante para controlar a atividade de enzimas proteolíticas e lipolíticas, o que impacta profundamente em várias propriedades sensoriais dos produtos cárneos (LORENZO et al., 2015).

Estudos comprovaram que quase 80% da ingestão de sódio provém de alimentos processados, sendo que os produtos cárneos estão entre as cinco principais categorias de alimentos que mais impactam nesta ingestão (DUNTEMAN et al., 2022). Desta forma, reduzir o teor de sódio de produtos cárneos de alto consumo, como as mortadelas, pode ajudar a reduzir a ingestão excessiva (2 a 3 vezes o recomendado pela WHO) de sódio observada em países desenvolvidos (PETIT et al., 2019) e conseqüentemente, reduzir as 3 milhões de mortes que ocorrem por ano devido a problemas relacionados ao seu consumo excessivo (AFSHIN et al., 2019). No entanto, reduzir o teor de sódio em produtos cárneos não é uma tarefa fácil, pois a estratégia de reformulação utilizada deverá ser eficiente para manter a mesma qualidade do produto tradicional, não impactar significativamente no seu custo de produção e além disso, ser permitida pela legislação vigente de cada país.

A substituição de NaCl por KCl é uma das estratégias mais utilizadas para reduzir o teor de sódio dos produtos cárneos. Um ponto positivo desta estratégia é a redução da relação sódio/potássio do produto, o que é desejável do ponto de vista nutricional (WHO, 2003). Outra vantagem é que o KCl tem um efeito antimicrobiano equivalente ao NaCl (BIDLAS &

LAMBERT, 2008). No entanto, não é indicado utilizar níveis superiores a 1% de KCl devido ao seu efeito deletério na qualidade sensorial dos produtos cárneos (PATEIRO et al., 2021) O sal micronizado (MS) é outra estratégia que tem sido explorada recentemente. O princípio desta estratégia barata é aumentar a percepção do gosto salgado através da dissolução mais rápida do sódio na saliva devido ao menor tamanho de partícula do MS em comparação ao NaCl regular (RS). Desta forma, é possível reduzir o teor de NaCl sem afetar a salinidade do produto. Estudos recentes demonstraram que hambúrgueres de carne elaborados com 1% de MS apresentaram uma qualidade sensorial semelhante a produtos elaborados com 1,5% de RS (RIOS-MERA et al., 2019 e 2020). No entanto, estes estudos também demonstraram que a simples redução de NaCl prejudicou a textura dos produtos e aumentou a perda por cozimento. A aplicação de tecnologias emergentes (ETs) é outra abordagem que também tem sido recentemente empregada para reduzir o teor de sódio de produtos cárneos. Uma das vantagens das ETs é a preservação da qualidade nutricional dos produtos pelo fato de não serem térmicas e além disso, são consideradas ambientalmente amigáveis. O ultrassom de alta potência (HPU) é uma das ETs que tem demonstrado grande potencial para produzir baixo teor de sódio produtos cárneos devido a sua capacidade de modificar a estrutura de proteínas e melhorar a difusão de ingredientes na matriz cárnea (PINTON et al., 2021). Um estudo recente demonstrou que a combinação de HPU com baixo nível de KCl (0,5%) foi eficiente para eliminar os defeitos tecnológicos causados pela redução de 50% de NaCl em emulsões cárneas (PINTON et al., 2020). Contudo, os produtos reformulados apresentaram uma redução no sabor salgado.

Baseado nas informações reportadas acima, há hipótese de que a combinação de HPU, MS e baixo nível de KCl pode ser uma estratégia viável para reduzir o teor de sódio de mortadelas sem comprometer sua qualidade tecnológica, oxidativa e sensorial. Assim, neste estudo, HPU foi aplicado em mortadelas com reduzido teor de sódio elaboradas com RS ou MS e com 0,5% de KCl. O efeito desta estratégia de redução de sódio nas propriedades tecnológicas, oxidativas e sensoriais dos produtos foi avaliado durante 21 dias de armazenamento (4 °C).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da combinação de sal micronizado, ultrassom de alta potência e baixo nível de KCl na qualidade tecnológica, oxidativa e sensorial de mortadelas com reduzido teor de sódio.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade tecnológica dos produtos reformulados.
- Avaliar a estabilidade oxidativa dos produtos reformulados.
- Determinar as propriedades sensoriais dos produtos reformulados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EMULSÕES CÁRNEAS

O processo de emulsificação da carne é uma importante tecnologia de processamento para obtenção de produtos cárneos, esse se dá pela emulsificação de proteínas, gorduras e água (KIM et al., 2020). As emulsões são definidas como uma dispersão de duas ou mais fases imiscíveis, onde um líquido é disperso em outro como pequenas gotículas. O líquido que forma as gotículas pequenas denomina-se fase dispersa e aquele que estão dispersas as gotículas é denominado de fase contínua (MCCLEMENTS, 2005). São formadas por indução de cisalhamento mecânico na mistura. A emulsão cárnea é uma suspensão coloidal complexa, não totalmente homogênea e suas partículas dispersas possuem tamanho entre 10 a 50 μm (OLIVO, 2006). Considerada uma emulsão óleo em água, onde as proteínas por sua natureza anfifílica permitem a redução da tensão interfacial óleo/água, a incorporação de proteínas na interface óleo/água permite a formação da emulsão. Os principais agentes emulsificantes nos produtos cárneos são as proteínas cárneas, especificamente as proteínas miofibrilares (MP) (CHOI et al., 2016). As MPs são solúveis em soluções salinas, especificamente a actina e miosina (LEE & CHIN, 2019). Essas proteínas não são solúveis em água e em soluções salinas diluídas, entretanto quando se aumenta a concentração salina elas tornam-se solúveis, tendo assim o sal função de solubilizar as proteínas, fazendo com que fiquem disponíveis para agir como emulsificantes (ORDOÑEZ, 2005). Actina e miosina são consideradas formadoras de gel, formando uma malha proteica que irá reter água e outros ingredientes na fabricação de produtos cárneos (SHIMOKOMAKI, 2006). A sua funcionalidade e sensibilidade depende de vários fatores durante o seu processamento os quais podem se incluir a temperatura, bem como o tempo de aquecimento, sais, força iônica, pH, agentes oxidantes e outros ingredientes não cárneos (LIU et al., 2021; NIETO & LORENZO, 2021). Outros fatores como mistura, tempo de mistura, velocidade do *cutter*, temperaturas externas, também influenciam a estabilidade da emulsão cárnea (IGNÁCIO, 2011). No entanto, quando estes parâmetros não são controlados a qualidade do produto é afetada. Esta pode ser medida pela perda de gordura e água a partir da massa crua durante seu cozimento, pois canais são formados permitindo a migração desse fluido para a superfície do produto. A estabilidade da emulsão cárnea é um ponto primordial, necessitando de bom controle de processo para garantir a produção com qualidade (TERRA, 2005; OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001).

2.2 FUNÇÃO DO CLORETO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS

O cloreto de sódio (NaCl) tem papel fundamental nos produtos cárneos. Entre as funções desempenhadas pelo sal nos produtos cárneos estão: características de processamento, preservação e, atributos sensoriais (MCGOUGH et al., 2012). Dentre as funções que são características de processamento está a solubilização das proteínas, especialmente as proteínas miofibrilares actina e miosina (LI et al., 2020; KANG et al., 2020). O NaCl tem a capacidade de mudar a força iônica do meio, sendo assim um fator decisivo para solubilidade das proteínas (MARÍN et al., 2018; GAO et al., 2018). O ânion cloreto (Cl⁻) do sal (NaCl), tem a capacidade de ligar-se as proteínas da carne, causando repulsão entre as proteínas miofibrilares, levando a um aumento no espaço entre as fibras musculares, o que conseqüentemente gera um aumento da CRA e a formação de um gel quando aquecido. Assim, o NaCl tem impacto direto nas propriedades reológicas, texturais e estruturais da carne e seus produtos (SHEN et al., 2019; XIA et al., 2018). A adição de NaCl na concentração de 1,5% a 2,5%, é considerada como a necessária para solubilizar as MPs e formar um bom gel (INGLUGUIA et al., 2017). A capacidade de extração das proteínas através de soluções salinas tem dependência também do pH e do tipo de sal, os mais utilizados para a extração das proteínas em produtos cárneos são NaCl e cloreto de potássio (KCl) (ALJURAIBAN et al., 2012).

O NaCl também tem grande influência na vida útil do produto, pois o mesmo atua restringindo o crescimento e sobrevivência de micro-organismos patogênicos (ZHENG et al., 2019). Os efeitos antimicrobianos desempenhados pela adição de sal baseiam-se na sua capacidade de redução da atividade de água (A_w) (TARTÉ, 2009). Uma vez que para o crescimento e metabolismo dos microrganismos a presença de água na forma livre é indispensável, o efeito do sal sobre microrganismos depende da quantidade de sal presente na fase aquosa do alimento. A adição de íons sódio (Na⁺) no meio causa fluxo de água através da membrana semipermeável das bactérias levando a um choque osmótico pela perda de água da célula podendo ocasionar a morte das células bacterianas, bem como lesões graves, assim reduzindo significativa o crescimento bacteriano (INGUGLIA et al., 2017). O sal também pode limitar a solubilidade do oxigênio em alguns microrganismos, bem como interferir no funcionamento das enzimas celulares e forçar células a gastar energia para excluir Na⁺ da célula, reduzindo sua taxa de crescimento (SHELEF & SEITER 2005).

Do ponto de vista sensorial, o sal é predominantemente usado para melhorar o sabor dos alimentos. O sal tem capacidade de melhorar o aroma, pois compostos voláteis são liberados da matriz alimentar durante o cozimento. Além disto a salinidade percebida é atribuída ao cátion Na^+ e ao ânion Cl^- , e a intensidade do sabor depende da concentração de sal adicionado aos produtos cárneos (TAYLOR, DOYLE e WEBB, 2018).

2.3 REDUÇÃO DE SÓDIO EM ALIMENTOS

O sal comumente chamado de cloreto de sódio é um dos mais antigos ingredientes utilizados pela indústria alimentícia em geral. A sua redução ou substituição é um dos grandes desafios na indústria alimentícia, devendo ser feita com muita cautela com vistas a manter as características, além segurança dos alimentos. O NaCl tem peso molecular de 58,4 g/mol, sendo 40% de Na^+ e 60% Cl^- , é a fonte mais comum de sódio (Na 23 g /mol) na dieta humana (HARRY, 2020). O alto consumo de produtos processados (refeições prontas, bacon, lanches) pode estar ligado ao excesso no consumo de sal. Em países altamente industrializados o consumo de Na pela população está além do considerado para uma dieta tida como saudável. (ZANG et al., 2021). A alta ingestão de sódio em dietas é associado a doenças como as cardíacas, câncer, entre outras (CUNHA et al., 2019; UMESAWA et al., 2016). Apesar disso Nos sistemas biológicos o sódio é um micronutriente essencial que atua no equilíbrio dos fluidos corporais. O Na é um cátion tido como necessário para funções normais do corpo, entre elas a atividade celular, transmissões nervosas, função muscular, manutenção do volume extracelular, osmolaridade plasmática e o equilíbrio ácido-base ou pH (ABURTO et al., 2013).

A Organização Mundial da Saúde (WHO), tendo em vistas o problema de saúde pública gerado, estabeleceu uma meta global de redução de 30% na ingestão de sal até 2025, bem como a recomendação de que os adultos reduzam a ingestão de sal para <5 g por dia. Isto é equivalente à ingestão de sódio de menos de 2 g por dia, o que ajudaria na prevenção da hipertensão, reduz o risco de doenças cardíacas e derrame na população adulta (WHO, 2013). As doenças cardiovasculares são a principal causa de mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Segundo a WHO e Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), DCNT são as principais causas de morte no mundo, e foram responsáveis por cerca de 39,5 milhões (72%) das 54,7 milhões de mortes registradas em 2016. Portanto, a redução no consumo de Na na dieta é um importante aliado na prevenção das DCNT.

2.4 ESTRATÉGIAS UTILIZADAS PARA REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS

Nos últimos anos algumas alternativas têm sido estudadas como estratégias de redução de Na em produtos cárneos. Porém, a substituição pode acarretar problemas de características sensoriais de sabor, paladar, suculência, e tecnológicas de textura, entre outros, como relatado anteriormente. Portanto não se pode simplesmente reduzir, ou substituir o NaCl, sem levar em conta as características tecnológicas, sensoriais e físico-químicas do produto.

Dentre as estratégias utilizadas estão a substituição dos sais de sódio (Na) por outros sais inorgânicos, como cloreto de potássio (KCl), cloreto de magnésio ($MgCl_2$) e cloreto de cálcio ($CaCl_2$) (SANTOS et al., 2017; LORENZO et al., 2015). A redução ou substituição de NaCl em massas cárneas requer outros compostos iônicos para restaurar as funcionalidades perdidas da carne com a redução desse, como a capacidade de retenção de água e ligação da proteína e gordura (DOYLE e GLASS, 2010). As concentrações dos substitutos de NaCl devem manter a força iônica equivalente à formulação utilizada como controle. É necessária uma concentração de sal de pelo menos 2%, na maior parte das formulações de produtos cárneos, para que o mesmo garanta a força iônica necessária para a solubilização e extração das proteínas solúveis em sal (VERMA e BANERJEE, 2012).

Em estudos conduzidos por dos Santos et al. (2021) o NaCl foi substituído por KCl em um subproduto de peixe, onde foi possível uma substituição de 15% até 45% sem prejuízos sensoriais. Para manter às características tecnológicas, melhorar estabilidade, liberando menos gordura e água, e obter uma menor oxidação lipídica, bem como melhorar sensorialmente a concentração necessária foi de 15%. A substituição por KCl deve ser feita com algumas ressalvas pois o mesmo quando adicionado em altas concentrações confere ao produto sabor metálico. Alves et al. (2020) reduziram em cerca de 50% o teor de Na, substituindo por 50% KCl. Através de um questionário Check all that apply (CATA) e um estudo do consumidor, foi possível verificar que houve uma percepção de menor sabor salgado e uma maior percepção do sabor amargo, adstringente e metálico. Para mascarar o sabor foi utilizada isoladamente ou uma combinação de 1% de lisina e 0,1% de fumaça líquida, tendo a capacidade de reduzir os defeitos sensoriais. A redução de 50% de Na não impactou negativamente nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e microbiológicas.

A utilização do NaCl com tamanho de partícula reduzida, morfologia, e estrutura espacial modificadas, também tem sido uma estratégia utilizada (RIOS-MERA et al., 2021). Os efeitos da redução do NaCl, e sua substituição por sal micronizado na aceitação do consumidor de presunto de peru foram investigados no estudo conduzido por Galvão et al. (2014). Cinco formulações foram avaliadas com relação ao teor de cloreto de sódio por consumidores usando uma escala hedônica de nove pontos para aceitabilidade geral e CATA. Verificou-se que reduções no teor de sal em até 30% não afetaram a aceitação geral pelos consumidores. A utilização de sal micronizado não afetou as características sensoriais quando comparadas às formulações contendo o mesmo nível de cloreto de sódio.

Já Raybaudi-Massilia et al. (2019), avaliaram a redução parcial do NaCl regular por microesferas de sal (SODA-LO[®]) em presunto cozido, peito de peru e salsichas do tipo *Deli*. As novas formulações dos produtos foram avaliadas por um painel sensorial treinado, também foi avaliada a vida de prateleira e patógenos. Observou-se que a substituição por microesferas de sal não afetou atributos sensoriais avaliados, bem como as características microbiológicas dos produtos. Assim sendo uma boa alternativa para a indústria reduzir os níveis de sódio nos alimentos, trazendo benefício à saúde do consumidor uma vez que há um menor consumo de sal, e como consequência uma menor ingestão de sódio.

As estratégias mais recentes englobam a melhoria na difusão dos aditivos através da utilização de tecnologias emergentes como ultrassom (US). O ultrassom de alta potência (HPU) tem sido utilizado em várias operações de processamento de alimentos por seus efeitos benéficos através da cavitação (GÓMEZ-SALAZAR et al., 2021). Alguns pesquisadores descobriram que o uso do ultrassom pode trazer diversos efeitos benéficos para os produtos cárneos, pois a sua aplicação tem a capacidade de alterar algumas propriedades (STADNIK & DOLATOWSKI, 2011; JAYASOORIYA et al., 2004). A aplicação de US foi utilizada na salga de carnes por McDonnell et al. (2014). O efeito do tratamento com US (4,2, 11 ou 19 W/cm²) por 10, 25 ou 40 min. resultou na aceleração da transferência de massa e extração das proteínas. Os microjatos causados pela cavitação, atuam como um sistema de injeção em microescala acelerando a difusão do NaCl, enquanto as ondas de choque e os gradientes de pressão aumentam a extração de proteínas. Tornando a técnica como um potencial para ser utilizada no processo de cura. Pinton et al. (2020), avaliaram a redução de 25 e 50% de NaCl em emulsões cárneas e a sua substituição por KCl, CaCl₂ ou MgCl₂. Neste estudo a substituição por CaCl₂ ou MgCl₂ influenciou negativamente na estabilidade da emulsão e no perfil de textura. No entanto a combinação de KCl e aplicação da tecnologia ultrassônica por 27 min.

teve a capacidade de mitigar os efeitos negativos da redução de 50% de NaCl. Barreto et al. (2020) avaliaram os efeitos do US (600 W/cm^2) pelo tempo de 10 min., bem como a adição de cloreto de potássio (KCl) nas propriedades físico-químicas e na aceitação sensorial de presunto cozido. A aplicação do US melhorou a liberação total de fluidos, o sabor e a aceitação geral do produto, confirmando a eficácia desta tecnologia no presunto cozido reestruturado com baixo teor de sódio.

2.5 FORMAS DE OBTENÇÃO DE SAL COM TAMANHO DE PARTÍCULA REDUZIDA

A redução no tamanho e estrutura do sal (NaCl), é uma boa alternativa para redução de sódio (Na) em alimentos, tornando assim eles mais saudáveis, e não alterando suas características sensoriais. Algumas abordagens encontradas na literatura visam essas modificações, tanto do tamanho, quanto da estrutura do sal comum. Dentre elas técnicas convencionais como a moagem por moinhos de bolas, secagem por spray e nanopulverização. Um dos sistemas mais comuns para reduzir o tamanho de sistemas particulados, são os moinhos de bolas, os mesmos são utilizados em vários campos da indústria. O objetivo do processo de moagem pelo moinho de bolas é reduzir o tamanho das partículas. Nesses equipamentos, o pó é moído devido ao movimento do meio de moagem, ou seixo, dentro de um recipiente chamado de vaso giratório, sendo uma operação complexa influenciada por muitos parâmetros e fatores (GIRAUD et al., 2021). Três mecanismos são os responsáveis pela fragmentação das partículas em um moinho de bolas dentre eles a compressão, cisalhamento e impacto. A compressão é realizada pela ação da força normal entre duas placas ou rolos a uma velocidade bastante baixa para esmagar pedaços ou partículas. O cisalhamento é exercido pela força tangencial para cortar os materiais, e o atrito é realizado pela força de cisalhamento sob compressão para moê-los. Já força normal em alta velocidade implica na impactação. Na maioria dos moinhos, esses mecanismos de moagem geralmente ocorrem simultaneamente (YOKOYAMA e INOUE, 2007). Em estudos conduzidos por Freire et al. (2014), a técnica da moagem foi utilizada para obtenção de NaCl com tamanho de partícula reduzido. As partículas de NaCl foram pulverizadas em um moinho de bolas cerâmicas, posteriormente separadas por peneiras de diferentes malhas meshes (100, 200, 270 e 325), como controle foi utilizada uma amostra de sal não moída. Após a moagem a análise granulométrica foi realizada com base na dispersão de luz laser de baixo ângulo e verificou-se uma diminuição no diâmetro das partículas. O diâmetro médio diminuiu de cerca de $380 \mu\text{m}$ do controle (não moído) para $25 \mu\text{m}$ na amostra peneirada

em malha 325 mesh, sendo mais pronunciada a redução em peneira de 200 mesh, e menor com as malhas 270 e 325.

A utilização da secagem por spray dryer é outra alternativa, neste método o material de alimentação na forma líquida é atomizado dentro de uma câmara de secagem, onde a água evapora das gotas criadas devido ao contato com o ar quente. Após a secagem as partículas são separadas no ar de saída e coletadas. O tempo de contato entre o material seco e o ar quente é muito curto, possibilitando a desidratação de materiais termossensíveis. (CHEOW et al., 2010). O tamanho e a distribuição de tamanho das partículas é uma das propriedades importantes, e dependem de muitos fatores, como as propriedades de alimentação e as condições operacionais desses atomizadores, a faixa de tamanho de partícula obtida é de micrometros (μm) (KHAIRE et al., 2020). Yi et al. (2017) utilizaram a técnica para produção de micropartículas de NaCl e outros compostos com intuito de aumentar a percepção da salinidade, e diminuição de Na. Diferentes solventes foram utilizados no processo de obtenção, ácido láctico, acético e cítrico, bem como diferentes concentrações de sal. Foi possível observar que tanto o solvente quanto a concentração tiveram influência no tamanho da partícula obtida. O tamanho das micropartículas obtidas ficou na faixa entre 15,4-32,0 μm e aumentou com concentração de NaCl. As micropartículas produzidas com os solventes ácido acético e láctico tinham um tamanho de cristal de NaCl de 1–2 μm e 1–4 μm , respectivamente.

Outro processo com potencial utilização é secagem atomizada eletrodinâmica (ED). Processos eletro hidrodinâmicos (eletro pulverização) são métodos tidos como fáceis, econômicos e flexíveis. O mesmo é baseado em um jato eletricamente carregado produzindo partículas em escala micro, submicrônica e nano, possuindo algumas vantagens estruturais e funcionais. A configuração típica para eletropulverização consiste em quatro componentes principais: (i) uma fonte de alta tensão (1e30 kV) geralmente operado em modo de corrente contínua, sendo possível trabalhar em modo corrente alternada (KESSICK, FENN, e TEPPER, 2004), (ii) uma agulha ou capilar de aço inoxidável de extremidade cega, (iii) uma bomba de sincronia e (iv) um coletor aterrado ou placa plana ou tambor rotativo. O electrospraying é um processo de atomização de líquido por forças elétricas. Vinitha et al. (2021), avaliaram a nova abordagem envolvendo a modificação do tamanho e da estrutura do sal comum, no estudo foram utilizadas duas técnicas: secagem por pulverização (SD), e pela primeira vez foi abordada a utilização do método de secagem não térmico (ED) para redução das partículas de sal na nano escala. Através da ED foi possível a obtenção de partículas na escala nanométrica (520 nm) a medida foi realizada por um microscópio eletrônico de varredura, bem como foi possível

analisar a morfologia dos cristais (Difratômetro de raios-X), que em sua maioria, se apresentavam na forma cristalina.

2.6 PERSEPCÃO DA SALINIDADE

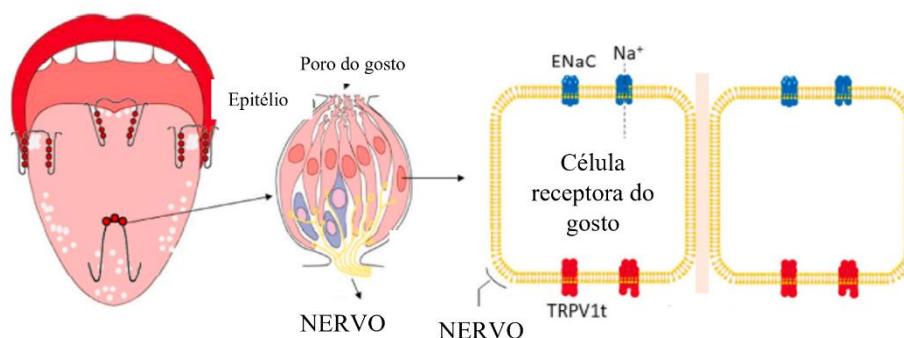
A percepção da salinidade do NaCl está associada com a taxa de dissociação deste na saliva, podendo ser melhorada pela alteração da forma física, ou seja, pela diminuição do tamanho e conseqüentemente pelo aumento da área superficial do NaCl (WANG et al., 2021). O aumento da área de contato se dá pela alteração da morfologia do cristal de NaCl. O NaCl possui um tamanho de partícula de 400-600 micrometros (CHEN et al., 2018). De acordo com Quilaqueo, Duizer e Aguilera (2015), a morfologia dos cristais de NaCl influencia sua dissolução na saliva, bem como a percepção de salinidade.

O local onde o NaCl se encontra na matriz do produto também pode ser associada com a percepção da salinidade. Em produtos emulsionados, como no caso dos cárneos, temos uma emulsão tipo óleo em água (O/W). O NaCl é um composto solúvel em água, assim conclui-se que o sal irá se encontrar na fase aquosa da emulsão. Alguns autores relatam que a mesma concentração de sal em um sistema emulsionado comparado com um sistema com maior fração de óleo, mas de mesmo volume, gera uma percepção de salinidade diferente, uma vez que o mesmo irá se concentrar na fase aquosa (METCALF et al., 2007; TORRICO et al., 2015). A gordura também tem a capacidade de diminuir a percepção do sabor salgado, por ser hidrofóbica a mesma gera uma barreira entre o NaCl e os receptores de sabor, prevenindo a migração do Na⁺ (CHABANET et al., 2013).

O mecanismo de percepção de salinidade se dá na língua, onde cerca de até mil grupos de papilas gustativas estão espalhadas na sua superfície. As papilas gustativas são dotadas de células chamadas de receptoras gustativas (TRCs), como podemos ver a representação na Figura 1. Os íons entram de forma passiva nas extremidades das células gustativas para se ligarem ao receptor, dando respostas nervosas ao paladar do NaCl. O receptor responsável é denominado EnaC, o qual é um receptor específico do gosto salgado do Na⁺. A ligação dos íons com o EnaC resulta na abertura do canal iônico e aumento do potencial da membrana interna, os íons Na⁺ ocasionam a despolarização das células, e a liberação de substâncias que ativam

fibras nervosas gerando a percepção do sabor salgado. Outra via de percepção é o TRPV1t, esse receptor responde a vários cátions entre eles o Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e NH_4^+ (WANG et al., 2021).

Figura 1: Mecanismo molecular de percepção da salinidade pelas células receptoras de sabor na língua.



Fonte: Modificado de WANG et al., 2021.

Estudos conduzidos por Rama et al. (2012) comprovaram que quanto menor a fração do sal, melhor a salinidade percebida sensorialmente pelos provadores. Já Rodrigues et al. (2016), observaram que uma mistura de sal composta por dois tamanhos de partículas pode fornecer 69% de redução de sódio sem alterar significativamente a qualidade sensorial. Gaudette et al. (2019) comprovaram em seu estudo que a utilização de cristais de sal de 3 mm revestidos com gordura, quando utilizadas em hambúrgueres de carne bovina teve a capacidade de redução do teor de sódio em 30%, sem a perda da salinidade do produto.

De acordo com Sun et al. (2021) alterar a estrutura do NaCl, geralmente aplicado na forma de cristais sólidos, através do tamanho de partícula, morfologia e estrutura espacial, pode melhorar a dissolução e a taxa de entrega do NaCl na boca e, portanto, pode se tornar uma abordagem eficaz para a redução do sal em alimentos processados. No entanto, como já citado anteriormente, a redução do sódio influencia além das características sensoriais, bem como em parâmetros de textura, capacidade de retenção de água, entre outros, que afetam a qualidade do produto. Assim sendo, a redução das partículas de NaCl são alternativas eficazes para a formulação de alimentos mais saudáveis, e com menor concentração de sódio, mas deve ser feita com ressalvas quanto a modificação dos parâmetros de qualidade do produto.

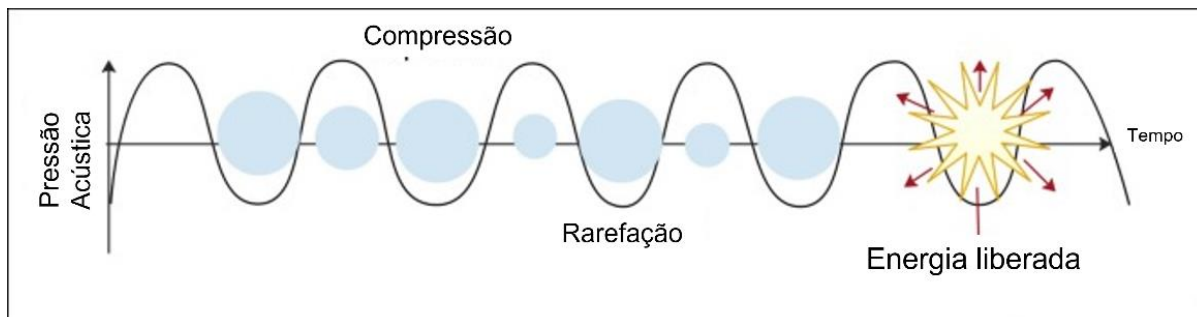
2.7 ULTRASSOM

Os ultrassons são ondas mecânicas que se propagam em meios materiais em ciclos consecutivos de compressão e rarefação em frequências maiores que 16 kHz. Ultrassons de alta frequência, maiores que 2 MHz, são utilizados para obtenção de imagens, já ondas ultrassônicas de baixa frequência entre 20 e 100 kHz, apresentam maior potências e podem alterar os meios expostos a esta radiação, uma vez que podem produzir agitação, cavitação no meio líquido, microfluxos, microjatos e aquecimento (KRUG, 2010). Existem frequências de som abaixo e acima do que os seres humanos podem ouvir. A classificação de frequência mais baixa no espectro acústico é infrassom que tem uma faixa de frequência menor que cerca de 20 Hz. O som audível é o que os seres humanos ouvem e tem uma faixa de frequência aproximada entre 20 Hz e 20 kHz. A faixa de frequência do ultrassom começa em uma frequência de cerca de 20 kHz. A US pode ser classificada em ultrassom de baixa intensidade (LIU), com frequências 20-100 kHz e intensidades $<1 \text{ W/cm}^2$, sendo considerado não invasivo, preciso, rápido, barato e de fácil implementação on-line (PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA ET AL., 2019; GARCÍA-PÉREZ ET AL., 2019). Já o ultrassom de alta intensidade (HPU), com frequências $>100 \text{ kHz}$ e intensidades $>1 \text{ W/cm}^2$, aumenta a transferência de calor e massa e é usado na indústria principalmente na faixa de 20 a 40 kHz, pois o HPU tem a capacidade de modificar os alimentos física, química e mecanicamente (ZHANG E ABATZOGLOU, 2020).

Os fenômenos e reações produzidas pelas ondas originadas da cavitação ultrassônica por pressão é estudado pelo campo da ciência denominado sonoquímica (NOMURA E KODA, 2015). Quando a aplicação da radiação ultrassom se dá em um meio líquido ciclos alternados de pressão positiva e negativa são gerados (Fig. 2). As moléculas de ar dissolvidas na solução se difundem para formar bolhas no ciclo de baixa pressão. Ao chegar ao próximo ciclo, a alta pressão externa comprime violentamente a bolha e a matéria dentro dela. Este processo de crescimento e compressão da bolha continua até que a pressão externa domine e a bolha entre em colapso (POKHREL et al., 2016). A cavitação acústica produz bolhas oscilantes que sofrem colapso adiabático, dando origem a temperaturas e pressões localizadas extremamente altas, que podem causar ou aumentar a taxa de certas reações químicas. As extremas temperaturas, concentradas devido a energia ultrassônica, é difundida em minúsculos pontos quentes, se transformam em micro-reatores em uma fração de segundo (JOSEPH et al., 2009). À medida que as bolhas oscilantes sofrem colapso adiabático, o meio circundante extingue quase que

instantaneamente um ponto quente confinado de curta duração com temperaturas de até 5000 K e pressões maiores que 1000 atm. (LI et al., 2021).

Figura 2: Fenômeno de cavitação acústica que ocorre durante o ultrassom.



Fonte: Modificado de GÓMEZ-SALAZAR et al., 2021.

Devido aos efeitos físicos e químicos benéficos promovidos pela cavitação, o ultrassom de alta potência (HPU) tem sido amplamente utilizado para fins industriais. Atualmente estudos tem investigado a sua utilização em operações envolvendo o processamento de alimentos como na extração de compostos, controle microbiológico, e na formação de emulsões (DELGADO-POVEDANO E CASTRO, 2017; ABBASI et al., 2019; AGUILAR et al., 2021). No processamento de produtos cárneos pode trazer diversos efeitos, tendo a capacidade de alterar propriedades físicas, bioquímicas e microbianas (PINTON et al., 2019, LEÃES et al., 2020).

Estudos conduzidos por Peña-Gonzalez et al. (2019) avaliaram os efeitos do ultrassom de alta intensidade (HPU), nas características físicas, microestruturais e sensoriais da carne bovina. O corte bovino foi exposto por 60 min ao tratamento HPU (40 kHz e 11 W / cm²). Evidenciou-se através dos experimentos que houve uma melhora na percepção de maciez e suculência, efeitos aumentados quando o HPU foi aplicado à carne. Esses efeitos também geraram melhor tecnologia e qualidade sensorial, aroma, sabor e cor. Microscopicamente, a carne sonicada possuía espaços entre as fibras musculares. Sendo o HPU uma excelente alternativa para o tratamento, com capacidade de amaciar a carne sem gerar efeitos tecnológicos ou sensoriais indesejáveis que prejudicam a qualidade geral dos produtos cárneos.

Jiang et al. (2021), investigaram as características físico-químicas e a digestibilidade in vitro do complexo de actomiosina extraído de carne suína submetida ao tratamento ultrassônico (400 W, 20 KHz) por 10 min. O tratamento ultra-sônico aumentou a hidrofobicidade da superfície, a solubilidade da proteína e o conteúdo de sulfidrila ativa, em comparação com o controle. A digestibilidade do complexo de actomiosina pela pancreatina, foi aumentada bem

como diminuiu o número de peptídeos. As descobertas fornecem uma nova visão sobre a aplicação de tratamento ultra-sônico apropriado para promover a digestibilidade da carne.

A intensificação de processos envolvendo a utilização da radiação US também tem sido utilizado para redução de aditivos químicos em produtos cárneos. Leães et al. (2020) prepararam emulsões cárneas substituindo a água por água eletrolisada básica e reduzindo o teor de NaCl com o auxílio do ultrassom. Essa combinação de ultrassom e água eletrolisada proporcionou uma redução de até 30% de NaCl, sem comprometer a qualidade tecnológica das emulsões cárneas. Li et al. (2015) avaliaram o efeito do ultrassom por diferentes tempos combinados com diferentes teores de sal em massa de peito de frango. Com um tratamento de 20 minutos de ultrassom a alta potência e redução de 1,5% dos níveis de sal, houve uma melhora nas propriedades de textura e capacidade de retenção de água, apresentando melhores habilidades de formação de gel. Portanto, os tratamentos com novas tecnologias, como as apresentadas, têm forte potencial para serem utilizados na produção de produtos cárneos com baixo teor de sódio e mais saudáveis.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ELABORAÇÃO DO NaCl MICRONIZADO

O NaCl micronizado foi obtido pelo peneiramento do NaCl regular (RS) usando uma peneira de malha de aço inoxidável de 60 mesh. O tamanho de partícula do RS foi de $477.57 \pm 21.0 \mu\text{m}$ e do MS foi de $168.86 \pm 1.66 \mu\text{m}$ (RIOS-MERA et al., 2019).

3.2 ELABORAÇÃO DAS MORTADELAS COM BAIXO TEOR DE SÓDIO TRATADAS COM ULTRASSOM

As mortadelas com baixo teor de sódio foram produzidas de acordo com a formulação apresentada na Tabela 1. Primeiramente, carne bovina e gordura suína foram moídas separadamente em um moedor equipado com um disco de 5 mm (PJ-22 Plus Professional, Jamar, Brasil). Na sequência, a carne moída foi adicionada no cutter (0,5L 60Hz, G-Paniz, Brasil) juntamente com 50% da quantidade de NaCl (RS ou MS), KCl, tripolifosfato de sódio e metade da água (2 - 4 °C). Após 20 seg. de cominuição foi adicionado o nitrito de sódio. Após mais 20 seg. de cominuição foi adicionado o ascorbato de sódio, o restante da água e a gordura suína, a qual foi previamente misturada com a outra metade do NaCl (RIOS-MERA et al., 2019). A massa cárnea foi cominuída até a completa homogeneização (aproximadamente 20 segs.). A temperatura final das massas cárneas permaneceu abaixo de 10 °C durante todo o processo de cominuição. As emulsões cárneas foram embutidas em tripas de plástico impermeáveis à água de 46 μm de espessura e 32 mm de diâmetro (Viskase, Brasil). Na sequência, as peças (aproximadamente 200 g) foram colocadas aleatoriamente em um banho ultrassônico (Elma Schmidbauer GmbH, TI-H-10 MF2, Singen, Alemanha) com uma dimensão de 300 × 240 × 150 mm (L x P x A) e sonicadas por 27 min. A sonicação foi realizada no modo normal, frequência de 25 kHz, amplitude de 60% e temperatura da água de 20 °C. Esses parâmetros foram escolhidos de acordo com um estudo anterior (PINTON ET AL., 2020). As amostras que não foram sonicadas também permaneceram por 27 min. no banho ultrassônico à 20 °C, porém o equipamento permaneceu desligado. Após, as peças foram colocadas em um tanque de cozimento e cozidas em água até a temperatura interna de 72 °C. A temperatura da água do tanque de cozimento iniciou em 60 °C e foi aumentada até 80 °C em uma razão de 10 °C a cada 30 min. Após o cozimento, as peças foram resfriadas (<10 °C) em um banho de gelo

e armazenadas a 4 ± 1 °C durante 21 dias. Para monitorar a temperatura de cozimento e resfriamento foi inserido um termômetro tipo espeto em três peças aleatórias, sendo que estas peças foram descartadas.

TABELA 1. Formulações mortadelas com baixo teor de NaCl tratadas com ultrassom (US)

Tratamentos	RS (%)	MS	KCl (%)	Água (%)	NaCl redução (%)	Tempo US (min)
RS _{2.5%}	2.5	-	-	6.985	0	0 e 27
RS _{1.25%}	1.25	-	-	8.235	50	0 e 27
RS _{1.25%} K _{0.5%}	1.25	-	0.50	7.735	50	0 e 27
MS _{2.5%}		2.5	-	6,985	0	0 e 27
MS _{1.25%}		1.25	-	8.235	50	0 e 27
MS _{1.25%} K _{0.5%}		1.25	0.50	7.735	50	0 e 27

Adicionado em todos os tratamentos: Carne bovina: 75%; Gordura de porco: 15%; Tripolifosfato de sódio: 0,25%; Ascorbato de sódio: 0,25%; Nitrito de sódio: 0,015%.

RS: sal comum; MS: sal micronizado.

3.3 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA EMULSÃO

A estabilidade da emulsão foi avaliada logo após a sua fabricação utilizando a metodologia proposta por Jimenez-Colmenero, Ayo e Carballo (2005). Aproximadamente 5 g da emulsão foi pesada em tubos Falcon de 25 mL, em seguida, centrifugados a 3.000 rpm. por 5 min, a 2 °C. Depois disso, cada tubo foi colocado em banho-maria a 95 °C por 40 min e, e posteriormente resfriados à 10 °C. Após o resfriamento, o exsudado liberado foi pesado em béqueres de vidro, e mantidos por 24 horas a 105 °C para a completa evaporação da água. A estabilidade da emulsão foi determinada em quintuplicata pela quantificação da porcentagem de gordura ($\text{peso da gordura liberada} / \text{peso da amostra} \times 100$) e água liberada ($(\text{peso da água liberada} / \text{peso da amostra}) \times 100$).

3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEOR DE NA E K

A composição química (umidade, proteínas, lipídeos e cinzas) e os teores de Na e K das mortadelas foram determinados em triplicata logo após sua fabricação (dia 1). Foram utilizados, respectivamente, os métodos 950.46, 2011.04 e 920.153 da AOAC para determinação da umidade, proteínas e cinzas (AOAC, 2006). Os lipídios foram determinados usando a metodologia de Bligh e Dyer (1959). Os teores de Na e K foram determinados por espectrometria de emissão atômica ICP-OES, utilizando um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (Optima 4300 DV, Perkin Elmer), equipado com um nebulizador do tipo GemCone[®] acoplado a uma câmara de nebulização ciclônica (Perkin Elmer).

3.5 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE TEXTURA (TPA)

A análise do perfil de textura foi realizada no primeiro dia do armazenamento das mortadelas. Cinco cilindros de 2 x 2 cm de cada tratamento foram submetidos a dois ciclos sucessivos de compressão de 50% de sua altura original usando um probe de 40 mm de diâmetro (P/40) movendo-se a uma velocidade 1 mm/s (Texturômetro TA-TX2, Stable Micro Systems Ltd., Inglaterra). Os parâmetros determinados foram dureza (N), elasticidade (mm), Coesividade, e mastigabilidade (N).

3.6 DETERMINAÇÃO DO PH E POTENCIAL REDOX (EH)

Para determinação do pH e Eh, 5 g de amostra cozida e triturada foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada. A leitura foi realizada em um pHmetro digital de duplo canal (Digimed® - DM 23). A análise foi realizada em triplicata, nos dias 1, 7, 14 e 21 de armazenamento.

3.7 DETERMINAÇÃO DE TBARS

A oxidação lipídica das mortadelas foi avaliada durante o armazenamento refrigerado (1, 7, 14 e 21 dias) utilizando a metodologia de TBARS (BRUNA et al., 2001). As análises de TBARS foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em mg de malonaldeído (MDA) por kg de amostra (mg MDA / kg amostra).

3.8 ANÁLISE SENSORIAL

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia e Ciência de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Painelistas habituados (2 homens e 12 mulheres) a consumirem produtos cárneos emulsionados foram selecionados a partir da metodologia de Stone e Sidel (2004). Posteriormente, os painelistas foram reunidos para a apresentação do estudo e esclarecimentos a respeito do produto, tipo de análise sensorial, uso de escalas, entre outros. O teste de caracterização de produto sensorial foi aplicado para caracterizar os produtos com relação aos seguintes atributos: aroma de ranço, sabor salgado, sabor de ranço, sabor residual amargo e maciez. A definição de cada termo descritor e sua respectiva referência (Tabela 2) foram definidas previamente com base em estudos realizados pelo nosso grupo de pesquisa (PINTON et al., 2020). O treinamento do grupo de painelistas teve duração de 12 horas (WANG et al., 2022) e foi dividido em 5 sessões que tiveram o objetivo de treinar os painelistas quanto ao reconhecimento dos termos descritores, referências e uso das escalas a fim de testar a evolução do treinamento de cada painalista. Após o treinamento, a avaliação sensorial foi realizada utilizando uma escala não estruturada de 9 cm ancorada no lado esquerdo por "pouco" ou "nenhum" e no lado direito por "muito" (MEILGAARD et al., 2007). As amostras de mortadela foram fatiadas (0,3 cm de espessura e 3 cm de diâmetro) e servidas de forma monádica em

blocos completos balanceados (MACFIE & BRACHELL, 1989). Todos os provadores assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido concordando em participar da pesquisa, a qual foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSM (CAAE: 91346618.9.0000.5346).

Tabela 2. Descritores sensoriais de mortadela desenvolvidos pelo painel treinado

Descritor	Definição	Referência
Aroma de ranço	Intensidade do odor característico da gordura de porco oxidada.	Nenhum: toucinho fresco apresentado em embalagem com tampa. Muito: 50g de gordura suína armazenada por 6 meses, apresentada em embalagem com tampa.
Sabor salgado	Intensidade do sabor salgado percebido ao saborear uma fatia de amostra.	Pouco: pedaço de pão (Seven boys). Muito: Fatia de 0,30 cm de linguiça emulsificada suína (Sadia) assada em papel alumínio em forno elétrico a 180°C por 30 min.
Sabor residual amargo	Intensidade do sabor amargo que permanece na boca após a degustação da amostra.	Nenhum: água potável à temperatura ambiente. Muito: solução de KCl a 0,50%.
Sabor de ranço	Intensidade do sabor característico da gordura de porco oxidada.	Nenhum: fatia de 0,30 cm de linguiça emulsificada de frango (Sadia). Muito: Fatia de 0,30 cm de linguiça emulsificada de frango (Sadia) vendida em kg em um mercado local.
Maciez	Força mínima necessária para comprimir a amostra.	Pouco: Fatia de 0,30 cm de linguiça emulsificada suína (Sadia). Muito: Fatia de 0,30cm produzida com 60% de carne de frango separada mecanicamente (Sadia).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todo o experimento foi repetido três vezes em dias diferentes. Um modelo linear geral foi aplicado para avaliar os dados físico-químicos e microbiológicos. Os tratamentos e o tempo de armazenamento foram colocados no modelo como fatores fixos e as repetições como fator aleatório. Nas análises realizadas durante o armazenamento foi avaliada a interação entre os fatores fixos. O teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias quando os fatores fixos foram significantes ($P < 0,05$). Os resultados da avaliação sensorial foram avaliados utilizando a opção “Product Characterization” do programa estatístico XLSTAT (versão 2019.2.2). Os provadores e as seções foram colocados no modelo os efeitos aleatórios e os tratamentos como efeito fixo e foi utilizado um intervalo de confiança de 95%. Uma Análise de componentes principais (PCA) foi realizada para visualizar o perfil sensorial das amostras usando um valor p limiar de 0.1 para filtrar descritores não discriminantes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

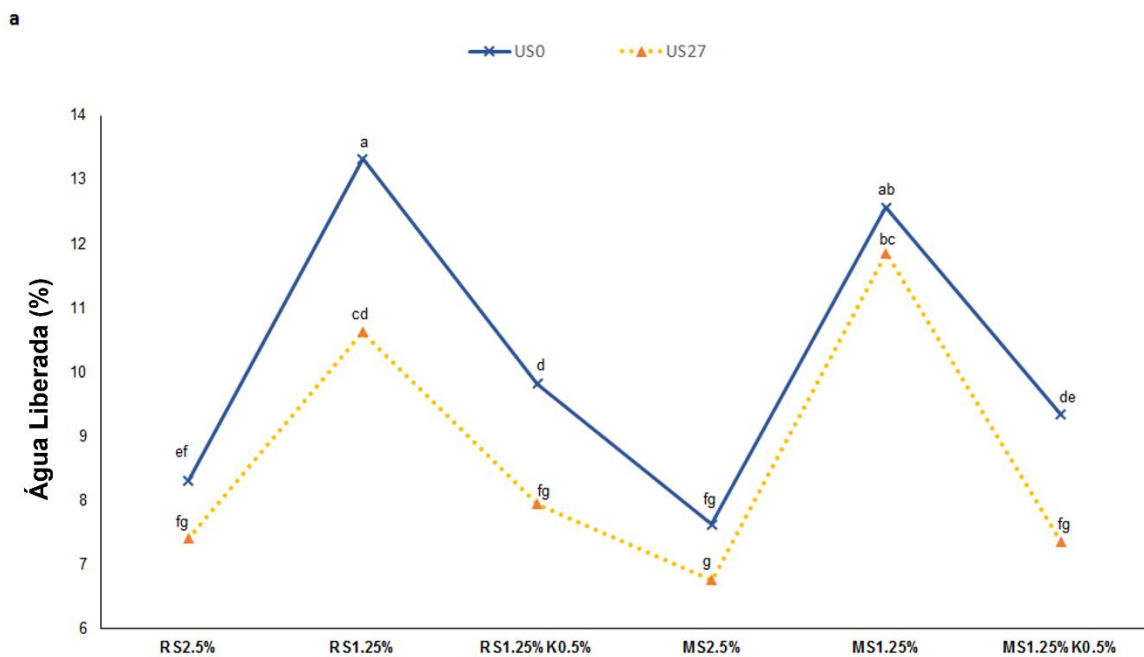
4.1 ESTABILIDADE DA EMULSÃO

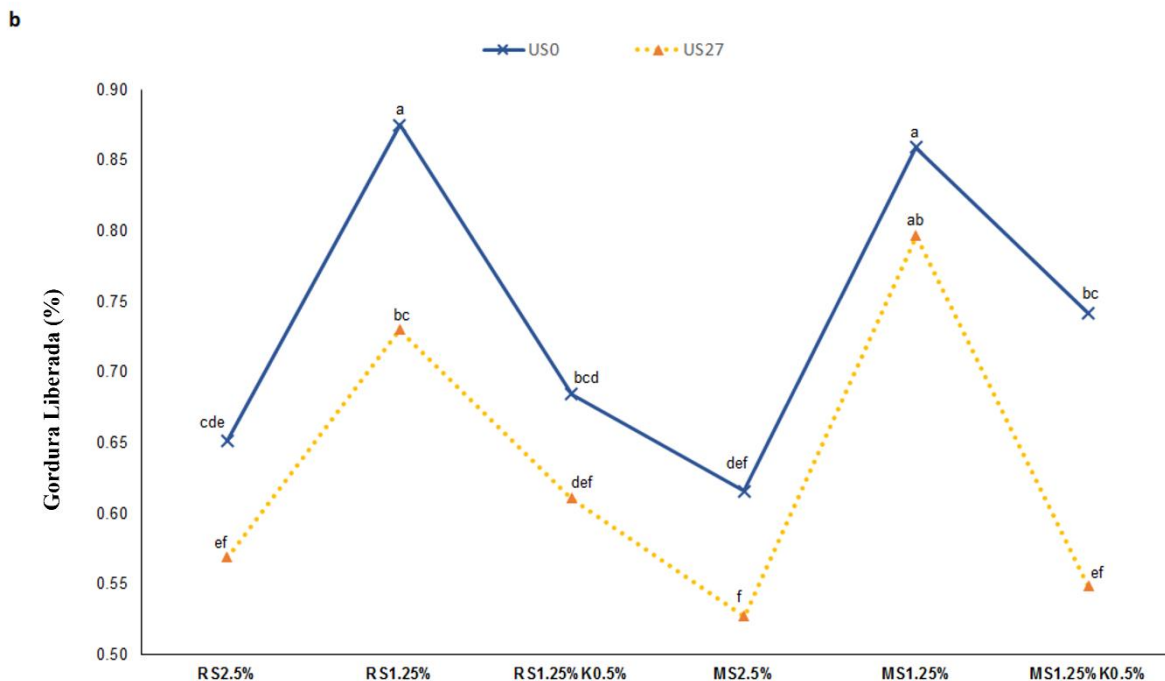
Os resultados obtidos na avaliação da estabilidade da emulsão das amostras são apresentados na Figura 3. A estabilidade da emulsão foi avaliada pela % de exsudação de água (Fig. 3a) e gordura (Fig. 3b). Ao se comparar os tratamentos não sonicados elaborados com NaCl regular (RS) pode-se observar que a redução de 50% de RS (RS_{1,25%}) aumentou ($P < 0,05$) a exsudação de água e gordura, diminuindo, portanto, a estabilidade da emulsão. Este efeito negativo está ligado ao fato do NaCl ser um ingrediente chave no controle das funcionalidades das proteínas miofibrilares (MP), influenciando no seu potencial zeta e na sua solubilidade (WU ET AL., 2016; ZENG ET AL., 2019).

A diminuição da concentração de NaCl implica em uma menor interação dos íons cloreto (Cl^-) com as MPs ocasionando uma menor repulsão eletrostática (PUOLANNE & HALONEN, 2010). Conseqüentemente, ocorre uma menor extração e solubilização das MPs gerando defeitos de geleificação e na capacidade de retenção de água e gordura (GROSSI et al. 2012). A adição de 0,5% de KCl (RS_{1,25%}K_{0,5%}) foi eficiente para compensar parcialmente os defeitos na estabilidade da emulsão causados pela redução de 50% de RS. Isto pode ser atribuído ao aumento da força iônica do meio devido a adição de KCl (PINTON ET AL., 2019). Além disso, ao se comparar as amostras não sonicadas elaboradas com o mesmo teor de NaCl (RS ou MS), pode-se observar que o MS teve o mesmo efeito que o RS na estabilidade da emulsão ($P > 0,05$). Em relação às amostras sonicadas, pode-se observar que a aplicação de 27 min. de US não melhorou a estabilidade da emulsão das amostras formuladas com 2,5% de RS ou MS. Contudo, as amostras com 50% de redução de NaCl apresentaram uma melhoria significativa na estabilidade da emulsão após a sonicação. Os melhores resultados foram obtidos nas amostras com adição de 0,5% de KCl, já que a exsudação de gordura e água foi similar ($P > 0,05$) aos tratamentos com 100% de NaCl (RS_{2,5%} e MS_{2,5%}). Esta melhoria pode ser associada ao mecanismo de cavitação acústica gerado pelo US (ALARCON-ROJO ET AL., 2019). Esse mecanismo é capaz de produzir intensas forças físicas, forças de cisalhamento, ondas de choque e turbulência, geradas por consecutivos ciclos de compressão e rarefação, o que ocasiona microfissuras dentro da estrutura da miofibrila e uma possível modificação da estrutura proteica, bem como aumento na transferência de massa (GÓMEZ-SALAZAR ET AL., 2021). Desta forma, estes fenômenos podem ter contribuído para melhorar a difusão dos

sais na emulsão cárnea e para aumentar as interações proteicas proporcionando maior solubilidade e melhorando a formação do gel (CICHOSKI et al., 2019). Concordando com os resultados encontrados neste estudo, estudos recentes também reportaram um efeito positivo do US na estabilidade da emulsão de produtos cárneos emulsionados (GAO et al., 2022; PINTON et al., 2020; LI et al., 2020; LEÃES et al., 2019).

Figura 3: Avaliação da estabilidade da emulsão das emulsões de carne de baixo teor de sódio. (3a) % de água liberada, (3b) % de gordura liberada.





4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TEORES DE NA E K

A composição química, o teor de sódio (Na) e potássio (K) e a razão Na/K das mortadelas tratadas com ultrassom são mostradas na Tabela 3. O teor de gordura e proteína varia entre 13,6% a 14,9% e 16,3% a 18,5%, respectivamente ($P > 0.05$). As amostras não sonicadas e com 50% de redução de NaCl apresentaram um menor ($P < 0,001$) teor de umidade entre todos os tratamentos (67,6% e 68,3% for $RS_{1,25\%}$ e $MS_{1,25\%}$, respectivamente), o que está de acordo com os resultados da estabilidade da emulsão (Fig. 3). A adição de 0,5% de KCl combinada com a sonicação por 27 min fez com que as amostras com 50% de redução de NaCl apresentassem uma umidade similar ($P > 0,05$) as amostras $RS_{2,5\%}$ e $MS_{2,5\%}$. Os teores de cinzas foram coerentes com os níveis de adição de NaCl e KCl. Maiores valores foram encontrados nas amostras com 100% de NaCl ($RS_{2,5\%}$ e $MS_{2,5\%}$) seguido pelas amostras com 50% de redução de NaCl e com adição de KCl ($RS_{1,25\%} K_{0,5\%}$ e $MS_{1,25\%} K_{0,5\%}$) e pelas amostras com somente 50% de redução de NaCl ($RS_{1,25\%}$ e $MS_{1,25\%}$). As amostras reformuladas apresentaram uma redução de aproximadamente 42% de sódio ($P < 0,01$), podendo, portanto, ser rotulado como "reduzido em sódio" (EUROPEAN PARLIAMENT, 2006). Ademais a adição de 0,5% foi eficaz para reduzir a relação Na/K para valores saudáveis (WHO, 2003).

Tabela 3: Composição química, teor de sódio (Na) e potássio (K) e relação Na/K de mortadelas tratadas com ultrassom

	0 min US						27 min US						SEM	SIG
	RS _{2,5%}	RS _{1,25%}	RS _{1,25%} K _{0,5%}	MS _{2,5%}	MS _{1,25%}	MS _{1,25%} K _{0,5%}	RS _{2,5%}	RS _{1,25%}	RS _{1,25%} K _{0,5%}	MS _{2,5%}	MS _{1,25%}	MS _{1,25%} K _{0,5%}		
Umidade (%)	69.1 ^b	67.6 ^f	68.3 ^{de}	70.2 ^a	68.3 ^e	68.8 ^{bc}	69.2 ^b	68.8 ^{bcd}	68.7 ^{bcd}	69.7 ^a	68.8 ^{bcd}	69.3 ^{ab}	0.7	***
Gordura (%)	14.9 ^a	13.8 ^a	14.6 ^a	14.5 ^a	13.6 ^a	13.7 ^a	13.8 ^a	13.9 ^a	13.7 ^a	13.8 ^a	13.8 ^a	13.6 ^a	0.5	n.s.
Proteína (%)	18.1 ^a	17.7 ^a	18.7 ^a	17.5 ^a	16.4 ^a	17.1 ^a	18.1 ^a	17.1 ^a	17.7 ^a	17.8 ^a	16.3 ^a	18.5 ^a	0.9	n.s.
Cinzas (%)	3.2 ^a	1.7 ^e	2.4 ^{cd}	3.2 ^a	2.1 ^{cde}	2,5 ^{bc}	3.2 ^a	1.9 ^{de}	2.3 ^{cde}	3.1 ^{ab}	2.2 ^{cde}	2.4 ^{cd}	0.5	***
Sódio (mg/100g)	9041.7 ^a	5377.6 ^b	5363.0 ^b	9018.6 ^a	5003.3 ^b	5348 ^b	8954.3 ^a	5453.6 ^b	5334.6 ^b	8969.0 ^a	5181.6 ^b	5298.0 ^b	111.2	***
Potássio (mg/100g)	2391.6 ^b	2391.6 ^b	4322.6 ^a	2604.0 ^a	2224.0 ^b	4228.3 ^a	2366.6 ^b	2355.0 ^b	4302.6 ^a	2386.0 ^b	2257.0 ^b	4261.6 ^a	63.8	***
Na/K razão	3.8 ^a	2.4 ^b	1.2 ^c	3.5 ^a	2.3 ^b	1.3 ^c	3.8 ^a	2.3 ^b	1.2 ^c	3.7 ^a	2.3 ^b	1.3 ^c	0.03	***

As médias dentro da mesma linha seguidas pelas mesmas letras não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey. Tratamentos: consulte a Tabela 1.

SEM: Erro padrão da média.

Valor P: *** ($P < 0,001$), n.s. (não significativo).

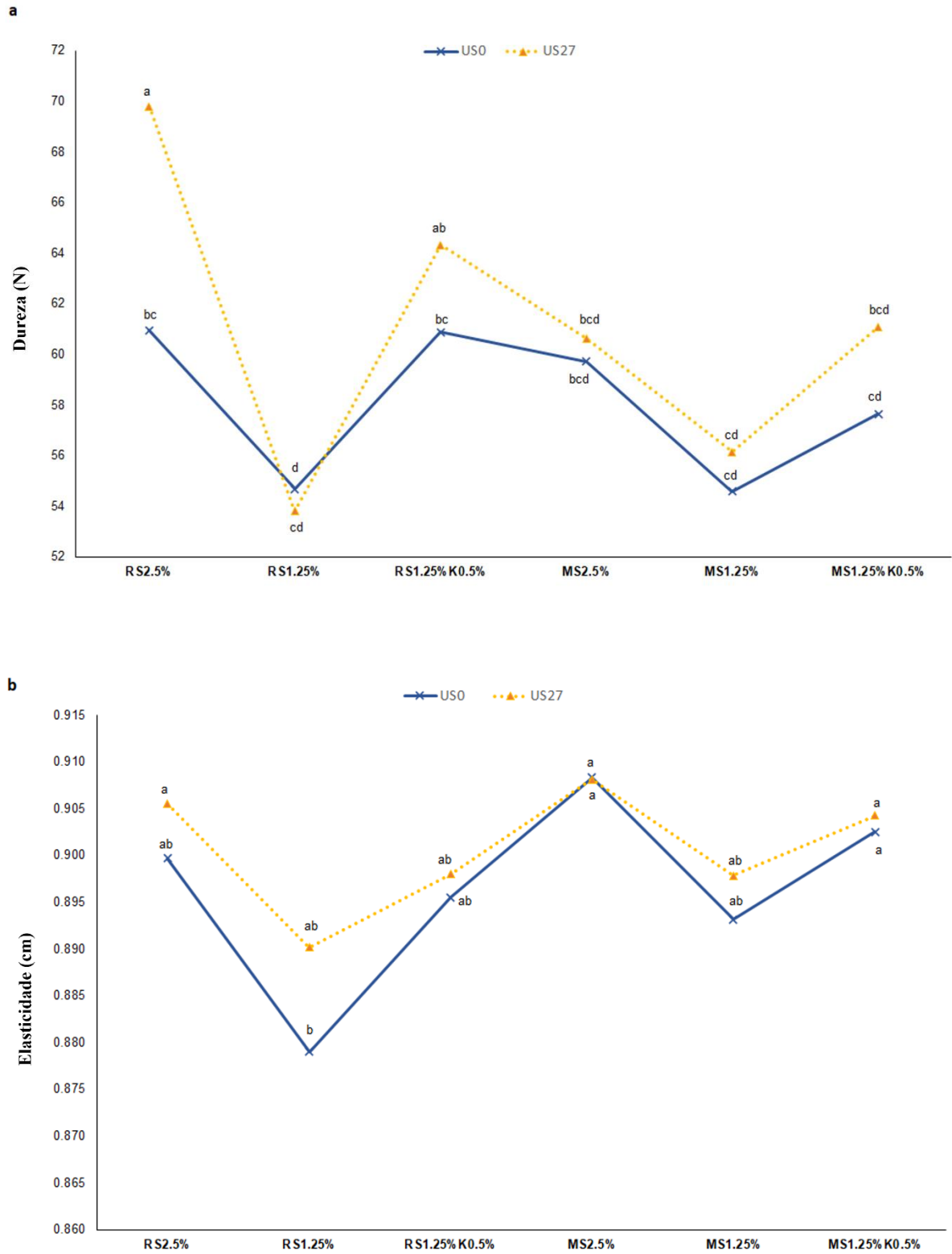
4.3 PERFIL DE TEXTURA

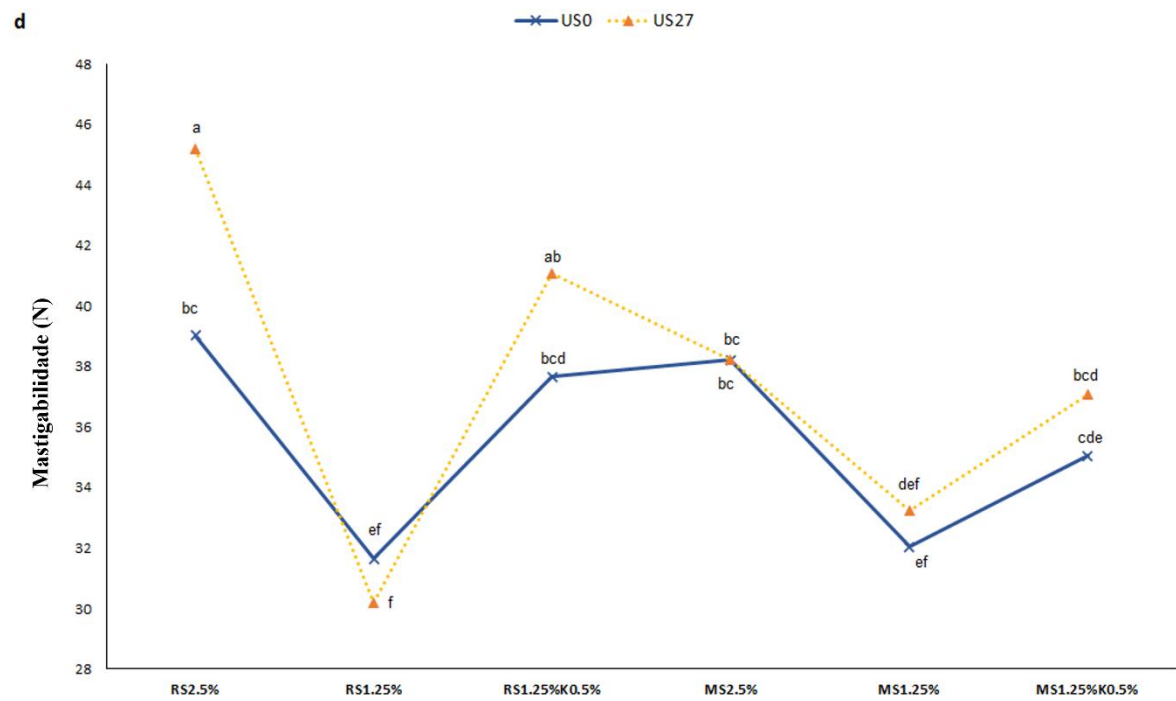
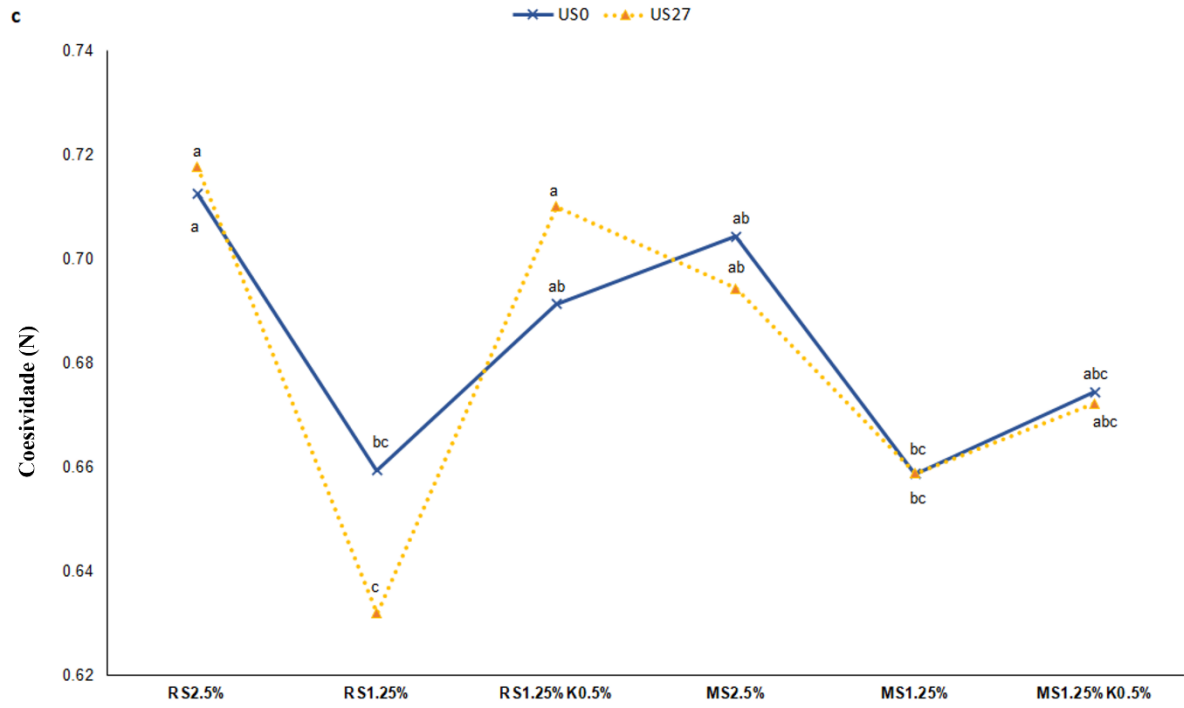
Conforme esperado, a redução de 50% de NaCl nas amostras não sonicadas reduziu ($P < 0,05$) os valores de dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade (Figura 4). Este efeito está bem documentado na literatura e pode ser atribuído a menor extração das proteínas miofibrilares devido a menor força iônica (PINTON et al., 2021; MEIJA et al., 2019; HORITA et al., 2014). A adição de 0,5% de KCl foi eficiente para eliminar os defeitos na textura causados pela redução de 50% de NaCl. Uma tendência semelhante foi relatada por Pinton et al. (2020) em salsichas de baixo teor de sódio produzidas com baixo nível de KCl.

Ao se comparar as amostras com o mesmo teor de sais, pode-se observar uma tendência de aumento nos valores dos parâmetros de dureza nas amostras sonicadas. Um efeito significativo ($P < 0,05$) foi encontrado nas amostras RS_{2,5%}, RS_{1,25%} e MS_{1,25}, qual apresentaram maiores valores de dureza (RS_{2,5%} e MS_{1,25}), mastigabilidade (RS_{1,25%}) e elasticidade (RS_{1,25%}) que seus respectivos controles não sonicados. Esta tendência de aumento nos valores dos parâmetros de textura causada pelo US também foi observada em outros estudos (LEÃES et al., 2020; CICHOSKI et al., 2019) e pode ser atribuída a capacidade do ultrassom de alta intensidade em promover modificações na estrutura da proteína (DELMAS & BARTHE, 2015)

Ao se comparar as amostras não sonicadas com o mesmo teor de sais, pode-se observar que a substituição de RS por MS não afetou ($P > 0,05$) o perfil de textura dos produtos. Este fato sugere, portanto, que o MS tem uma capacidade de extração proteica semelhante aos RS. Concordando com estes resultados, Rios-Mera et al. (2020) também reportaram que a substituição de RS por MS não provocou grandes alterações no perfil de textura de hambúrgueres de carne.

Figura 4: Perfil de textura das mortadelas reduzidas em sódio (4a) dureza, (4b) elasticidade, (4c) coesividade e (4d) mastigabilidade.





4.4 PH, EH E TBARS

Os valores de pH apresentaram efeito de interação significativo ($P < 0,001$) entre os tratamentos e dias de armazenamento (Fig. 5). Ao se comparar as amostras não sonicadas, pode-se observar que a redução de 50% de RS ocasionou um aumento nos valores de pH logo após o cozimento (dia 1 de armazenamento). Este fato pode estar relacionado ao efeito inibitório do NaCl frente às enzimas proteolíticas (CITTADINI et al., 2020). As amostras não sonicadas elaboradas com MS apresentaram valores de pH similares ($P > 0,05$) no início do armazenamento (dia 1). Esta diferença no efeito do RS e MS nos valores de pH sugere que o MS pode ter menos impacto nas enzimas proteolíticas. Em geral, a sonicação por 27 min provocou um aumento nos valores de pH das amostras, o que é benéfico para melhorar suas propriedades tecnológicas. Este efeito do US no aumento do pH de emulsões de carne já foi reportado em estudos prévios (PINTON et al., 2019 e 2020) e pode estar relacionado com a redução de grupos ácidos das proteínas devido a interação de suas cadeias laterais com radicais livres gerados durante a sonicação (AMIRI et al., 2018). Os valores de pH da maioria das amostras apresentaram uma significativa redução até o 14º dia de armazenamento. Este fato é comumente reportado neste tipo de produto (KHORSANDI et al., 2019) e pode estar relacionado com a produção de ácidos por ação de microrganismos, especialmente bactérias ácido lácticas (DA SILVA et al., 2018). No final do armazenamento (21 dias) foi observado um aumento significativo nos valores de pH na maioria das amostras, o que pode ser atribuído à presença de compostos alcalinos devido a ocorrência de reações proteolíticas (XIONG et al., 2020).

O potencial redox (Eh) é um parâmetro que indica a facilidade que o substrato pode ganhar ou perder elétrons. Portanto, um aumento nos valores de Eh indica que o substrato está mais propenso a sofrer reações oxidativas (HECK et al., 2020). Neste estudo, uma interação significativa ($P < 0,001$) entre tratamentos e tempo de armazenamento foi encontrada para os valores de Eh (Fig. 6). De forma geral, pode-se observar que os valores de Eh não apresentaram uma grande variação durante o armazenamento. As amostras RS_{2.5%}, RS_{1.25%} e RS_{1.25%}K_{0.5%} apresentaram no início do armazenamento valores de Eh similares ($P > 0,05$), indicando que a redução de 50% de RS e adição de KCl não afetou o ganho ou perda de elétrons do substrato. As amostras com MS apresentaram no início do armazenamento menores ($P < 0,001$) valores de Eh que seus respectivos controles elaborados com RS. Este fato é importante, pois demonstra que o MS deixa o substrato menos propenso a sofrer reações oxidativas. As amostras sonicadas apresentaram maiores ($P < 0,001$) valores de Eh que seus respectivos controles não sonicados

no início do armazenamento, o que pode estar relacionado à reações de proteínas com radicais livres produzidos durante a sonicação (KANG ET AL., 2020). No entanto, os valores de Eh das amostras sonicadas diminuíram durante o armazenamento. Este resultado pode estar relacionado a efeitos já conhecidos da cavitação gerada pelo US, como exposição de grupos tióis das proteínas e melhor difusão na massa cárnea de ingredientes com ação antioxidante, como fosfato e nitrito (CICHOSKI ET AL., 2019).

Os valores de TBARS foram significativamente ($P < 0,001$) influenciados pela interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Fig. 7). Ao se comparar as amostras não sonicadas elaboradas com RS, pode-se observar que a redução de 50% de RS reduziu ($P < 0,001$) os valores de TBARS no 7º e 14º dia de armazenamento. Este resultado era esperado e está relacionado ao efeito pró-oxidante do NaCl sobre as membranas celulares (DOS SANTOS ET AL., 2017). Além disso a amostra MS_{2.5%} apresentou uma menor ($P < 0,001$) oxidação lipídica que RS_{2.5%} nestes mesmos dias de armazenamento, o que concorda com os resultados do Eh. A aplicação de US não provocou grandes alterações nos valores de TBARS nos dias 1, 7 e 14 de armazenamento. Porém, no final do armazenamento (dia 21) algumas amostras sonicadas (RS_{2.5%}, MS_{1.25%} and MS_{1.25%}K_{0.5%}) apresentaram maiores valores de TBARS que seus respectivos controles não sonicados. Outros autores também reportaram um efeito similar do US no aumento da oxidação lipídica de produtos de carne (PINTON ET AL., 2020; KANG ET AL., 2016). Este fenômeno pode ser atribuído a alguns efeitos da sonicação sobre a matriz cárnea, tais como aumento de temperatura e produção de radicais livres à partir de moléculas de água (KANG ET AL., 2020). Cabe destacar, no entanto, que o nível de oxidação lipídica durante os 21 dias de armazenamento pode ser considerado baixo, pois em todos os tratamentos os valores de TBARS permaneceram abaixo do limite sensorialmente detectável (> 1 mg MDA/kg sample) (PROMMACHART ET AL., 2020)

Figura 5: Valores de pH durante o período de armazenamento (dia 1, 7, 14 e 21).

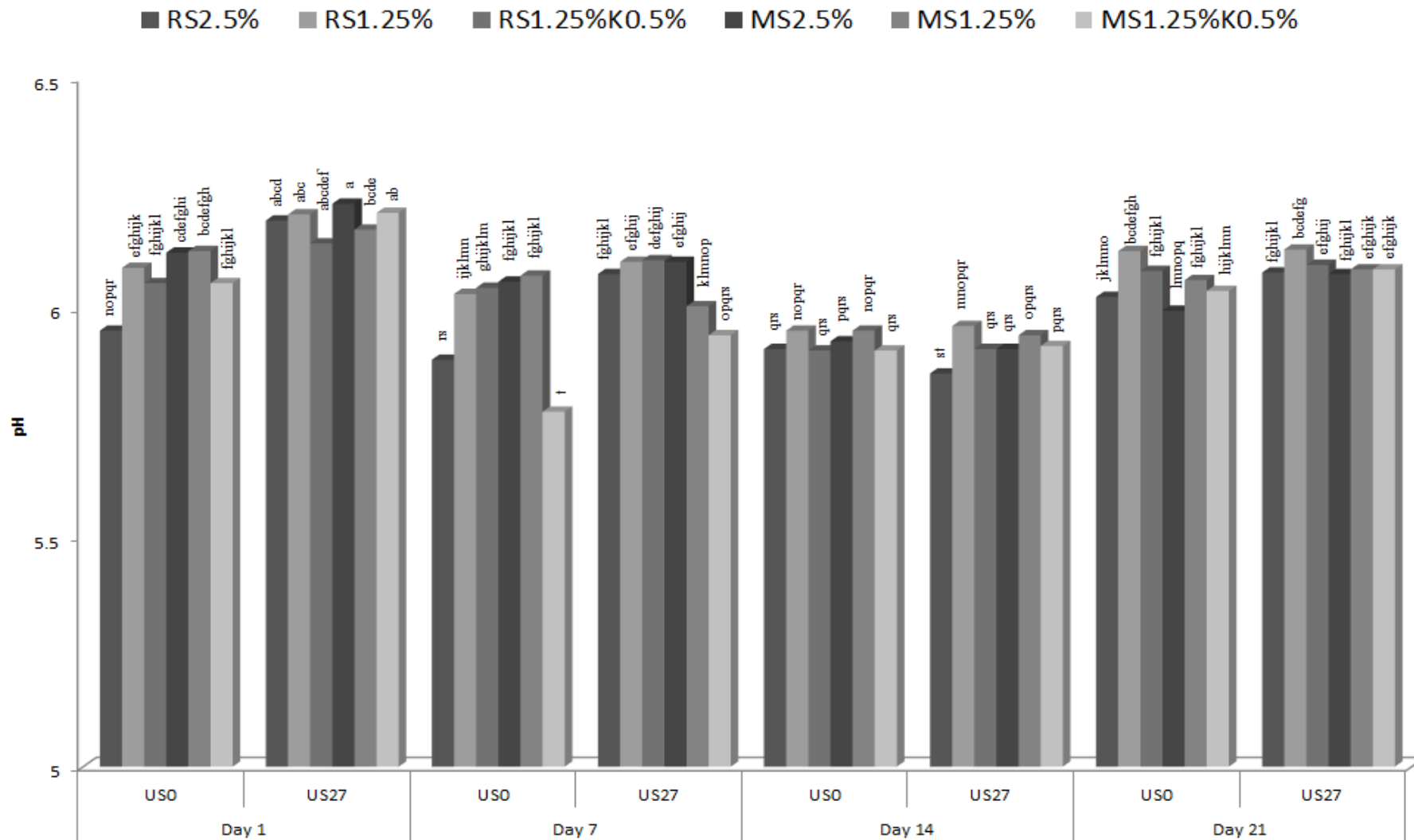


Figura 6: Valores de Eh durante o período de armazenamento (dia 1, 7, 14 e 21).

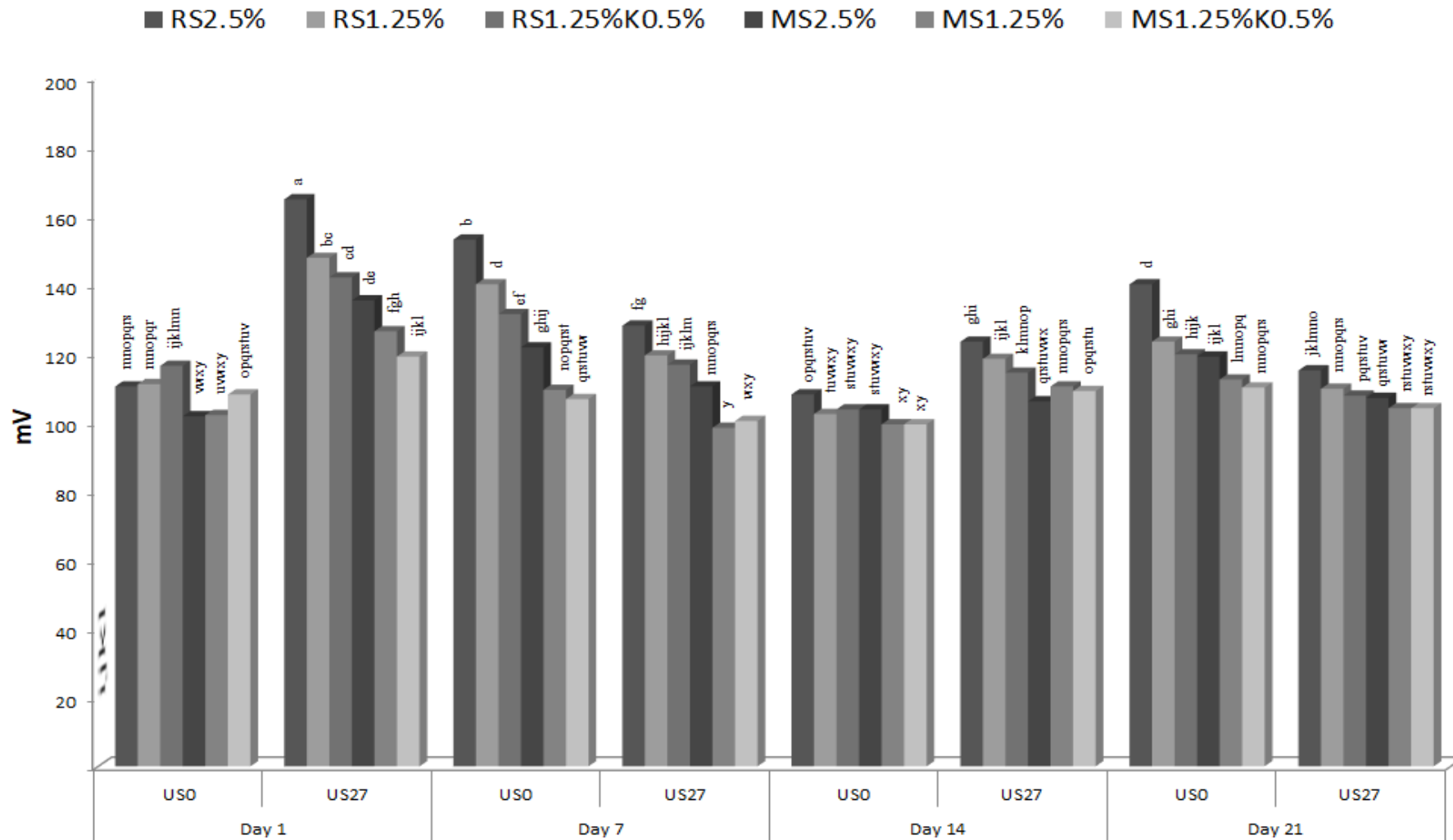
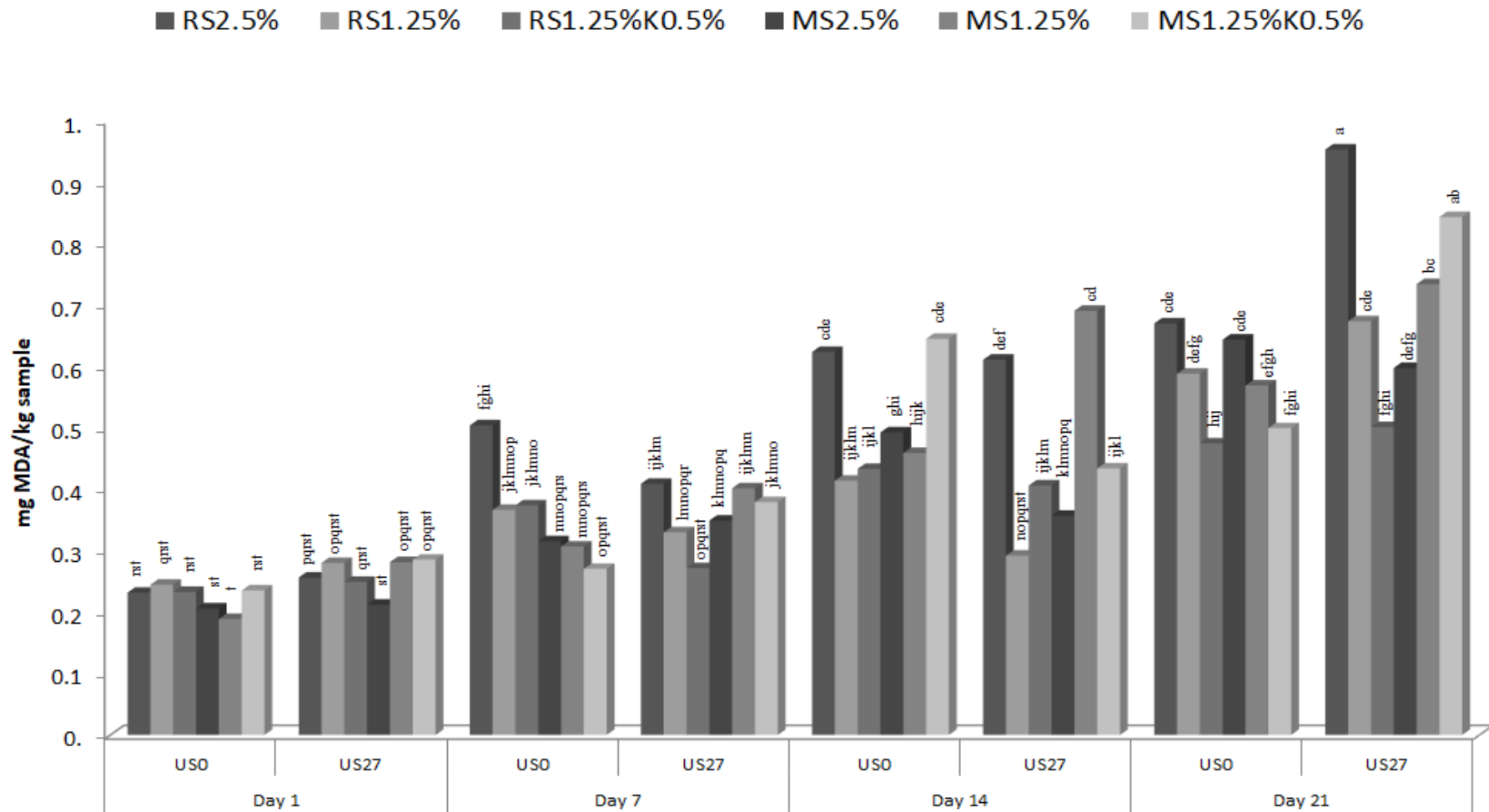


Figura 7: Valores de TBARS durante o período e armazenamento (dia 1, 7, 14 e 21).

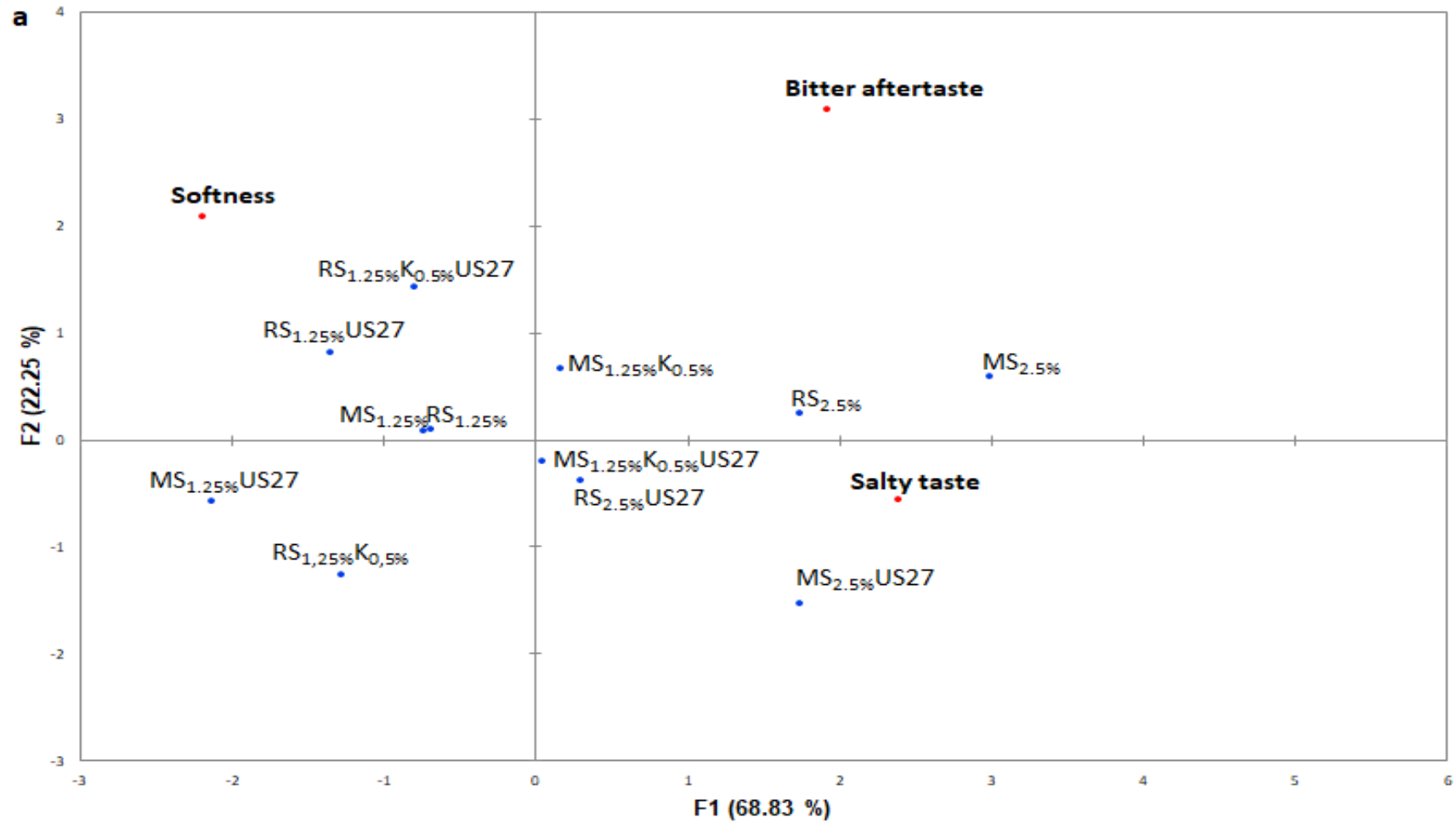


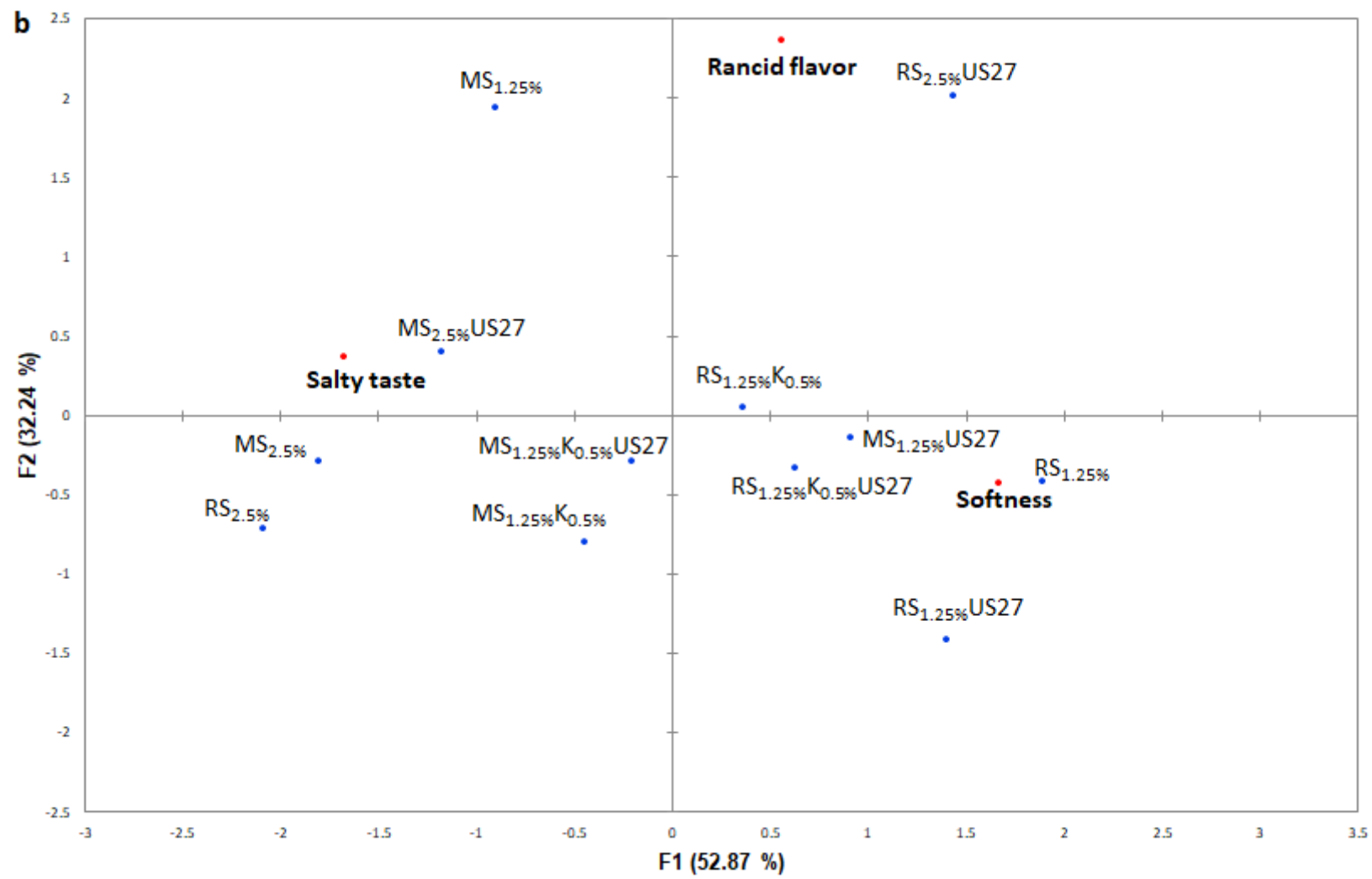
4.5 ANÁLISE SENSORIAL

A análise de componentes principais (PCA) aplicada para avaliar os dados sensoriais foi gerada somente com os descritores que apresentaram um p-valor limiar menor que 0.1 (Fig. 8). No início do armazenamento (dia 1), os descritores sabor salgado, sabor amargo e maciez caracterizaram as amostras (Fig. 8a). O PCA explicou 91,08% da variação total dos dados (X e Y% na primeira e segunda dimensão, respectivamente), o que sugere uma excelente qualidade das informações geradas pelo painel treinado. O PCA comprovou que os painelistas treinados não foram capazes de identificar o sabor residual amargo nas amostras com 0.5% de KCl. Este resultado tem grande relevância porque sugere que consumidores provavelmente também teriam esta mesma percepção sensorial. Outro resultado interessante foi que os painelistas treinados identificaram a similar sabor salgado entre as amostras com 100% de NaCl (RS ou MS) e as amostras MS_{1,25%}K_{0,5%}, sendo que o HPU intensificou a percepção deste atributo. Este resultado demonstra que é possível reduzir em 50% o teor de NaCl sem prejudicar o gosto salgado ao combinar HPU, MS e baixo nível de KCl. Em geral, as amostras com 50% de redução de NaCl foram caracterizadas como macias. Este resultado era esperado devido a menor extração de proteínas miofibrilares causada pela redução de NaCl e está de acordo com os dados obtidos na textura instrumental.

No final do armazenamento (21 dias) os descritores sabor salgado, sabor rançoso e maciez foram considerados importantes para caracterizar as amostras (Fig. 8b). O PCA explicou 85,11% da variação total dos dados, sendo 52,87 e 32,24% na primeira e segunda dimensão, respectivamente. As amostras elaboradas com MS mantiveram o sabor salgado semelhante a RS_{2,5%}. Este resultado sugere que a estratégia de adicionar na massa de carne 50% do teor total de MS misturado a gordura foi eficiente para evitar sua dissolução no meio aquoso e a consequente perda de salinidade durante o armazenamento. Apenas a amostra RS_{2,5%}US27 foi caracterizada pelo descritor sabor de ranço, o que está de acordo com os baixos valores de TBARs encontrados neste estudo. Com relação ao descritor maciez foi observado a mesma tendência do início do armazenamento.

Figura 8: Resultado da (PCA) aplicada para avaliar os dados sensoriais durante o tempo de armazenamento (21 dias).





5 CONCLUSÕES

Pela primeira vez, uma combinação de HPU, MS e baixo nível de KCl foi utilizado como estratégia para reduzir o teor de NaCl de mortadelas. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que esta estratégia foi muito eficiente para reduzir os defeitos tecnológicos causados pela redução de 50% de NaCl e não provocou grandes alterações na estabilidade oxidativa dos produtos. Além disso, esta estratégia foi eficiente para proporcionar um sabor salgado similar a produtos sem redução de NaCl. Assim, pode-se concluir que mortadelas com uma redução superior a 40% de sódio e com uma relação Na/K saudável podem ser produzidos sem prejuízo a sua qualidade tecnológica e sensorial utilizando a combinação de HPU (27 min. sonicação, modo normal, frequência de 25 kHz, amplitude de 60% e temperatura da água de 20 °C), 1,25% de MS e 0,5% de KCl. Contudo, novos estudos são necessários para avaliar o impacto desta estratégia de redução de sódio na estabilidade microbiológica dos produtos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, F.;SAMADI, F.; JAFARI, S. M.; RAMEZANPOUR, S.; SHAMS-SHARGH, M. Production of omega-3 fatty acid-enriched broiler chicken meat by the application of nanoencapsulated flaxseed oil prepared via ultrasonication, Journal of Functional Foods, v. 57, p. 373-381, 2019.

AFSHIN, A.; SUR, P.J.; FAY, K.A.; CORNABY, L.; FERRARA, G.; SALAMA, J.S.; MURRAY, C.J.L. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the global burden of disease study 2017. The Lancet, v. 393, p. 1958-1972, 2019.

AGUILA, C.; SERNA-JIMÉNEZ, J.; BENITEZ, E.; VALENCIA, V.; OCHOA, O.; SOTELO, L.I. Influence of high power ultrasound on natural microflora, pathogen and lactic acid bacteria in a raw meat emulsion. Ultrasonics Sonochemistry, v. 72, 2021.

ALARCÓN-ROJO, A.D.; CARRILLO-LOPEZ, L.M.; REYES-VILLAGRANA, R.; HUERTA- JIMÉNEZ, M.; GARCIA-GALICIA, I. A. Ultrasound and meat quality: A review. Ultrasonics Sonochemistry, v. 55, p. 369-382, 2019.

ALJURAIBAN, G. S.; CHAN, Q.; BROWN, I. J.; GRIEP, I. M. O.; DAVIGLUS, M. L.; STAMLER, J. 182 association of number of daily eating episodes with blood pressure and nutrient intake: Interlap study. Journal of Hypertension, v. 30, p. 54-55, 2012.

ALVES, L.A.S; LORENZO, J.M.; GONÇALVES, C.A.A.; DOS SANTOS, B.A.; HECK, R.T.; CICHOSKI, A.J.; CAMPAGNOL P.C.B. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. Meat Science, 2021.

AMIRI, P. SHARIFIAN, N. SOLTANIZADEH. Application of ultrasound treatment for improving the physicochemical, functional and rheological properties of myofibrillar proteins. International Journal of Biological Macromolecules, v. 111, p. 139-147, 2018.

AOAC. Official methods of analysis (18th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 2006.

BARRETTO, L.; BELLUCCI, R.B.; BARBOSA, R.D.; POLLONIO, M.A.R.; ROMERO, J.T.; BARRETTO A.C.S. Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham *Meat Science*, v. 165, 2020.

Bligh, E.G.; Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *J. Biochem. Physiol.*, v. 37, pp. 911-917, 1959.

BRUNA, J.M.; ORDONEZ, J.A.; FERNÁNDEZ, M.; HERRANZ, B.; HOZ, Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. *Meat Science*, v. 59, p. 87-96, 2001.

CHOI, Y.S.; SUNG, J.M.; JEONG, T.J.; HWANG, K.E.; SONG, D.H.; HAM, Y.K.; KIM, C.J. Effect of irradiated pork on physicochemical properties of meat emulsions. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 119, p. 279-281, 2016.

CICHOSKI, A.J.; SILVA, M.S.; LEÃES, Y.S.V.; BRASIL, C.C.B.; DE MENEZES, C.R.; BARIN, J.S.; CAMPAGNOL, P.C.B. Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. *Meat Science*, v. 148, p. 150-155, 2019.

CITTADINI, A.; DOMÍNGUEZ, R.; GÓMEZ, B.; PATEIRO, M.; PÉREZ-SANTAESCOLA, C.; LÓPEZ-FÉRNANDEZ, O.; SARRIE, M. V.; LORENZO, J. M. Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina”. *J Food Sci Technol*, V. 57, P. 1628–1635, 2020.

COLMENERO, F.; AYO, M.J.; CARBALLO J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: Effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. *Meat Science*, v. 69, p. 781-788, 2005.

DA SILVA, A. P. R.; LONGHI, D. A.; DALCANTON, F.; ARAGÃO, G. M. F. Modelling the growth of lactic acid bacteria at different temperatures. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 61, 2018.

DA SILVA, S. L.; LORENZO, J. M.; MACHADO, J. M.; MAFIO, M.; CICHOSKI, A. J.; FRIES, L. L. M.; MORGANO, A. M.; CAMPAGNOL, P. C. B. Application of arginine and histidine to improve the technological and sensory properties of low-fat, low-fat mortadella sausages produced with high KCl contents. *Meat Science*, v.159, 2020.

DELGADO-POVEDANO, M. M.; CASTRO, M. D. L. Ultrasound-Assisted Extraction of Food Components. Reference Module in Food Science, 2017.

DELMAS, H.; BARTHE, L. Ultrasonic mixing, homogenization, and emulsification in food processing and other applications. Power Ultrasonics Applications of High-Intensity Ultrasound, p. 757-791, 2015.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. Meat Science, v. 74, p. 188-196, 2006.

DOS SANTOS ALVES, L.A.A.; LORENZO, J.M.; GONÇALVES, C.A.A.; DOS SANTOS, B.A.; HECK, R.T.; CICHOSKI, A.J.; CAMPAGNOL, P.C.B. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. Meat Science, v. 123, pp. 50-56, 2017.

DOS SANTOS, E. A.; RIBEIRO, A.E. C.; OLIVEIRA, A. R.; MONTEIRO, M. L.; MÁRSICO, E. T.; MORGANO, M.; CALIARI, M.; JUNIOR, M.S.S.. Sodium reduction in “spam-like” product elaborated with mechanically separated tilapia meat. LWT, v. 148, p. 111676, 2021.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 9, 2010.

DUNTEMAN, A. N.; MCKENZIE, E.N.; YANG, Y.; LEE, S. Compendium of sodium reduction strategies in foods: A scoping review. Compr Rev Food Sci Food Saf, v. 21, n. 2, p. 1300-1335, 2022.

FREIRE, T. V. M.; FREIRE, D. O.; SOUZA, V. R. ; GONÇALVES, C. S.; CARNEIRO, J. D. S.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. Salting Potency and Time-Intensity Profile of Microparticulated Sodium Chloride in Shoestring Potatoes. Journal of sensory studies, v. 30, 2015.

GALVÃO, M. T. E. L.; MOURA, D. B.; BARRETTO, A. C.; POLLONIO, M. A. R. Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. Food Science and Technology (Campinas), v. 34, p. 189-194, 2014.

GAO, R.; WANG, Y.; MU, J.; SHI, T.; YUAN L. Effect of L-histidine on the heat-induced aggregation of bighead carp (*aristichthys nobilis*) myosin in low/high ionic strength solution. *Food Hydrocolloids*, v.75, p. 174-181, 2018.

GAO, T.; ZHAO, X.; LI, R.; BASSEY, A.; BAI, Y.; YE, K.; DENG, S.; ZHOU, G. Synergistic effects of polysaccharide addition-ultrasound treatment on the emulsified properties of low-salt myofibrillar protein. *Food Hydrocolloids*, v. 123, 2022.

GARCÍA-PÉREZ J.V.; DE PRADOS, M.; MARTINEZ, G.; ALVAREZ-ARENAS, T.E.; BENEDITO J. Ultrasonic online monitoring of the ham salting process. Methods for signal analysis: time of flight calculation. *J Food Eng*, v. 263, p. 87-95, 2019.

GAUDETTE. N. J.; STUART, Z. P.; JOHNSTON. Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. *LWT*, V. 116, 2019.

GIRAUD, M.; GATUMEL, C.; VAUDEZ, S.; NOS, J.; GERVAIS, T.; BERNARD-GRANGER, G.; BERTHIAUX, H. Investigating grinding mechanisms and scaling criteria in a ball mill by dimensional analysis. *Advanced Powder Technology*, v. 32, p. 2988-3001, 2021.

GÓMEZ-SALAZAR, J. A.; GALVÁN-NAVARRO, A; LORENZO, J. M; SOSA-MORALES, M. E. Ultrasound effect on salt reduction in meat products: a review. *Current Opinion in Food Science*, v.38, p. 71-78, 2021.

HECK, R. T.; FERREIRA, D. F.; FAGUNDES, M. B.; DOS SANTOS, B. A.; CICHOSKI, A. J.; SALDAÑA, E.; LORENZO, J. M.; RAGAGNINDE, C.; WAGNER, R.; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL, P. C. B. Jabuticaba peel extract obtained by microwave hydrodiffusion and gravity extraction: A green strategy to improve the oxidative and sensory stability of beef burgers produced with healthier oils. *Meat Science*, v. 170, 2020.

HORITA, C.N; MESSIAS, V. C.; MORGANO, M. A.; HAYAKAWA, F.M.; POLLONIO, M. A. R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. *Food Research International*, v. 66 p. 29-35, 2014.

INGUGLIA, E. S., ZHANG, Z., TIWARI, B. K., KERRY, J. P., & BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. *Trends in Food Science & Technology*, n. 59, p. 70–78, 2017.

JOSEPH, C.G.; PUMA, G. L.; BONO, A.; KRISHNAUAH, D. Sonophotocatalysis in advanced oxidation process: A short review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.16, p. 583-589, 2009.

KANG, D., ZOU, Y., CHENG, Y., XING, L., ZHOU, G., & ZHANG, W. Effects of power ultrasound on oxidation and structure of beef proteins during curing processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 33, p. 47-53, 2016.

KANG, D.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M.; CHEN, X. Structural and functional modification of food proteins by high power ultrasound and its application in meat processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 61, 2021.

KANG, Z., ZHANG, X., LI, X., SONG, Z., MA, H., LU, F., ZHU, M., ZHAO S., & WANG, Z. The effects of sodium chloride on proteins aggregation, conformation and gel properties of pork myofibrillar protein. *Journal of Food Science and Technology*, In press, 2020.

KANG, Z.L.; LI, B.; MA, H.J.; CHEN, F.S. Effect of different processing methods and salt content on the physicochemical and rheological properties of meat batters. *International Journal of Food Properties*, v. 19, p. 1604-1615, 2016.

KHORSANDI, A.; ESKANDARI, M H.; AMINLARI, M.; SHEKARFOROUSH. S. S.; GOLMAKANI, M. T. Shelf-life extension of vacuum-packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials. *Food Control*, v. 104, p. 139-146, 2019.

KIM, T.K., YONG H.-I.; JUNG, S.; KIM. Y.-B.; CHOI. Y.-S. Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. *Meat Science*, v. 163, p. 108079, 2020.

KRUG, F. J. Métodos de Preparo de Amostras - Fundamentos Sobre Preparo de Amostras Orgânica e Inorgânicas para Análise Elementar. 1. Ed. Piracicaba: editado por Francisco José Krug, 2010.

LEÃES, Y. S. V.; PINTON, M. B.; ROSA, C. T. A.; ROBALO, S. S.; WAGNER, R.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CICHOSKI, A. J. Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. *Ultrasonics – Sonochemistry*, v. 61, 2020.

LEE, C.H.; CHIN, K.B. Evaluation of pork myofibrillar protein gel with pork gel with pork skin gelatin on rheological properties at different salt concentrations. *Food Science of Animal Resources*, v. 39, 2019.

LI, K., KANG, Z.-L., ZOU, Y.-F., XU, X.-L., ZHOU, G.-H. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, p. 2622-2633, 2015.

LI, K.; FU, L.; ZHAO, Y.Y.; XUE, S.W.; WANG, P.; XU, X.L.; BAI Y.H. Use of high-intensity ultrasound to improve emulsifying properties of chicken myofibrillar protein and enhance the rheological properties and stability of the emulsion. *Food Hydrocolloids*, v. 98, 2020.

LI, K.; FU, L.; ZHAO, Y-Y. Use of high intensity ultrasound to improve the emulsifying properties of chicken myofibrillar protein and improve rheological properties and emulsion stability. *Food Hydrocolloids*, V. 98, p. 105275, 2020.

LI, W.; GAMLATH, J.; PATHAK, R.; MARTIN, G. J. O.; ASHOKKUMAR, M. 1.21 - Ultrasound – The Physical and Chemical Effects Integral to Food Processing. *Innovative Food Processing Technologies A Comprehensive Review*, p. 329-358, 2021.

LIU, H.; ZHANG, H.; LIU, Q.; CHEN, Q.; KONG, B. Filamentous myosin in low-ionic strength meat protein processing media: Assembly mechanism, impact on protein functionality, and inhibition strategies. *Trends in Food Science & Technology*, v. 112, p. 25-35, 2021.

LORENZO, J M. ; CITTADINI, A.; BERMÚDEZ, R.; MUNEKATA, P. E.; DOMÍNGUEZ, R. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. *Food Control*, v. 55, p. 90-96, 2015.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, v. 4 ,p. 129-148, 1989.

MARÍN, D.; ALEMÁN, A.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Protein aggregation, water binding and thermal gelation of salt-ground hake muscle in the presence of wet and dried soy phosphatidylcholine liposomes. *Food Hydrocolloids*, v. 82, p. 466-477, 2018

MCCLEMENTS, D. J. *Food emulsions: Principles, practice, and techniques*. CRC Press. 2005.

MCGOUGH, M. M.; SATO, T.; RANKIN, S. A.; SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. *Meat Science*, v. 91, p. 185-194, 2012.

MEIJA S.M.V.; SHAHEEN, A.; ZHOU, Z.; MCNEILL, D.; BOHRER B.M. The effect of specialty salts on cooking loss, texture properties, and instrumental color of beef emulsion modeling systems. *Meat Science*, v. 156, p. 85-92, 2019.

MEILGAARD, M.R.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory evaluation techniques* CRC Press, Boca Raton, vol. 4, p. 448, 2007.

METCALF, K; VICKERS, Z. M. Taste intensities of oil-in-water emulsions with varying fat content. *Journal of sensory studies*, v. 17, p. 379-390, 2002.

MICHELAKOU, E.; GIAOURIS, E.; DOULTSOS, D.; NASOPOULOU, C.; SKANDAMIS, P. Evaluation of microbial stability and shelf life of the traditional Greek pork product "Syglino of Monemvasia" with 50% reduction of NaCl, stored under vacuum at different temperatures. *Heliyon*, v. 7, 2021.

NIETO, G., LORENZO, J. M. Use of olive oil as fat replacer in meat emulsions. *Current Opinion in Food Science*, v. 40, p. 179-186, 2021.

NOMURA, H., & KODA, S. What Is Sonochemistry? *Sonochemistry and the Acoustic Bubble*, p. 1-9, 2015.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. *Carnes: No Caminho da Pesquisa*. Imprint. 2001.

ORDÓÑEZ, J. A. O. *Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos*. V.1. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEÑA-GONZALEZ, E.; ALARCON-ROJO, A. D.; GARCIA-GALIZA, I.; CARRILLO-LOPEZ, L.; HUERTA-JIMENEZ, M. Ultrasound as a potential beef softening process: sensory and technological parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 53, p. 134- 141, 2019.

PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, FRAEYE, C.; BARBA, I. F.J.; GÓMEZ, B.; TOMASEVIC, I.; ROMERO, A.; MORENO, A.; TOLDRÁ, F.; LORENZO J.M. Application of non-invasive technologies in dry-cured ham: an overview. *Trends Food Sci Technol*, v. 86, p. 360-374, 2019.

PETIT, G.; JURY, V.; LAMBALLERIE M.; DURANTON F.; POTTIER, L.; MARTIN, J.L. .Salt intake from processed meat products: Benefits, risks and evolving practices *Comprehensive Reviews. Food Science and Food Safety*, v. 18, p. 1453-1473, 2019.

PINTON, M. B.; SANTOS, B. A.; CORREA, L. P.; LEÃES, Y. S. V.; CICHOSKI, A. J.; LORENZO, J. M.; SANTOS, M.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. 2020. Ultrasound and low-levels of NaCl replacers: A successful combination to produce low phosphate and low-sodium meat emulsions. *Meat Science*, v. 170, 2020.

PINTON, M. B.; SANTOS, B. A.; LORENZO, J. M.; CICHOSKI, A. J.; BOEIRA, C. P.; CAMPAGNOL, P. C. 2021. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. *Current Opinion in Food Science*, v. 40, p. 1-5, 2021.

PINTON, M.B., CORREA, L.P., FACCHI, M.M.X., HECK, R.T., LEÃES, Y.S.V., CICHOSKI, A.J., LORENZO, J.M.; CAMPAGNOL, P.C.B. Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Meat Science*, v. 152, p. 88-95, 2019.

POKHREL, N.; VABBINA, P. K.; PALA, N. Sonochemistry: Science and Engineering. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 29, p. 104-128, 2016.

PROMMACHART, R.; BELEM T.S.; URIYAPONGSON, S. P; URIYAPONGSON, R-D. J.; RAMANATHAN, R. The effect of black rice water extract on surface color, lipid oxidation, microbial growth, and antioxidant activity of beef patties during chilled storage. *Meat Science*, v. 164, 2020.

QUILAQUEO, M.; DUIZER, L.; AGUILERA, J. M. The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness. *Food Research International*, v 76, p. 675-681, 2015.

RAMA, R.; CHIU, N.; DA SILVA, C.; HEWSON, L.; HORT, J.; FISK, I.D. Impact of salt crystal size on inmouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. *Journal of texture studies*, v. 44, p. 338-345, 2013.

RAYBAUDI-MASSILIA, R.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; ROSALES-OBALLOS, Y.; DE PETRICONE, R. C.; FRÁGENAS, N. N.; ZAMBRANO-DURÁN, A.; SAYAGO, K.; LARA; URBINA, G. New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, v. 108, p. 253-260, 2019.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑAA, E.; CUZADO-BRAVO, M. L. M.; MARTINS, M. M.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Impact of the content and size of NaCl on dynamic sensory profile and instrumental texture of beef burgers. *Meat Science*, v. 161, p. 107992, 2020.

RIOS-MERA, J. D.; SELANI, M. M.; PATINHO, I.; SALDAÑA, E.; CONTRERASCASTILHO, C. J. Modification of nacl structure as a sodium reduction strategy in meat products: an overview. *Meat science*, v. 174, 2021.

RIOS-MERA, J.D.; SALDAÑA, E.; CRUZADO-BRAVO, M.L.M.; PATINHO, I.; SELANI, M.M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO C.J. Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. *Food Research International*, v. 121, p. 288-295, 2019

RODRIGUES, D. M.; DE SOUZA, V. R.; MENDES J. F.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. *LWT - Food Science and Technology*, v. 69, p. 390-399, 2016.

SHELEF, L. A., & SEITER, J. Indirect and miscellaneous antimicrobials. In *Antimicrobials in Food*, n. 143, p.573-98, 2005.

SHEN, H.; HUANG, M.; ZHAO, M.; SUN, W. Interactions of selected ketone flavours with porcine myofibrillar proteins: The role of molecular structure of flavour compounds. *Food Chemistry*, v. 298, 2019.

SHIMOKOMAKI, M. et al. Atualidades em ciência e tecnologia de carnes. Varela, São Paulo, p. 18 à 21, 2006.

STADNIK, J. & DOLATOWSKI, Z. J. Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (*M. Semimembranosus*). *European Food Research and Technology*, v. 233, p. 553-559, 2011.

STONE, H.; SIDEL, J.L. Sensory evaluation practices. International series, Food Science and Technology, 2004. UN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, v. 10, 2011.

SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, v. 10, 2011.

TARTÉ, R. Ingredients in Meat Products Properties, Functionality and Applications. Springer. 2009.

TAYLOR, C.; DOYLE, M.; WEBB, D. The safety and sodium reduction in the food supply: A cross-discipline balancing act”- workshop proceedings Critical Review. Food Science and Nutrition, n. 58 p. 1650-1659, 2018.

TERRA, N. N. Apontamentos de tecnologia de carnes. UFSC. 2005.

TORRICO, D. D.; CARABANTE, M. K.; PUJOLS, K. D.; CHAREONTHAIKIJ, P.; PRINYAWIWATKUL, W. Oil and tasting concentrations affect saltiness and bitterness perception of oil-in-water emulsions. International journal of Food Science & Technology, V. 50, p. 2562-2571, 2015.

UMESAWA, M. H.; KIKUCHI, Y. S.; TAMAKOSHI, A. Salty food preference and intake and risk of gastric cancer. J Epidemiol, 26 (2016), pp. 92-97, v. 10, p. 525-538, 2021.

VERMA, A. K.; BANERJEE, R. Low-sodium meat products: Retaining salty taste for sweet health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 52, p. 72-84, 2012.

VIDAL, V.A.S.; LORENZO, J.M.; MUNEKATA, P.E.S.; POLLONIO M.A.R. Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces – a review. Current Opinion in Food Science, v. 38, páginas 21-31, 2021.

WANG, H.; FENG, X.; SUO, H.; YUAN, X.; ZHOU, S.; REN, H.; JIANG, Y.; KAN, J. Comparison of the performance of the same panel with different training levels: Flash profile versus descriptive analysis. Food Quality and Preference, v. 99, 2022.

WANG, X.; ULLAH, N.; SHEN, Y.; SUN, Z.; WANG, X.; FENG, T.; ZHANG, X.; HUANG, Q.; XIA, S. Emulsion delivery of sodium chloride: A promising approach for modulating

saltiness perception and sodium reduction. *Trends in Food Science & Technology*, v. 110, p. 525-538, 2021.

WORLD HEALTH ORGANISATION (WHO). Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva, Technical Report Series No. 916, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2020. World Health Organization, Switzerland, 2013.

WU, L.; WU, T.; WU, J.; CHANG, R.; LAN, X.; WEI, K.; JIA, X. Effects of cations on the “salt in” of myofibrillar proteins. *Food Hydrocolloids*, v. 58, p. 179-183, 2016.

YI, C.; TSAI, M-L.; LIU, T. Spray-dried chitosan/acid/nacl microparticles enhance saltiness perception. *Carbohydrate polymers*, v. 172, p. 246-254, 2017.

YOKOYAMA, T.; IINOUE, Y. Chapter 10 Selection of Fine Grinding Mills, *Handbook of Powder Technology*, v. 12, p. 487-508, 2007.

ZANG, X., CHEN, B., JIA, P. ET AL. Locked on salt? Excessive consumption of high-sodium foods during COVID-19 presents an underappreciated public health risk: a review. *Environ Chem Lett*, v. 19, p. 3583–3595, 2021.

ZHANG, Y.; ABATZOGLOU, N. Review: fundamentals, applications, and potentials of ultrasound-assisted drying. *Chem Eng Res Des*, v. 154, p. 21-56, 2020.

ZHENG, J.; HAN, Y.; GE, G.G.; ZHAO, M.; SUN, W. Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids*, v. 96, p. 36-42, 2019.