

# RESSALVA

Atendendo solicitação da autor,  
o texto completo desta tese será  
disponibilizado somente a partir  
de 02/03/2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de São José do Rio Preto

Tiago Luis Barretto

**Ultrassom e redução de sódio em presunto cozido.**

São José do Rio Preto  
2019

Tiago Luis Barretto

## **Ultrassom e redução de sódio em presunto cozido**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Rometo  
Coorientador: Profa. Dra. Andrea C. S. Barretto

São José do Rio Preto  
2019

B274u Barretto, Tiago Luis  
Ultrassom e redução de sódio em presunto cozido / Tiago Luis Barretto. -- São José do Rio Preto, 2019  
126 f. : il., tabs., 5 v.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto  
Orientador: Javier Telis Romero  
Coorientadora: Andrea Carla da Silva Barretto

1. Ultrassom. 2. Presunto cozido. 3. Redução de sódio. 4. Cavitação. 5. Cloreto de potássio. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Tiago Luis Barretto

## **Ultrassom e redução de sódio em presunto cozido**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

### **Comissão Examinadora**

Prof. Dr. Javier Telis Romero  
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto  
Orientador

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa  
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Marco Antônio Trindade  
USP – Câmpus de Pirassununga

Profa. Dra. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio  
Unicamp – Câmpus de Campinas

Prof. Dr. Wellington de Freitas Castro  
IF Sudeste de MG – Câmpus de Barbacena

São José do Rio Preto  
30 de agosto de 2019

***Dedico este trabalho à minha família:***

***A meu pai José Eduardo (in memorian) por me ensinar que educação, respeito e amor são os alicerces da vida e, por sempre estar presente ao meu lado e contribuir com as energias para execução deste trabalho;***

***A minha mãe Orlanda, pelo carinho, amor, cumplicidade, companheirismo e incentivo para todos os meus sonhos;***

***Ao meu irmão José Ricardo e minha cunhada, também irmã, Gisele pelo apoio, incentivo, carinho, parceria e força,***

***Amo todos vocês.***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força, capacidade e motivação por tudo em minha vida;

Ao meu orientador Javier pelos ensinamentos, pela paciência, pela motivação, pelo apoio e confiança, por me valorizar e acreditar sempre em mim, e, principalmente pela amizade dentro e fora da universidade;

À minha coorientadora Andréa, pelos ensinamentos, por acreditar e apostar em mim desde o início, pela experiência repassada, pela motivação e carinho, pela nobreza e sensatez que conduziu nosso trabalho. E, por ser mais que uma coorientadora, ser uma grande amiga.

À minha mãe Orlanda, por sempre acreditar e apoiar meus sonhos e estar ao meu lado em todo momento da construção deste trabalho;

Ao meu irmão José Ricardo e a minha cunhada Gisele por me incentivarem desde o início de minha vida acadêmica e por sempre estarem ao meu lado e me apoiarem em todas as decisões;

Às minhas amigas do Laboratório de Carnes e Produtos Cárneos: Camila, Elisa e Paula pela amizade, pelo companheirismo, por me ajudarem em muitos momentos da execução deste trabalho e por bons momentos dentro e fora da universidade;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) por possibilitar o afastamento de minhas atribuições como docente para poder conduzir meu doutorado;

Aos docentes da área de alimentos do IFSP câmpus Barretos: Claudinéia, Marcília, Veridiana e Wellington, pelo apoio para conduzir o doutorado, pelo carinho e amizade.

A todos meus queridos amigos do IFSP câmpus Barretos e da cidade de Barretos;

Ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do IBILCE-Unesp e a todos os seus docentes, funcionários e discentes que me ajudaram direta ou indiretamente;

Aos técnicos de laboratório Luis, Tania e Alana pelo auxílio e ensinamento em minhas análises laboratoriais;

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Unicamp: à Prof. Dra. Marise Pollonio, ao aluno Vitor e ao técnico José Roberto pela oportunidade e auxílio na realização de algumas análises;

À Universidade Politécnica de Valência (UPV) pela recepção e oportunidade de aprendizado na condução de algumas análises;

Obrigado a todos que me ajudaram de forma direta e indireta para que este trabalho fosse realizado, por me fazerem crescer como pessoa e como profissional.



*“Sopre o vento,  
enrole o tempo.  
Agarre a chama,  
seque a lama.  
Faça o louco gostar.*

*Verdeje a grama,  
contrate a grana.  
Amarre o laço,  
desenferruje o aço.  
Faça a poeira voar.*

*Suje o lixo,  
liberte o bicho.  
Esquente o Sol,  
fure o anzol.  
Faça o pobre enriquecer.*

*Adoce o salgado,  
condecure o soldado.  
Extrapole o limite,  
contrate o palpito.  
Faça a chuva chegar.*

*Soltou. Pegue de volta.  
Amarelou. Peça escolta.  
O brilho empoeira, mas volta.*

*A conquista é sua,  
o suor é seu.  
O aplauso é pra ti,  
a graça também.  
Diz pra alma agradecer.*

*E no final,  
não é fim.  
É começo do novo, é mudança de tudo.  
Ergue o volume e limpa as lentes.  
E agora?  
Tudo de novo.”*

## **Sons da mudança**

*José Ricardo Barretto  
(em fase de elaboração)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Poesia, de autoria de José Ricardo Barretto, a ser publicado, 2015.

## RESUMO

Presunto cozido é um dos produtos cárneos mais consumidos do Brasil. O cloreto de sódio utilizado em sua fabricação é importante pois auxilia na extração das proteínas miofibrilares da carne e confere o sabor salgado característico deste produto. No entanto, o excesso de sódio na dieta está relacionado com o desenvolvimento de doenças cardíacas. Há, então, a necessidade em reduzir o teor de sódio sem prejudicar as características físico-químicas e a aceitação sensorial. Na primeira etapa foi realizada a determinação da composição química e a obtenção de isotermas de sorção para quatro amostras de presunto cozido comercial submetidas a condições simuladas de armazenamento. As isotermas foram determinadas pelo método gravimétrico. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos matemáticos de Guggenheim, Anderson e de Boer; Brunauer, Emmett e Teller; Halsey; Henderson; e Peleg. O modelo de Guggenheim, Anderson e de Boer foi escolhido para descrever melhor as isotermas, pois tinha um ajuste muito bom. O aumento da temperatura reduziu o teor de umidade de equilíbrio do produto. O aumento da umidade relativa resultou num aumento no teor de umidade de equilíbrio do produto, independente da temperatura. Quanto maior o teor e a disponibilidade da proteína, ou quanto menor o teor de gordura, maior o teor de umidade de equilíbrio do produto. Na segunda etapa estudou-se os efeitos da redução de sal e a aplicação do ultrassom sobre as propriedades físico-químicas e microestrutura e a aceitação sensorial do presunto cozido. Quatro tratamentos com redução de sal, incluindo um com a aplicação de ultrassom (1,5; 1,12; 0,75 e 0,75% sal + ultrassom) foram produzidos. O uso de ultrassom diminuiu o total de líquido exsudado e aumentou a dureza. Para  $L^*$ , a amostra com 0,75% de sal e ultrassom não diferiu do controle no dia zero de armazenamento. O uso do ultrassom também aumentou os valores de  $a^*$ . O tratamento com ultrassom causou microfissuras nas miofibrilas. A aceitação sensorial do presunto cozido com 0,75% de sal foi melhorada com a aplicação de ultrassom. O ultrassom mostrou bom potencial para uso na produção de produtos cárneos mais saudáveis. Na terceira etapa avaliaram-se os efeitos do ultrassom e da adição de cloreto de potássio nas propriedades físico-químicas e sensoriais de presunto cozido com baixo teor de sódio. Foram preparados quatro tratamentos de presunto cozido com baixo teor de sódio: CT - tratamento controle; UsT - tratamento com ultrassom; KT - adição de 0,5% de KCl; UsKT - tratamento com ultrassom e adição de 0,5% de

KCl. O ultrassom reduziu o total de líquido exsudado e melhorou a aceitação sensorial para gosto e sabor salgado em comparação com a CT. A adição de KCl mostrou os melhores resultados para o líquido exsudado, para todos os parâmetros de aceitação sensorial, para dureza e mastigabilidade, e estes não diferiram dos resultados obtidos com a combinação do uso de ultrassom e adição de KCl. O uso de KCl sozinho ou o uso do ultrassom é uma alternativa tecnológica e sensorialmente viável para o presunto cozido com baixo teor de sódio.

**Palavras-chave:** Ultrassom, presunto cozido, redução de sódio, cloreto de potássio, cavitação.

## ABSTRACT

Restructured cooked ham is one of the most consumed meat products in Brazil. The sodium chloride used in its manufacture is important because it helps in the extraction of myofibrillar proteins from meat and gives the characteristic salty taste of this product. However, excess dietary sodium is related to the development of heart disease. So, is necessary to reduce sodium content without impairing physicochemical characteristics and sensory acceptance. In the first stage was carried out the determination of the chemical composition and the experimental obtaining of sorption isotherms for four samples of commercial restructured cooked ham subjected to simulated commercial storage conditions. The isotherms were determined using the gravimetric method. The experimental data were adjusted to the mathematical models of Guggenheim, Anderson and de Boer; Brunauer, Emmett and Teller; Halsey; Henderson; and Peleg. The Guggenheim, Anderson and de Boer model was chosen to better describe the isotherms as it had a very good fit. The increase in temperature reduced the equilibrium moisture content of the product. Increased relative humidity resulted in an increase in equilibrium moisture content of the product regardless of storage temperature. The higher the content and availability of the protein or the lower the fat content, the higher the equilibrium moisture content of the product. In the second stage was studied the effects of salt reduction and the application of ultrasound on the physicochemical properties, the microstructure and the sensory acceptance of cooked ham. Four treatments with reduced salt including one with the application of ultrasound (1.5, 1.12, 0.75 and 0.75% salt + ultrasound) were produced. The use of ultrasound decreased the Total Fluid Release and increased the hardness in cooked ham. For lightness, the sample with 0.75% salt with the application of ultrasound did not differ from the control at day zero of storage. The use of ultrasound increased redness too. The ultrasound treatment caused micro fissures on the myofibrils. The sensory acceptance of cooked ham with 0.75% of salt was improved with ultrasound applied. The ultrasound showed good potential for use in the production of healthier meat products. In thirdy stage were evaluated the effects of ultrasound and the addition of potassium chloride in the physicochemical properties and sensorial acceptance of low sodium restructured cooked ham. Four treatments of low sodium restructured cooked ham (mean of 324.52 mg Na/100 g) were prepared: CT - Control Treatment; UsT - Ultrasound Treatment; KT - addition of 0.5% KCl; UsKT - Ultrasound Treatment and

addition of 0.5% KCl. Ultrasound application reduced the total fluid released and improved the sensory acceptance for salty taste and flavor compared to CT. The addition of KCl produced the best results for total fluid release, for all parameters of sensory acceptance and for hardness and chewiness and these were not different from the results obtained with the combination of the use of ultrasound and addition of KCl. The use of KCl alone or use of the ultrasound is a technologically and sensorially viable alternative to low sodium restructured cooked ham.

**Keywords:** Ultrasound; restructured cooked ham; sodium reduction; potassium chloride, cavitation.

## LISTA DE FIGURAS

### **Capítulo II – *Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition.***

Figura 1 – Sorption isotherms for Sample 4 (S4) of cooked ham fitted to the GAB model at different storage temperatures. 56

Figura 2 – Sorption isotherms for Samples 1, 2, 3 and 4 (S1, S2, S3 and S4) of cooked ham fitted to the GAB model at fixed temperature (16 °C). 56

### **Capítulo III - *Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to cooked ham with salt (NaCl) reduction.***

Figura 1 – Scanning electron micrographs (a, b, c and d: 500 X; e, f, g and h: 1500 X) of cooked ham. CV: cavitation effect on muscle fiber. T100 = 1.5% NaCl; T75 = 1.12% NaCl; T50 = 0.75% NaCl; T50US = 0.75% NaCl and ultrasound. 83

### **Capítulo IV - *Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham.***

Figura 1 – Ultrasound probe system set-up. 97

## LISTA DE TABELAS

### **Capítulo I - Uso do ultrassom em carnes e produtos cárneos: aspectos físico-químicos e sensoriais**

Tabela 1 – Efeitos do uso do ultrassom sobre alguns parâmetros físico-químicos de carne e produtos cárneos. 30

Tabela 2 – Efeitos do uso do ultrassom sobre algumas características sensoriais em carnes e produtos cárneos. 36

### **Capítulo II – *Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition.***

Tabela 1 - Water activity of the salt solutions at different temperatures. 50

Tabela 2 – Models used to fit sorption isotherm data from cooked hams. 51

Tabela 3 - Average values ( $\pm$  standard deviation) of the percentage composition of the cooked hams. 52

Tabela 4 - Fitting parameters of GAB equation for all samples at the different temperatures. 54

### **Capítulo III - *Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to cooked ham with salt (NaCl) reduction.***

Tabela 1 - Percentual of water and salt of restructured cooked ham. 70

Tabela 2- Proximate analysis, pH and sodium content of cooked ham with salt reduction including application of ultrasound (n=3). 76

Tabela 3 - Color parameters, TFR, TPA and the TBARS of cooked ham with salt reduction including application of ultrasound (n=3). 78

Tabela 4 - Sensory acceptance of restructured cooked ham with salt reduction including application of ultrasound. 85

### **Capítulo IV - *Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham.***

Tabela 1 - Percentual of water and KCl in low sodium restructured cooked ham. 97

Tabela 2 - Proximate analysis, pH, sodium and potassium content of restructured cooked ham. 102

Tabela 3 - TFR, Color parameters and TPA of restructured cooked ham.	104
Tabela 4 - Sensorial acceptance of restructured cooked ham.	109



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
	REFERÊNCIAS	19
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos	21
	CAPÍTULO I	22
	Uso do ultrassom em carnes e produtos cárneos: aspectos físico-químicos e sensoriais	23
	RESUMO	23
1	INTRODUÇÃO	24
2	ASPECTOS GERAIS SOBRE O ULTRASSOM	25
3	ULTRASSOM EM CARNES E PRODUTOS CÁRNEOS	27
3.1	Capacidade de retenção de água (CRA)	27
3.2	Cor instrumental	31
3.3	Textura instrumental	32
3.4	Características sensoriais	34
3.5	Considerações sobre o uso do ultrassom e redução de sódio em produtos cárneos	37
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	Referências	39
	CAPÍTULO II	45
	Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition.	46
	ABSTRACT	46
1	INTRODUCTION	47
2	MATERIALS AND METHODS	49
2.1	Sample preparation	49
2.2	Chemical composition	49
2.3	Obtaining the sorption isotherms	49
2.4	Modelling of sorption isotherms	51
3	RESULTS AND DISCUSSION	51

3.1	Chemical composition	51
3.2	Sorption isotherms	53
4	CONCLUSION	58
	References	58
	CAPÍTULO III	66
	Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to cooked ham with salt (NaCl) reduction.	67
	ABSTRACT	67
1	INTRODUCTION	68
2	MATERIALS AND METHODS	69
2.1	Restructured cooked ham manufacture	69
2.2	Proximate analysis, pH and sodium content	71
2.3	Total fluid released (TFR)	71
2.4	Instrumental color	72
2.5	Texture profile analysis (TPA)	72
2.6	Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)	73
2.7	Microbiological evaluation	73
2.8	Sensory acceptance	74
2.9	Microstructure	74
2.10	Statistical analysis	75
3	RESULTS AND DISCUSSION	75
3.1	Physicochemical properties	75
3.2	Total fluid release (TFR)	77
3.3	Instrumental color	79
3.4	Texture profile analysis (TPA)	80
3.5	TBARS	81
3.6	Microstructure of restructured cooked ham	81
3.7	Microbiological analysis	84
3.8	Sensory acceptance	84
4	CONCLUSION	86
	References	87
	CAPÍTULO IV	92

Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham.	93
ABSTRACT	93
1 INTRODUCTION	94
2 MATERIALS AND METHODS	96
2.1 Cooked ham manufacture	96
2.2 Proximate analysis, pH, sodium content and Total Fluid Release (TFR)	98
2.3 Instrumental Color and Texture Profile Analysis (TPA)	99
2.4 Microbiological evaluation	99
2.5 Sensory acceptance	100
2.6 Statistical Analysis	101
3 RESULTS AND DISCUSSION	101
3.1 Physicochemical properties	101
3.2 TFR	103
3.3 Instrumental color	105
3.4 Texture profile analysis	106
3.5 Microbiological analysis	108
3.6 Sensorial acceptance	108
4 CONCLUSION	110
References	111
CONCLUSÃO GERAL	117
APÊNDICE A	118
APÊNDICE B	119
ANEXO A	120
ANEXO B	121
ANEXO C	124

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção brasileira de carne suína atingiu a marca de 3,75 mil toneladas no ano de 2017, 25% maior que em 2005. Apenas 18,5% dessa produção destinou-se à exportação, sendo a maioria consumida pelo mercado interno. A principal forma de consumo de carne suína entre os brasileiros está na forma de produtos processados, uma vez que 89% dessa carne é industrializada em diversos tipos de produtos como salames, linguiças, apresuntados e presuntos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2018).

Presunto cozido é um dos produtos cárneos processados mais populares entre os consumidores (VÁLKOVÁ et al., 2007). Seu processamento cresceu consideravelmente no final do século 20 e início do século 21 em função de ser um produto pronto para consumo, versátil, prático e ter boa aceitação sensorial (NIELSEN, 2007). A legislação brasileira define presunto cozido como um produto cárneo industrializado obtido exclusivamente com o pernil de suínos, desossado, adicionado de ingredientes, e submetido a um processo de cozimento adequado (BRASIL, 2000).

O processamento tradicional de presunto cozido consiste na preparação da salmoura, que poderá ser injetada ou adicionada ao pernil suíno com o uso de massageadores ou *tumbler* seguido de embalagem, cocção e resfriamento adequados. A qualidade final do produto depende de muitos fatores, destacando-se a criação dos animais, composição das matérias-primas e as condições do processamento (VÁLKOVÁ et al., 2007). A salmoura utilizada em sua produção é composta por ingredientes que visam melhorar as características tecnológicas, como é o caso do cloreto de sódio que é utilizado para atribuir características sensoriais desejáveis, auxiliar na segurança e na estabilidade do produto devido a solubilização das proteínas miofibrilares e redução da atividade de água (ORDOÑEZ, 2005).

Contudo, a ingestão excessiva de sódio está associada ao desenvolvimento de algumas doenças crônicas não-transmissíveis (ISER et al., 2011). Nesse sentido há necessidade em reduzir o uso desse ingrediente em alimentos processados. Em 2010 foi firmado um acordo entre a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Associação Brasileira de Indústria de Alimentos (ABIA) cujo objetivo foi reduzir o teor

de sódio dos alimentos industrializados (BRASIL, 2010). Entretanto sua redução não deve ocorrer sem estudos efetivos, uma vez que em produtos cárneos o cloreto de sódio promove a estabilidade microbiológica, aumenta a capacidade de retenção de água e, conseqüentemente reduz as perdas por exsudação (TERRELL, 1983).

Tecnologias alternativas vêm sendo estudadas objetivando a promoção das propriedades tecnológicas de produtos alimentares. Nesse contexto, inserem-se novas tecnologias de processamento como o ultrassom (LEADLEY e WILLIAMS, 2008; CHEMAT et al., 2011). Vários trabalhos relatam (JAYASOORIYA et al., 2007; CÁRCEL, et al., 2012; MCDONNELL et al., 2013) que o ultrassom pode ser útil ao acelerar e intensificar a extração, esterilização e difusão, podendo reduzir o tempo de processamento. Cárcel et al. (2012) enfatizam que a tecnologia do ultrassom possibilita inovação na indústria por economizar energia e aumentar o rendimento e a qualidade dos produtos, fazendo com que esta tecnologia abra um novo campo no processamento de alimentos. Ondas ultrassônicas originam o fenômeno de cavitação, capaz de alterar algumas propriedades físicas e favorecer reações químicas (JAYASOORIYA et al., 2007). Diante disso, a tecnologia do ultrassom pode ser uma alternativa para colaborar no processamento de produtos cárneos com teores reduzido de sódio, podendo minimizar os efeitos negativos dessa redução no produto.

## **APRESENTAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho foi organizado em quatro capítulos para a melhor distribuição e entendimento dos assuntos abordados.

O capítulo I consiste em uma revisão bibliográfica sobre o tema abordado na tese. A revisão intitulada de “Uso do ultrassom em carnes e produtos cárneos: aspectos físico-químicos e sensoriais” foi redigida em português, na forma de um artigo científico. Será feita a versão deste capítulo para o inglês para ser submetido à publicação em periódico especializado na área de Ciência de Alimentos.

O capítulo II trata-se do artigo científico “*Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition*” publicado na Revista *Food Science and Technology, ahead of print, Epub* 13 de dezembro de 2018, de autoria de Tiago Luis Barretto, Tiago Carregari Polachini, Andrea Carla da

is a technological and sensorially viable alternative for low sodium restructured cooked ham.

### **Chemical compounds used in this research**

Methanol (PubChem CID: 887); Chloroform (PubChem CID: 6212); Sodium Carbonate (PubChem CID: 10340); Sodium hydroxide (PubChem CID: 14798); Boric acid (PubChem CID: 7628).

### **References**

Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jiménez, M. & Garcia-Galicia, I. A. (2018). Ultrasound and meat quality: A Review. *Ultrasonics Sonochemistry*. Available online 17 September 2018 delgado.

Alves, L. A. A. S., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J. & Campagnola, P. C. B. (2017). 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*, 123, 50-56.

Alves, L. L., Silva, M. S., Flores, D. R. M., Athayde, D. R., Ruviano, A. R., Brum, D. S., Batista, V. S. F., Mello, R. O., Menezes, C. R., Campagnol, P. C. B., Wagner, R., Barin, J. S. & Cichoski, A. J. (2018). Effect of ultrasound on the physicochemical and microbiological characteristics of Italian salami. *Food Research International*, 106, 363–373.

AOAC (2007). Official methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) international (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Barretto, T. L., Pollonio, M. A. R., Telis-Romero, J. & Barretto, A. C. S. (2018) Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction. *Meat Science*, 145, 55-62.

Bis, C. V., Barretto, T. L., Henck, J. M. M., Mathias, J. C., Oliveira, L. S. & Barretto, A. C. S. (2016). Physicochemical characteristics and sensory acceptability of ready-to-

eat sliced frozen roast beef with partial reduction of sodium chloride. *Food Science and Technology*, 36(2), 286-289.

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917.

Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62–66.

Brazil. (2001). Ministry of Health. Resolução RDC n.12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões para alimentos. (Available) [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac740a0400829b)>, Accessed date: 12 Ago 2018.

Brazil. (2000). Ministry of Agriculture Livestock and Food Supply. Normative Instruction n°20, July 31, 2000. Technical Regulation of Identity and Quality of cooked restructured pork shoulder. (2000). <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1681>>, Accessed date: 23 March 2017.

Caraveo, O., Alarcon-Rojo, A. D., Renteria, A., Santellano, E. & Paniwnyk, L. (2015). Physicochemical and microbiological characteristics of beef treated with high-intensity ultrasound and stored at 4 °C *Journal of Science Food Agriculture*, 95, 2487-2493.

Çarkcioğlu, E., Rosenthal, A. J., & Candoğan, K. (2016). Rheological and textural properties of sodium reduced salt soluble myofibrillar protein gels containing sodium tripolyphosphate. *Journal of Textural Studies*, 47(3), 181–187.

Cichoski, A. J., Silva, M. S., Leães, Y. S. V., Brasil, C. C. B., Menezes, C. R., Barin, J. S., Wagner, R. & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. *Meat Science*, 148, 150-155.

Delgado-Pando, G., Fischer, E., Allen, P., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G. & Hamill, R. M. (2018). Salt content and minimum acceptable levels in whole-muscle cured meat products. *Meat Science*, 139, 179-186.

E. Desmond. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science*, 74 (1), 188-196.

Ferrentino, G., & Spilimbergo, S. (2016). A combined high pressure carbon dioxide and high power ultrasound treatment for the microbial stabilization of cooked ham. *Journal of Food Engineering*, 174, 47–55.

Gelabert, J., Gou, P., Guerrero, L., & Arnau, J. (2003). Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 65(2), 833–839.

Geleijnse, J. M., Kok, F. J., & Grobbee, D. E. (2003). Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: A meta regression analysis of randomized trials. *Journal of Human Hypertension*, 17(7), 471–480.

Geleijnse, M., Witteman, J. C., Stijnen, T., Kloos, M. W., Hofman, A. & Grobbee, D. E. (2007). Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: The Rotterdam study. *European Journal of Epidemiology*, 22, 763-770.

González-González, L., Luna-Rodríguez, L., Carrillo-López, L. M., Alarcón-Rojo, A. D., García-Galicia, I. & Reyes-Villagrana, R. (2017). Ultrasound as an Alternative to Conventional Marination: Acceptability and Mass Transfer. *Journal of Food Quality*, 2017, 1-8.

Horita, C. N., Farías-Campomanes, A. M., Barbosa, T. S., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., Bolini, H. M. A., Meireles, M. A. A. & Pollonio, M. A. R. (2016). The antimicrobial, antioxidant and sensory properties of garlic and its derivatives in Brazilian low-sodium frankfurters along shelf-life. *Food Research International*, 84, 1-8.

Horita, C. N., Messias, V. C., Morgano, M. A., Hayakawa, F. M., & Pollonio, M. A. R. (2014). Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. *Food Research International*, 66, 29 – 35.

Horwitz, W. (2010). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (18th ed.). Gaithersburg, Maryland: AOAC. Current Through Revision 3 (Chapter 50).



Jayasooriya, S. D., Bhandari, B. R., Torley, P. L. & D'Arcy, B. R. (2004). Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review. *International Journal of Food Properties*, 7 (2), 301-319.

Jayasooriya, S. D., Torley, P. J., D'arcy, B. R., Bhandari, B. R. (2007). Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus* muscles. *Meat Science*, 75 (4), 628–639.

Kang, D., Wang, A., Zhou, G., Zhang, W., Xu, S. & Guo, G. (2016). Power ultrasonic on mass transport of beef: Effects of ultrasound intensity and NaCl concentration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 36-44.

Kimura, M., Lu, X., Skurnick, J., Awad, G., Bogden, J. & Kemp, F. (2004). Potassium chloride supplementation diminishes platelet reactivity in humans. *Hypertension*, 44, 969-973.

Lorenzo, J. M., Cittadini, A., Bermúdez, R., Munekata, P. E. & Dominguez, R. (2015). Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. *Food Control*, 55, 90-96,

Majid, I., Nayik, G. A. & Nanda, V. (2015) Ultrasonication and food technology: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1 (1), 1-11.

McDonnell, C. K., Lyng, J. G., & Allen, P. (2014). The use of power ultrasound for accelerating the curing of pork. *Meat Science*, 98(2), 142–149.

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). Sensory evaluation techniques (3.ed.). New York: CRC (281 p).

Ojha, K. S., Keenan, D. F., Bright, A., Kerry, J. P. & Tiwari, B. K. (2016). Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 51 (1), 37–45.

Paula, M. M. O., Haddada, G. B. S., Rodrigues, L. M., Júnior, A. A. B., Ramos, A. L. S. & Ramos, E. M. (2019). Effects of PSE meat and salt concentration on the

technological and sensory characteristics of restructured cooked hams. *Meat Science*, 152, 96-103.

Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R., T., Leães, Y, S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., Santos, M., Pollonio, M. A. R. & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. *Meat Science*, 152, 88-95.

Ramos, E. M. & Gomide, L. A. M. (2017). *Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologias* (2a ed.). Viçosa: Editora UFV.

Ruusunen, M. & Puolanne, M. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70 (3), 531-541.

Saleem, R. & Ahmad, R. (2016). Effect of ultrasonication on secondary structure and heat induced gelation of chicken myofibrilis. *Journal of Food Science and Technology*, 53 (8), 3340-3348.

Sikes, A. L., Mawson, R., Stark, J. & Warner, R. (2014). Quality properties of pre- and post-rigor beef muscle after interventions with high frequency ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 2138-2143.

Stanley, R. E., Bower, C. G. & Sullivan, G. A. (2017). Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties. *Meat Science*, 133, 36-42.

Vidal, V. A. S., Biachi, J. P., Paglarini, C. S., Pinton, M. B., Campagnol, P. C. B., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., Morgano, M. A. & Pollonio, M. A. R. (2019). Reducing 50% sodium chloride in healthier jerked beef: An efficient design to ensure suitable stability, technological and sensory properties. *Meat Science*, 152, 49-57.

Yeung, C. K. & Huang, S. C. (2017). Effects of Ultrasound Pretreatment and Ageing Processing on Quality and Tenderness of Pork Loin. *Journal of Food Nutrition Research*, 5 (2017), 809-816.

Zou, Y., Zhang, W., Kang, D., & Zhou, G. (2018). Improvement of tenderness and water holding capacity of spiced beef by the application of ultrasound during cooking. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 828-836.

## CONCLUSÃO GERAL

A tecnologia do ultrassom melhorou as propriedades físico-químicas e a aceitação sensorial do presunto cozido com baixo teor de sódio. A adição de cloreto de potássio aumentou a força iônica e foi mais efetiva que o ultrassom para melhorar esses parâmetros no presunto cozido com baixo teor de sódio. A combinação de ultrassom e adição de cloreto de potássio não mostrou benefício adicional.

A aplicação do ultrassom é uma alternativa tecnológica e sensorialmente viável na produção de presunto cozido de baixo teor de sódio. A adição de cloreto de potássio melhora as propriedades sensoriais e tecnológicas de presunto cozido com baixo teor de sódio.

Há necessidade de intensificação em pesquisas sobre a aplicação da tecnologia de ultrassom em carnes e produtos cárneos, contemplando diferentes condições de aplicação em diferentes tipos de produtos, colaborando dessa forma para formulações de produtos cárneos mais saudáveis.