

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 07/03/2024



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

Lilian Fachin Leonardo Betiol

**Transferência de massa e propriedades de sorção de água em
produtos de carne suína**

São José do Rio Preto

2022

Lilian Fachin Leonardo Betiol

**Transferência de massa e propriedades de sorção de água em
produtos de carne suína**

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 Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Javier Telis Romero

Coorientador: Rodrigo Corrêa Basso

Coorientador: Gisandro Reis de Carvalho

São José do Rio Preto

2022

B563t

Betiol, Lilian Fachin Leonardo

Transferência de massa e propriedades de sorção de água em produtos de carne suína / Lilian Fachin Leonardo Betiol. -- São José do Rio Preto, 2022

153 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientador: Javier Telis Romero

1. Carne de porco. 2. Massa Transferência. 3. Sais. 4. Isotermas. 5. Conservação. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

Lilian Fachin Leonardo Betiol

**Transferência de massa e propriedades de sorção de água em
produtos de carne suína**

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 Alimentos, Nutrição e Engenharia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Javier Telis Romero
Unesp/Ibilce – Campus de São José do Rio Preto
Orientador

Profa. Dra. Andrea Carla da Silva Barretto
Unesp/Ibilce – Campus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Tiago Luis Barretto
IFSP – Campus Barretos

Dra. Larissa Tátero Carvalho
USP/FZEA – Campus Pirassununga

Profa. Dra. Jane Selia dos Reis Coimbra
UFV/DTA – Campus Viçosa

São José do Rio Preto

07 de março de 2022

Dedico este trabalho

Aos meus pais, Oscar e Teresa, por sempre acreditarem em mim e por terem
abdicado de suas vidas e seus sonhos em prol das realizações e felicidade de seus
filhos.

Aos meus amados esposo e filha, Rodrigo e Maria Antonia, por todo amor, apoio,
paciência e compreensão.

Aos meus irmãos, Lineu e Leonan, que mesmo longe fisicamente, sempre estiveram
ao meu lado.

Ao meu professor e orientador, Javier, que sempre me guiou nos momentos de
incertezas e dificuldades e sempre acreditou em mim

AGRADECIMENTOS

Mais uma vez tenho a feliz oportunidade de agradecer formalmente a todos aqueles que me ajudaram chegar até aqui.

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e pela oportunidade de estar concluindo mais uma etapa importante.

À minha mãe e meu pai deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, carinho, dedicação, abnegação, compreensão, respeito e perdão que vocês me dão a cada novo dia. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter pais tão especiais.

Ao meu esposo Rodrigo, por todo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigada por permanecer ao meu lado, mesmo sem a atenção e o carinho devidos e depois de tantos momentos de lazer perdidos.

À minha menina, minha riqueza, Maria Antonia, por todo amor incondicional que você sempre me deu. Inúmeras foram as vezes que, no meio da madrugada, depois de concluir algum trabalho, ou sair para aulas antes do sol nascer, fui até o seu quarto te ver dormir e agradecer por você fazer parte da minha vida.

Ao meu professor, orientador e amigo, Javier, pela orientação, competência, profissionalismo, paciência e dedicação tão importantes. Obrigada por acreditar em mim desde o início, quando eu era apenas uma Aluna Especial. Tenho certeza que não chegaria neste ponto sem o seu apoio.

A todos os colegas com quem passei bons momentos no decorrer do curso. Aos amigos que fiz e em especial aos queridos Tiago Carregari Polachini, Marcio Augusto Sanches e Rodrigo Evangelista que sempre me ajudaram e ensinaram. Sou muito grata.

Aos amigos Bruna Grassetti Fonseca e Marcio Augusto Sanches pelas correrias, risadas e trabalhos em conjunto.

A todos os demais amigos e amigas, obrigada pelo convívio, amizade e apoio.

Aos professores e funcionários do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus São José do Rio Preto pela oportunidade de convívio e pelos ensinamentos, conselhos e carinho que sempre recebi.

Aos membros da banca que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta tese. Obrigada pela disponibilidade e contribuição.

À professora Andrea Carla da Silva Barretto, agradeço ainda pelas breves conversas, porém importantíssimas e enriquecedoras.

Ao pessoal da empresa que trabalho, JBS, em especial à minha Coordenadora Karina Carneiro e ao meu gerente Marcos Roque, que me nunca se opuseram e me apoiaram a chegar até o final.

Finalmente, mais uma vez, o meu MUITO OBRIGADA, há tudo e a todos, que de alguma forma, me fizeram chegar até aqui.

RESUMO

Entre os produtos cárneos elaborados a partir de carne suína, pode-se mencionar o presunto cru, bacon, salame, hambúrguer, linguiça, presunto cozido. A maioria dos produtos cárneos usam o cloreto de sódio (NaCl) como ingrediente. Entretanto, a alta ingestão de sódio aumenta o risco de doenças crônicas não transmissíveis. Portanto, reduzir o teor de sódio em carnes e produtos cárneos tornou-se uma tendência em ciência e tecnologia de alimentos, o que impulsionou os estudos envolvendo a substituição do cloreto de sódio (NaCl) por outros sais de cloreto como o cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl_2) e o cloreto de magnésio (MgCl_2). Dessa forma, é importante conhecer a velocidade do fenômeno de transferência de massa dos diferentes sais durante o processo de salga úmida de carne suína e como o tipo e o conteúdo desses sais podem afetar as isotermas de sorção de água dos produtos de carne salgada. No primeiro capítulo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados na tese. No segundo capítulo, foi avaliada a influência da composição química e da temperatura nas isotermas de sorção de água de sete marcas de presunto curado em diferentes temperaturas de armazenamento. As isotermas foram determinadas pelo método gravimétrico. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos matemáticos de GAB, Peleg, Oswin e Henderson. O modelo de GAB foi escolhido para descrever as isotermas, por apresentar o melhor ajuste. O teor de umidade de equilíbrio do presunto curado a seco diminuiu com o aumento da temperatura. As diferenças na composição química das amostras, principalmente quanto ao teor de cloreto de sódio, afetaram as isotermas de sorção de água. Os resultados indicaram que para uma dada atividade de água, o teor de umidade de equilíbrio aumentou quando o produto continha um maior teor de NaCl, e isso ocorreu em todas as temperaturas avaliadas. No terceiro capítulo, estudou-se a cinética de difusão do cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl_2), cloreto de magnésio (MgCl_2) e do cloreto de sódio (NaCl) durante a salga úmida de carne suína, até condições de equilíbrio. Para isso, filés de alcatra suína foram submetidos à salga úmida em salmouras saturadas de NaCl; KCl; MgCl_2 e CaCl_2 , em duas temperaturas (1 e 15 °C). Três modelos (Peleg, Weibull e difusional) foram usados para simular a perda de água (PA) e o ganho de sal (GS) durante a salga úmida. Durante a salga úmida, o conteúdo de água da carne diminuiu enquanto o conteúdo de sal aumentou. A elevação da temperatura de processo aumentou a PA, o GS e os coeficientes de

difusão de água e de sal na carne de suína. O modelo Weibull conseguiu prever satisfatoriamente as taxas de PA e GS até as condições de equilíbrio. Os modelos de Peleg e Weibull apresentaram maiores taxas de PA e GS para o KCl, quando comparado aos outros sais estudados. O modelo de Fick apresentou maiores coeficientes de difusão de água e de sal para o KCl. Esses resultados podem ajudar a indústria da carne a melhorar o gerenciamento do processo de salga úmida usando diferentes sais para desenvolver produtos cárneos com teor de sódio reduzido. No quarto capítulo, avaliaram-se os efeitos da temperatura (5, 10, 20, 30 e 40 °C) e do conteúdo de NaCl (0%, 9,3%, 15,6%, 20,6% e 26,6% em base seca) e de KCl (0%, 10,7%, 17,1%, 21,1%, 26,1% e 29,8% em base seca) sobre as propriedades de sorção de água de carne suína salgada. As isotermas apresentaram características de sorção típica de produtos alimentícios com alto teor de proteína e sais, que corresponde ao tipo III. Analisando um mesmo valor de atividade de água, o incremento da temperatura reduziu a umidade de equilíbrio da carne suína salgada. As curvas de sorção também mostraram que a umidade de equilíbrio aumentou devido ao aumento do conteúdo de NaCl e de KCl na carne salgada. Além disso, em concentrações próximas de NaCl e de KCl na carne salgada, as isotermas da carne salgada com NaCl apresentaram uma maior umidade de equilíbrio quando comparadas a isotermas da carne salgada com KCl. Dentre os modelos testados, GAB foi o mais adequado para descrever as isotermas de sorção de água da carne salgada.

Palavras-chave: Salga úmida. Isotermas de sorção. Sais. Carne. Difusão.

ABSTRACT

Among the meat products made from swine meat, we can mention dry-cured ham, bacon, salami, hamburger, sausage, and cooked ham. Most meat products use sodium chloride (NaCl) as an ingredient. However, high sodium intake increases the risk of chronic non-communicable diseases. Therefore, reducing the sodium content in meat and meat products has become a trend in food science and technology, which has boosted studies involving the replacement of sodium chloride (NaCl) with other chloride salts such as potassium chloride (KCl), calcium chloride (CaCl_2) and magnesium chloride (MgCl_2). Thus, it is important to know the speed of the mass transfer process of the different salts during the wet salting process of meat pork and how the type and content of these salts can affect the water sorption isotherms of salted meat products. In the first chapter, a bibliographic review was carried out on the topics covered in the thesis. In the second chapter, the influence of chemical composition and temperature on the water sorption isotherms of seven brands of cured ham at different storage temperatures was evaluated. The isotherms were determined by the gravimetric method. The experimental data were fitted to the mathematical models of GAB, Peleg, Oswin and Henderson. The GAB model was chosen to describe the isotherms, as it presents the best fit. The equilibrium moisture content of dry cured ham decreased with increasing temperature. Differences in the chemical composition of the samples, mainly in terms of sodium chloride content, affected the water sorption isotherms. The results indicated that for a given water activity, the equilibrium moisture content increased when the product contained a higher NaCl content, and this occurred at all temperatures evaluated. In the third chapter, the kinetics of diffusion of potassium chloride (KCl), calcium chloride (CaCl_2), magnesium chloride (MgCl_2) and sodium chloride (NaCl) were studied during wet salting of pork. For this, swine meat was subjected to wet salting in brines saturated with: NaCl; KCl; MgCl_2 ; CaCl_2 , at two temperatures (1 and 15 °C). Three models (Peleg, Weibull and diffusional) were used to simulate water loss (PA) and salt gain (GS). During wet salting, the water content of the meat decreased while the salt content increased. Increasing the process temperature increased PA, GS, and water and salt diffusion coefficients in meat. The Weibull model was able to more satisfactorily predict the rates of PA and GS up to equilibrium conditions. The Peleg and Weibull models showed higher rates of PA and GS for KCl, when compared to the other salts studied. The Fick model showed higher

water and salt diffusion coefficients for KCl. These results can help the meat industry to improve the management of the wet salting process using different salts with the aim of developing meat products with reduced sodium content. In the fourth chapter, was evaluated the effects of temperature (5, 10, 20, 30 and 40 °C) and NaCl content (0%, 9,3%, 15,6%, 20,6% and 26,6% on a dry basis) and KCl (0%, 10,7%, 17,1%, 21,1%, 26,1% and 29,8% on a dry basis) on the water sorption properties of salted swine meat. The isotherms showed typical sorption characteristics of food products with a high content of protein and salts, which corresponds to type III. Observing in the same water activity, the increase in temperature reduced the equilibrium moisture content of salted meat. The sorption curves also showed that the equilibrium moisture content increased due to the increase in NaCl and KCl content in the salted meat. Furthermore, at concentrations close to NaCl and KCl in the salted meat, the isotherms of the meat salted with NaCl showed a higher equilibrium moisture when compared to the isotherms of the meat salted with KCl. Among the models tested, GAB is the most suitable to describe the water sorption isotherms of salted meat.

Keywords: Wet salting. Sorption isotherms. salts. Meat. Diffusion.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - Revisão bibliográfica

Figura 1. Representação esquemática da organização estrutural do músculo.	27
Figura 2. Transferência de massa durante a salga úmida em salmoura com alta concentração de solutos.	29
Figura 3. Esquema de um processo de equilíbrio molecular entre o alimento e o ambiente.	34
Figura 4. Mapa de estabilidade dos alimentos em função da atividade de água.	36
Figura 5. Tipos de isotermas de sorção de Van Der Waals.	38
Figura 6. Isoterma de sorção de água de um alimento hipotético do tipo II.	44
Figura 7. Tendência das alterações na atividade de água de um alimento submetido diferentes temperaturas.	46

Capítulo II - Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham

Figura 1. Sorption isotherms at 7 °C of seven samples of dry-cured ham fitted to the GAB model.	69
Figura 2. Sorption isotherms at 17 °C of seven samples of dry-cured ham fitted to the GAB model.	70
Figura 3. Sorption isotherms at 27 °C of seven samples of dry-cured ham fitted to the GAB model.	70
Figura 4. Sorption isotherms of samples S2 and S3 of dry-cured ham in different temperatures.	72
Figura 5. Residual plot distributions of modelling isotherms for: (A) GAB equation at all temperatures referring to sample S1; (B) Henderson equation at all temperatures referring to sample S1.	75

Capítulo III - Difusão de sais de cloreto na salga úmida de carne suína: um estudo sobre os sais substitutos do NaCl

Figura 1. Esboço do dispositivo experimental.	89
Figura 2. Perda de água (PA) em carne suína tratada em salmouras saturadas de a) NaCl, b) KCl, c) MgCl ₂ e d) CaCl ₂ .	94
Figura 3. Ganho de sal (GS) em carne suína tratada em salmouras saturadas de a) NaCl, b) KCl, c) MgCl ₂ e d) CaCl ₂ .	101

Capítulo IV - Efeito da temperatura e do conteúdo de NaCl e de KCl sobre as propriedades de sorção de água de carne suína salgada

Figura 1. Cinética da perda de água (a) e do ganho de sal (b) em carne suína salgada em salmouras saturadas de NaCl e de KCl.	127
Figura 2. Efeito da temperatura nas isotermas de sorção de água de carne suína salgada com: (a) 0% de NaCl; (b) 9,3% de NaCl; (c) 15,6% de NaCl; (d) 20,6% de NaCl e (e) 26,6% de NaCl.	129
Figura 3. Efeito da temperatura nas isotermas de sorção de água de carne suína salgada com: (a) 0% de KCl; (b) 10,7% de KCl; (c) 17,1% de KCl; (d) 21,1% de KCl; (e) 26,1% de KCl e (f) 29,8% de KCl.	130
Figura 4. Efeito da concentração de NaCl nas isotermas de sorção de água de carne suína salgada em temperaturas de (a) 5 °C; (b) 10 °C; (c) 20 °C; (d) 30 °C e (e) 40 °C.	131
Figura 5. Efeito da concentração de KCl nas isotermas de sorção de água de carne suína salgada em temperaturas de (a) 5 °C; (b) 10 °C; (c) 20 °C; (d) 30 °C e (e) 40 °C.	132
Figura 6. Calor isostérico líquido de sorção de água da carne salgada com diferentes conteúdos de NaCl (a) e de KCl (b).	140

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Revisão bibliográfica

Tabela 1. Composição aproximada de carnes a partir de diversas fontes. 26

Tabela 2. Características de sorção de água dos alimentos. 39

Capítulo II - Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham

Tabela 1. Models used to fit sorption isotherm data from dry-cured ham. 67

Tabela 2. Chemical composition of seven different samples of dry-cured ham. 68

Tabela 3. Fitting parameters of the GAB model for all dry-cured ham samples at different temperatures. 76

Capítulo III - Difusão de sais de cloreto na salga úmida de carne suína: um estudo sobre os sais substitutos do NaCl

Tabela 1. Constantes do modelo de Peleg para perda de água (PA) e ganho de sal (GS) durante o tratamento osmótico da carne. 96

Tabela 2. Constantes do modelo exponencial para perda de água (PA) e ganho de sal (GS) durante o tratamento osmótico da carne. 99

Tabela 3. Perda de água em equilíbrio (PA_{∞}) e ganho de sal em equilíbrio (GS_{∞}) obtidos experimentalmente e a partir dos modelos de Peleg e Weibull. 105

Tabela 4. Coeficiente de difusão para perda de água (PA) e para o ganho de sal (GS) durante o tratamento osmótico da carne. 108

Capítulo IV - Efeito da temperatura e do conteúdo de NaCl e de KCl sobre as propriedades de sorção de água de carne suína salgada

Tabela 1. Modelos usados para ajustar as isotermas de sorção da carne suína salgada.	123
Tabela 2. Composição química da carne suína in natura e com diferentes conteúdos de KCl na carne salgada.	125
Tabela 3. Composição química da carne suína in natura e com diferentes conteúdos de NaCl na carne salgada.	125
Tabela 4. Parâmetros de ajuste do modelo GAB para a carne salgada em diferentes concentrações de NaCl em diferentes temperaturas.	137
Tabela 5. Parâmetros de ajuste do modelo GAB para a carne salgada em diferentes concentrações de KCl em diferentes temperaturas.	138

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	19
2. REFERÊNCIAS	20
3. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	23
4. OBJETIVOS	24
4.1. Objetivo geral	24
4.2. Objetivos específicos	24
Capítulo I - Revisão bibliográfica	25
1. Carne suína	25
1.1. Composição e estrutura do tecido muscular	25
2. Tratamento osmótico e o processo de salga úmida de carnes	27
2.1. Mecanismo do processo osmótico	28
2.2. Fatores que afetam o processo osmótico	30
3. Isotermas de sorção	33
3.1. Umidade de equilíbrio	33
3.2. Atividade de água	34
3.3. Efeito da temperatura nas isotermas de sorção	45
3.4. Efeito da composição química nas isotermas de sorção	46
3.5. Modelagem matemática das isotermas de sorção	47
Capítulo II - Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham	64
1. Introduction	64
2. Material and methods	65
2.1. Sample preparation	65
2.2. Chemical composition	66
2.3. Determination of the sorption isotherms	66
2.4. Modelling of sorption isotherms	66
2.5. Statistical analysis	67
3. Results and discussion	67
3.1. Chemical composition	68

3.2.	Sorption isotherms	69
3.3.	Effect of temperature on sorption isotherms of dry-cured ham	71
3.4.	Effect of chemical composition on sorption isotherms of dry-cured ham	72
3.5.	Modelling of sorption isotherms of dry-cured ham	74
4.	Conclusion	77

Capítulo III - Difusão de sais de cloreto na salga úmida de carne suína: um estudo sobre os sais substitutos do NaCl

1.	Introdução	86
2.	Materiais e métodos	87
2.1.	Matéria-prima	87
2.2.	Preparo das amostras e da salmoura	88
2.3.	Tratamento por salga úmida	88
2.4.	Determinações analíticas após a salga úmida	90
2.5.	Modelagem matemática da PA e GS após a salga úmida	90
2.5.1.	Modelo de Peleg	90
2.5.2.	Modelo Weibull	91
2.5.3.	Modelo de difusão	91
2.6.	Análise Estatística	93
3.	Resultados e Discussões	93
3.1.	Perda de água (PA)	93
3.1.1.	Modelagem matemática da perda de água (PA)	95
3.1.1.1.	Modelo de Peleg	95
3.1.1.2.	Modelo Weibull	97
3.2.	Ganho de sal (GS)	100
3.2.1.	Modelagem matemática do ganho de sal (GS)	102
3.2.1.1.	Modelo de Peleg	102
3.2.1.2.	Modelo Weibull	103
3.3.	Perda de água (PA^{∞}) e ganho de sal (GS^{∞}) em situações de equilíbrio	104
3.4.	Coeficientes de difusão de água e de sal	107

4. Conclusões	110
 Capítulo IV - Efeito da temperatura e do conteúdo de NaCl e de KCl sobre as propriedades de sorção de água de carne suína salgada	
1. Introdução	119
2. Materiais e métodos	121
2.1. Matéria-prima	121
2.2. Preparação da amostra	121
2.3. Composição química	121
2.4. Salga úmida	121
2.5. Isotermas de sorção	122
2.6. Modelagem das isotermas de sorção	123
2.7. Calor isostérico líquido de sorção	123
2.8. Análise Estatística	124
3. Resultados e Discussões	124
3.1. Composição química	124
3.2. Cinética de salga úmida de carne suína	126
3.3. Isotermas de sorção de água da carne suína salgada	128
3.4. Efeito da temperatura nas isotermas de sorção de água da carne suína salgada	134
3.5. Efeito do conteúdo de sal nas isotermas de sorção de água da carne suína salgada	134
3.6. Modelagem matemática das isotermas de sorção	135
3.7. Calor isostérico líquido de sorção	139
4. Conclusões	141
CONCLUSÃO GERAL	151

1. INTRODUÇÃO GERAL

A carne suína é a mais consumida no mundo. Em 2020, sua produção (mercado mundial) alcançou 97,757 (milhões ton), sendo a China o maior produtor (38,000 milhões ton) (ABPA, 2021). Em 2010, a produção Brasileira de carne suína era de 3,237 (milhões ton) e o consumo per capita de carne suína era de 14,1 kg/hab. Em 2020, a produção Brasileira de carne suína subiu para 4,436 (milhões ton) e o consumo per capita também cresceu para 16 kg/hab (ABPA, 2021). No Brasil, cerca de 89% da carne suína é consumida na forma de produtos industrializados (ABPA, 2021) como o presunto curado, bacon, salame, hambúrguer, linguiça, apresuntado e presunto cozido. Esses produtos são atrativos para os consumidores devido a sua praticidade e rapidez no preparo e preço acessível de alguns produtos (BALDIN et al., 2016), aliado as suas características sensoriais específicas. Entretanto, o processamento da carne *in natura* não visa somente a elaboração de novos produtos, mas também a redução de problemas com o transporte e armazenamento, além de vantagens com relação ao aumento da vida útil, quando comparado a carne *in natura* (SHIMOKOMAKI et al., 1998; VIDAL et al., 2019). Dessa forma, durante a fabricação, a carne *in natura* passa por uma ou mais tecnologias de processamento, entre elas, pode-se mencionar a fermentação (SANTOS et al., 2021), defumação (MERLO et al., 2020), salga (SANCHES et al., 2021), secagem (AYKIN-DINÇER & ERBAŞ, 2018) entre outras.

Muitas técnicas tradicionais de conservação de alimentos, como a secagem (CÁRCEL et al., 2012) e salga (SANCHES et al., 2021) são empregadas no processamento de carnes e produtos cárneos com o objetivo de reduzir a atividade de água e, assim, estender sua vida útil. A maioria dos produtos cárneos usam o cloreto de sódio (NaCl) como ingrediente. Tal importância está relacionada ao seu grande papel tecnológico no processamento e fabricação de produtos cárneos (DELGADO-PANDO et al., 2018; DESMOND, 2006). Entretanto, a alta ingestão de sódio pode aumentar o risco de doenças crônicas (DOYLE & GLASS, 2010; HE & MACGREGOR, 2010). Portanto, reduzir o teor de sódio em carnes e produtos cárneos tornou-se uma tendência em ciência e tecnologia de alimentos (INGUGLIA et al., 2017), o que impulsionou diversos estudos envolvendo a substituição parcial do cloreto de sódio (NaCl) por outros sais de cloreto como o cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e cloreto de magnésio (MgCl₂) (BAMPI et al., 2016; VIDAL et

al., 2019a; VIDAL et al., 2019b; ZHANG et al., 2020a; ZHANG et al., 2020b) para desenvolver carnes e produtos cárneos com teor de sódio reduzido. Dessa forma, é importante conhecer a velocidade do fenômeno de transferência de massa dos diferentes sais durante o processo de salga de carne suína.

Outro aspecto importante para a tecnologia de processamento e conservação de alimentos é conhecer o comportamento de sorção de água dos alimentos em relação ao ambiente. Esse comportamento pode ser estudado através das isotermas de sorção de água, que são curvas que relacionam a a_w e seu correspondente teor de umidade de equilíbrio (X_{eq}) de um alimento a uma dada temperatura (FREITAS et al., 2016). A atividade de água influencia diretamente em várias reações químicas que podem ocorrer nos alimentos, como a oxidação lipídica, reações de escurecimento enzimático e não-enzimático, degradação de vitaminas, etc.

Levando em consideração que a atividade de água dos alimentos é afetada pela temperatura (AL-MUHTASEB et al., 2002) e que os alimentos são expostos a variações de temperatura durante o processamento e/ou armazenamento, é necessário conhecer os efeitos da temperatura sobre as isotermas de sorção de água. De forma semelhante à temperatura, a composição química dos alimentos também pode afetar a forma como as moléculas de água se ligam na matriz alimentar, resultando em alterações na atividade da água (a_w) e, conseqüentemente, na estabilidade dos alimentos (RIZVI, 2005). Dessa forma, conhecer o efeito da temperatura, da composição química e do conteúdo de sal sobre as isotermas de sorção de água de produtos de carne salgada é de grande importância tecnológica para a indústria de alimentos.

REFERENCES

Ahmat, T., Bruneau, D., Kuitche, A., & Aregba, A. W. (2014). Desorption isotherms for fresh beef: An experimental and modeling approach. **Meat Science**, 96(4), 1417–1424. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.12.009>

Aktaş, N., & Gürses, A. (2005). Moisture adsorption properties and adsorption isosteric heat of dehydrated slices of Pastirma (Turkish dry meat product). **Meat Science**, 71(3), 571–576. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2005.04.042>

Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2002). Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. **Food and Bioproducts Processing**, 80(2), 118–128.
<https://doi.org/10.1205/09603080252938753>

Al-Muhtaseb, A. H., McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2004). Water sorption isotherms of starch powders: Part 1: mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**, 61(3), 297–307.
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00133-X)

AOAC. (2007). **Association of Official Analytical Chemistry**. In: Official methods of analysis to AOAC International. (18th ed.).

Aykin-Dinçer, E., & Erbaş, M. (2018). Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum-dried beef slices with different salt contents. **Meat Science**, 145, 114–120. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.06.007>

Aykin, E., & Erbaş, M. (2016). Quality properties and adsorption behavior of freeze-dried beef meat from the Biceps femoris and Semimembranosus muscles. **Meat Science**, 121, 272–277. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2016.06.030>

Bampi, M., Domschke, N. N., Schmidt, F. C., & Laurindo, J. B. (2016). Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. **LWT - Food Science and Technology**, 74, 26–33. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.07.009>

Barat, J. M., Baigts, D., Aliño, M., Fernández, F. J., & Pérez-García, V. M. (2011). Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. **Journal of Food Engineering**, 106(1), 102–110.
<https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2011.04.022>

Barbosa, P. T., Santos, I. C. V., Ferreira, V. C. S., Fragoso, S. P., Araújo, Í. B. S., Costa, A. C. V., Araújo, L. C., & Silva, F. A. P. (2017). Physicochemical properties of low sodium goat kafta. **LWT - Food Science and Technology**, 76, 314–319.
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.06.071>

Barretto, T. L., Bellucci, E. R. B., Barbosa, R. D., Pollonio, M. A. R., Romero, J. T., & da Silva Barretto, A. C. (2020). Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham. **Meat Science**, 165, 108130.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108130>

Barretto, T. L., Polachini, T. C., Barretto, A. C. da S., & Telis-Romero, J. (2018). Water sorption isotherms of cooked hams as affected by temperature and chemical composition. **Food Science and Technology**, 39, 677-683. <https://doi.org/10.1590/fst.04218>

Barretto, T. L., Pollonio, M. A. R., Telis-Romero, J., & da Silva Barretto, A. C. (2018). Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction. **Meat Science**, 145, 55–62. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.05.023>

Betiol, L. F. L., Evangelista, R. R., Sanches, M. A. R., Basso, R. C., Gullón, B., Lorenzo, J. M., Barretto, A. C. da S., & Telis-Romero, J. (2020). Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham. **LWT - Food Science and Technology**, 123(October 2019), 109112. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109112>

Blahovec, J. (2004). Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, 65(4), 489–495. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2004.02.012>

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37(8), 911–917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>

Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. E., & Teller, E. (1940). On the theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, 62(7), 1723–1732.

Clemente, G., Bon, J., Benedito, J., & Mulet, A. (2009). Desorption isotherms and isosteric heat of desorption of previously frozen raw pork meat. **Meat Science**, 82(4), 413–418. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2009.02.020>

Comaposada, J., Gou, P., & Arnau, J. (2000). The effect of sodium chloride content and temperature on pork meat isotherms. **Meat Science**, 55(3), 291–295. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00154-0)

Delgado, A. E., & Sun, D. W. (2002). Desorption isotherms for cooked and cured beef and pork. **Journal of Food Engineering**, 51(2), 163–170. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00053-X)

Doyle, M. E., & Glass, K. A. (2010). Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 9(1), 44–56. <https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2009.00096.X>

Erbaş, M., Aykin, E., Arslan, S., & Durak, A. N. (2016). Adsorption behaviour of bulgur. **Food Chemistry**, 195, 87–90. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.06.050>

Freitas, M. L. F., Polachini, T. C., de Souza, A. C., & Telis-Romero, J. (2016). Sorption isotherms and thermodynamic properties of grated Parmesan cheese. **International Journal of Food Science and Technology**, 51(1), 250–259. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12969>

Ge, G., Han, Y., Zheng, J., Zhao, M., & Sun, W. (2020). Physicochemical characteristics and gel-forming properties of myofibrillar protein in an oxidative system affected by partial substitution of NaCl with KCl, MgCl₂ or CaCl₂. **Food Chemistry**, 309, 125614. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.125614>

He, F. J., & MacGregor, G. A. (2010). Reducing Population Salt Intake Worldwide: From Evidence to Implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 52(5), 363–382. <https://doi.org/10.1016/J.PCAD.2009.12.006>

Hubinger, M. D., Vivanco-Pezantes, D., Kurozawa, L. E., & Sobral, P. J. A. (2009). Desorption isotherms of osmotically dehydrated and smoked Atlantic bonito (*Sarda sarda*) fillets/Isotermas de dessorcao de file de bonito (*Sarda sarda*) desidratado osmoticamente e defumado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13(3), 305–312.

Iko Afé, O. H., Anihouvi, D. G., Assogba, M. F., Anihouvi, E. L., Kpoclou, Y. E., Douny, C., Mahillon, J., Anihouvi, V. B., Scippo, M. L., & Hounhouigan, D. J. (2020). Consumption and nutritional quality of grilled pork purchased from open road-side

restaurants of Benin. **Journal of Food Composition and Analysis**, 92, 103549. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2020.103549>

Inguglia, E. S., Zhang, Z., Tiwari, B. K., Kerry, J. P., & Burgess, C. M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science & Technology**, 59, 70–78. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.10.016>

Janiszewski, P., Grześkowiak, E., Lisiak, D., Borys, B., Borzuta, K., Pospiech, E., & Poławska, E. (2016). The influence of thermal processing on the fatty acid profile of pork and lamb meat fed diet with increased levels of unsaturated fatty acids. **Meat Science**, 111, 161–167. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2015.09.006>

Jayaraj Rao, K., Heartwin Amala Dhas, P., Magdaline Eljeeva Emerald, F., Ghosh, B. C., Balasubramanyam, B. V., & Kulkarni, S. (2006). Moisture sorption characteristics of chhana podo at 5 °C and 35 °C. **Journal of Food Engineering**, 76(3), 453–459. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2005.04.048>

Kabil, E., Aktaş, N., & Balci, E. (2012). Effect of sodium chloride, sodium nitrite and temperature on desorption isotherms of previously frozen beef. **Meat Science**, 90(4), 932–938. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2011.11.035>

Koua, B. K., Koffi, P. M. E., Gbaha, P., & Toure, S. (2014). Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (*Manihot esculenta*). **Journal of Food Science and Technology**, 51(9), 1711–1723. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0687-y>

Lopes Filho, J. F., Romanelli, P. F., Barboza, S. H. R., Gabas, A. L., & Telis-Romero, J. (2002). Sorption isotherms of alligator's meat (*Caiman crocodilus yacare*). **Journal of Food Engineering**, 52(2), 201–206. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00105-4)

Lorenzo, J. M., Cittadini, A., Bermúdez, R., Munekata, P. E., & Domínguez, R. (2015). 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**, 55, 90–96. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2015.02.035>

Martínez-Alvarez, O., & Gómez-Guillén, C. (2013). Influence of mono- and divalent salts on water loss and properties of dry salted cod fillets. **LWT - Food Science and Technology**, 53(2), 387–394.

<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.04.013>

Martins, M. G., Martins, D. E. G., & Pena, R. da S. (2015). Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. **LWT - Food Science and Technology**, 62(1), 144–151.

<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.01.010>

McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. (2003). Thermodynamic properties of moisture sorption of potato. **Journal of Food Engineering**, 60(2), 157–165.

[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00036-0)

Molina-Filho, L., Angélica, M., Pedro, M., Telis-Romero, J., & Romeiro Barboza, S. H. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Food Science and Technology**, 26, 453-458.

Monteiro, G. M., Souza, X. R., Costa, D. P. B., Faria, P. B., & Vicente, J. (2017). Partial substitution of pork fat with canola oil in Toscana sausage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 44, 2–8.

<https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2017.07.013>

Olsen, E. F., Rukke, E. O., Flåtten, A., & Isaksson, T. (2007). Quantitative determination of saturated-, monounsaturated- and polyunsaturated fatty acids in pork adipose tissue with non-destructive Raman spectroscopy. **Meat Science**, 76(4), 628–634.

<https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2007.02.004>

Peleg, M. (1988). An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves. **Journal of Food Science**, 53(4), 1216–1217.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1988.tb13565.x>

Pérez-Santaescolástica, C., Fraeye, I., Barba, F. J., Gómez, B., Tomasevic, I., Romero, A., Moreno, A., Toldrá, F., & Lorenzo, J. M. (2019). Application of non-invasive technologies in dry-cured ham: An overview. **Trends in Food Science & Technology**, 86, 360-374. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.011>

- Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Correa, L. P., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., dos 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**, 170, 108244. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108244>
- Polachini, T. C., Betiol, L. F. L., Lopes-Filho, J. F., & Telis-Romero, J. (2016). Water adsorption isotherms and thermodynamic properties of cassava bagasse. **Thermochimica Acta**, 632, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2016.03.032>
- Quirijns, E. J., Van Boxtel, A. J. B., Van Loon, W. K. P., & Van Straten, G. (2005). Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 85(11), 1805–1814. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2140>
- Retz, S., Porley, V. E., von Gersdorff, G., Hensel, O., Crichton, S., & Sturm, B. (2017). Effect of maturation and freezing on quality and drying kinetics of beef. **Drying Technology**, 35(16), 2002–2014. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1295051>
- Ripollés, S., Campagnol, P. C. B., Armenteros, M., Aristoy, M. C., & Toldrá, F. (2011). Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on lipolysis and lipid oxidation in dry-cured ham. **Meat Science**, 89(1), 58–64. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2011.03.021>
- Rizvi, S. S. H. (2005). **Thermodynamic properties of foods in dehydration**. In: Engineering properties of foods. CRC Press, 2014. p. 261-348.
- Ros-Polski, V., Koutchma, T., Xue, J., Defelice, C., & Balamurugan, S. (2015). Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 30, 31–42. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2015.04.003>
- Rosa, D. P., Evangelista, R. R., Borges Machado, A. L., Sanches, M. A. R., & Telis-Romero, J. (2021). Water sorption properties of papaya seeds (*Carica papaya* L.) formosa variety: An assessment under storage and drying conditions. **LWT - Food Science and Technology**, 138, 110458.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110458>

Sánchez-Torres, E. A., Abril, B., Benedito, J., Bon, J., & García-Pérez, J. V. (2021). Water desorption isotherms of pork liver and thermodynamic properties. **LWT - Food Science and Technology**, 149, 111857.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111857>

Schmidt, F. C., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2009). Application of diffusive and empirical models to hydration, dehydration and salt gain during osmotic treatment of chicken breast cuts. **Journal of Food Engineering**, 91(4), 553–559. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2008.10.003>

Sena Vaz Leães, Y., Basso Pinton, M., Terezinha de Aguiar Rosa, C., Sasso Robalo, S., Wagner, R., Ragagnin de Menezes, C., Smaniotto Barin, J., Cezar Bastianello Campagnol, P., & José Cichoski, A. (2020). Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. **Ultrasonics Sonochemistry**, 61, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104830>

Shi, Q., Lin, W., Zhao, Y., Zhang, P., & Wang, R. (2016). Moisture adsorption isotherms and thermodynamic properties of *Penaeus vannamei* meat with and without maltodextrin addition. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 25(8), 1348–1367. <https://doi.org/10.1080/10498850.2015.1073204>

Siró, I., Vén, C., Balla, C., Jónás, G., Zeke, I., & Friedrich, L. (2009). Application of an ultrasonic assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat. **Journal of Food Engineering**, 91(2), 353–362. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2008.09.015>

Staudt, P. B., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F., Soares, R. D. P., & Cardozo, N. S. M. (2013). A new method for predicting sorption isotherms at different temperatures: Extension to the GAB model. **Journal of Food Engineering**, 118(3), 247–255. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.04.013>

Telis, V. R., Gabas, A., Menegalli, F., & Telis-Romero, J. (2000). Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. **Thermochimica Acta**, 343(1–2), 49–56. [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(99\)00379-2](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(99)00379-2)

Trujillo, F. J., Yeow, P. C., & Pham, Q. T. (2003). Moisture sorption isotherm of fresh lean beef and external beef fat. **Journal of Food Engineering**, 60(4), 357–366. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00058-X)

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Díaz, L. P., Lopez, L., Rodriguez, K., & Scala, K. Di. (2010). Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake. **Bioresource Technology**, 101(19), 7265–7270. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2010.04.040>

Vidal, V. A. S., Bernardinelli, O. D., Paglarini, C. S., Sabadini, E., & Pollonio, M. A. R. (2019). Understanding the effect of different chloride salts on the water behavior in the salted meat matrix along 180 days of shelf life. **Food Research International**, 125. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108634>

Vidal, V. A. S., Biachi, J. P., Paglarini, C. S., Pinton, M. B., Campagnol, P. C. B., Esmerino, E. A., da 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. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2019.02.005>

Vidal, V. A. S., Santana, J. B., Paglarini, C. S., Silva, M. A. A. P., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Pollonio, M. A. R. (2020). Adding lysine and yeast extract improves sensory properties of low sodium salted meat. **Meat Science**, 159, 107911. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2019.107911>

Von Gersdorff, G. J., Porley, V. E., Retz, S. K., Hensel, O., Crichton, S. O. J., & Sturm, B. (2018). Drying behavior and quality parameters of dried beef (biltong) subjected to different pre-treatments and maturation stages. **Drying Technology**, 36(1), 21-32.

Wood, J. D. (2017). Meat Composition and Nutritional Value. **Lawrie's Meat Science: Eighth Edition**, 635–659. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00020-0>

Yalçın, M. Y., & Şeker, M. (2016). Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze-dried turkey meat. **LWT - Food Science and Technology**, 68, 153–159. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.12.032>

Yan, H., Cai, B., Cheng, Y., Guo, G., Li, D., Yao, X., Ni, X., Phillips, G. O., Fang, Y., & Jiang, F. (2012). Mechanism of lowering water activity of konjac glucomannan and its derivatives. **Food Hydrocolloids**, 26(2), 383–388.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2011.02.018>

Zhang, D., Li, H., Emara, A. M., Wang, Z., Chen, X., & He, Z. (2020). Study on the mechanism of KCl replacement of NaCl on the water retention of salted pork. **Food Chemistry**, 332, 127414.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127414>

CONCLUSÃO GERAL

As principais conclusões extraídas dessa tese são apresentadas em diferentes parágrafos, de acordo com as diferentes abordagens:

As isotermas de sorção das amostras de presunto cru apresentaram características de isotermas do tipo III. Dentre os modelos de sorção avaliados, o modelo GAB foi o mais adequado para descrever os dados experimentais de sorção em diferentes temperaturas de armazenamento. A capacidade de sorção das amostras de presunto curado foi dependente da temperatura, observando-se uma diminuição do teor de umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura. Além disso, um maior teor de NaCl no produto aumentou o teor de umidade de equilíbrio, em todas as temperaturas avaliadas.

Durante a salga úmida, o conteúdo de água da carne diminuiu enquanto o conteúdo de sal aumentou. O aumento da temperatura de processo aumentou a perda de água (PA), o ganho de sal (GS) e os coeficientes de difusão para água (D_w) e para o sal (D_s) na carne de suína. O modelo Weibull conseguiu prever mais satisfatoriamente as taxas de PA e GS até as condições de equilíbrio. Ambos os modelos apresentaram maiores taxas de PA e GS para o KCl, quando comparado aos outros sais estudados. O modelo de Fick apresentou maiores coeficientes de difusão de água e de sal para o KCl.

As isotermas de sorção de água da carne salgada exibiram comportamento do tipo III. O aumento da temperatura reduziu a umidade de equilíbrio da carne salgada. Entretanto, a umidade de equilíbrio da carne salgada aumentou devido ao aumento do conteúdo de sal (NaCl ou KCl) na carne salgada. Além disso, em concentrações próximas de NaCl e de KCl na carne salgada, as isotermas da carne salgada com NaCl apresentaram uma maior umidade de equilíbrio quando comparadas as isotermas da carne salgada com KCl. O calor de sorção de água aumentou em consequência da redução da umidade de equilíbrio e/ou do aumento do conteúdo de sal na carne salgada. Dentre os modelos de sorção avaliados, GAB foi o mais adequado para descrever os dados experimentais de sorção.

Como conclusão geral deste trabalho, pode-se afirmar que, entre os sais estudados, o KCl possui uma maior taxa de transferência de massa durante a salga úmida de carne suína. Além disso, a capacidade de sorção de água de presuntos

curados a seco e de carne suína salgada reduz com o aumento da temperatura e aumenta com o aumento do conteúdo de sal na carne. Esses resultados podem ajudar a indústria da carne a melhorar o gerenciamento do processo de salga úmida usando diferentes sais com o objetivo de desenvolver produtos cárneos mais saudáveis com teor de sódio reduzido, além de contribuir para a compreensão das interações entre a água e os componentes da matriz cárnea.