



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Engenharia Química
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos



Mariana Pinto Freitas

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PULMÃO E CORAÇÃO SUÍNO
DESIDRATADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM**

Patos de Minas - MG

2024

MARIANA PINTO FREITAS

**OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE PULMÃO E CORAÇÃO SUÍNO
DESIDRATADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia *campus* Patos de Minas como requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, área de concentração em Desenvolvimento de Processos e Produtos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marta Fernanda Zotarelli

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Marieli de Lima

Patos de Minas - MG

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

F866o
2024

Freitas, Mariana Pinto, 1982-
Obtenção e caracterização de pulmão e coração suíno desidratados por diferentes processos de secagem [recurso eletrônico] / Mariana Pinto Freitas. - 2024.

Orientadora: Marta Fernanda Zotarelli.
Coorientadora: Marieli de Lima.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.5116>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Tecnologia de alimentos. I. Zotarelli, Marta Fernanda (Orient.). II. Lima, Marieli de (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.

CDU: 664

André Carlos Francisco
Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA****Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos - Patos de Minas**Rua Vereador Chico Filgueira, 33, 3º andar, Sala 21 - Bairro Caiçaras, Patos de Minas-MG, CEP 38702-178
Telefone: (34) 3823-3714 - www.ppgea.feq.ufu.br - coordppgea@feq.ufu.br**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia de Alimentos				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico n. 12/2024 - PPGEA				
Data:	Vinte e seis de julho de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:15
Matrícula do Discente:	42122EAL009				
Nome do Discente:	Mariana Pinto Freitas				
Título do Trabalho:	Obtenção e caracterização de pulmão e coração suíno desidratados por diferentes processos de secagem				
Área de concentração:	Engenharia de Alimentos				
Linha de pesquisa:	Desenvolvimento de Processos e Produtos				

Reúne-se por webconferência (RNP) a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, assim composta: Marta Fernanda Zotarelli (Presidente/Orientadora), Michelle Andriati Sentanin (Membro UFU), e Katia Rezzadori (Membro Externo).

Iniciando os trabalhos, o(a) presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e o(a) discente, agradeceu a participação do público, e concedeu ao(à) discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) mesmo(a) se deu em conformidade às normas do Programa.

A seguir, o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) discente. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos legais, a Banca Examinadora, em sessão reservada, atribuiu o conceito final, considerando o(a) discente:

Aprovada.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico integra os requisitos à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme será assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marta Fernanda Zotarelli, Presidente**, em 26/07/2024, às 17:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Katia Rezzadori, Usuário Externo**, em 26/07/2024, às 17:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Andriati Sentanin, Membro de Comissão**, em 26/07/2024, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5559849** e o código CRC **8B5AA971**.

Referência: Processo nº 23117.045047/2024-76

SEI nº 5559849

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Suinocultura e abate	4
3.2 Obtenção e as características de vísceras comestíveis e não comestíveis.....	6
3.2.1 Coração	9
3.2.2 Pulmão.....	10
3.3 Secagem	11
3.3.1 Secagem em estufa com circulação de ar	12
3.3.2 Secagem por meio da <i>air fryer</i>	14
3.3.3 Secagem por Liofilização	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Preparo da matéria-prima	17
4.2 Composição centesimal do pulmão e do coração frescos	19
4.2.1 Umidade.....	19
4.2.2 Cinzas	19
4.2.3 Proteína	20
4.2.4 Extrato Etéreo (lipídios).....	21
4.2.5 Carboidratos.....	21

4.3	Propriedades físicas do coração e do pulmão fresco	22
4.3.1	pH.....	22
4.3.2	Cor instrumental	22
4.3.3	Atividade da água	22
4.4	Processos de desidratação do coração e do pulmão.....	22
4.4.1	Estufa convencional	23
4.4.2	<i>Air fryer</i> – Forno e Fritadeira sem óleo.....	23
4.4.3	Liofilização	24
4.4.4	Moagem do coração e do pulmão seco	24
4.5	Caracterização do coração e do pulmão seco	25
4.5.1	Umidade.....	25
4.5.2	Cor instrumental	25
4.5.3	Higroscopicidade	25
4.5.4	Textura instrumental.....	26
4.5.5	Atividade da água	26
4.5.6	Granulometria	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5.1	Composição centesimal do pulmão e do coração <i>in natura</i>	29
5.2	Secagem e caracterização de pulmão e coração suínos na estufa de circulação de ar	34
5.2.1	Cinética de secagem do pulmão suíno seco na estufa de circulação de ar.....	34
5.2.2	Cinética de secagem do coração suíno seco na estufa de circulação de ar.....	34
5.2.3	Caracterização do pulmão e do coração suínos secos na estufa de circulação de ar	35
5.3	Secagem e caracterização de pulmão e coração suínos na <i>air fryer</i>	38
5.3.1	Cinética de secagem do pulmão suíno seco na <i>air fryer</i>	38
5.3.2	Cinética de secagem do coração suíno seco na <i>air fryer</i>	40

5.3.3	Caracterização do pulmão e do coração suínos secos na <i>air fryer</i>	41
5.4	Obtenção e caracterização do pulmão e do coração suínos por liofilização	45
5.5	Granulometria do pó de pulmão liofilizado	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação da cadeia produtiva e dos elos envolvidos na suinocultura.	5
Figura 2- Fotografia da linguiça escocesa <i>Haggis</i> , produzida a partir de estômago e outras vísceras de ovelha.	7
Figura 3- Anatomia descritiva do coração suíno em relação a morfologia externa: a) Face esquerda ou Face auricular; b) Face direita ou Face atrial; c) Aorta - Tronco pulmonar – Aurícula direita (átrio) – Aurícula esquerda (átrio) – Ventrículo direito – Ventrículo esquerdo.	9
Figura 4- Anatomia do pulmão suíno: aspecto dorsal dos pulmões de um suíno (idade, ~ 22 semanas; tamanho, ~ 105 kg) mostrando; a) traqueia; b) carina; c) pulmão esquerdo; d) pulmão direito; e) brônquio do lobo cranial.	11
Figura 5- Forno e fritadeira sem óleo Oster.	15
Figura 6- Equipamento de secagem por liofilização.	16
Figura 7- Preparação da matéria-prima – pulmões de suínos: a) vista lateral esquerda; b) traqueia e lobos craniais; c) lobos caudais - esquerdo e direito.	18
Figura 8- Preparação da matéria-prima “coração suíno”.	18
Figura 9- Amostras de pulmão <i>in natura</i> antes da secagem em estufa de circulação de ar.	23
Figura 10- Preparação de vísceras para a secagem por meio da liofilização: a) amostra de pulmões <i>in natura</i> ; b) amostras acondicionadas no liofilizador.	24
Figura 11- Sistema inicial com a colocação da amostra.	28
Figura 12- Cinética de secagem do pulmão suíno em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 80, 90 e 160 °C.	34
Figura 13- Cinética de secagem do coração suíno seco em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 80, 90 e 160 °C.	35
Figura 14- Cinética do pulmão suíno seco em <i>air fryer</i> nas temperaturas de 90 e 160 °C.	38
Figura 15- Pulmão suíno após a secagem em <i>air fryer</i> a 160 °C.	39
Figura 16- As cinéticas de secagem do coração suíno secos na <i>air fryer</i> a 90 e 160 °C.	40
Figura 17- Coração suíno após a secagem em <i>air fryer</i> a 90 °C.	41

Figura 18- Fotografias a) do pó de pulmão suíno após o período de 48h de liofilização; b) amostras secas após o processo de moagem no moinho de facas e c) coração suíno liofilizado.	45
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Proteína total (% base úmida) e aminoácidos essenciais totais (% AET) presentes em vísceras de carne bovina e suína.	8
Tabela 2- Caracterização das vísceras de pulmão e coração suínos <i>in natura</i>	29
Tabela 3- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno por meio da secagem em estufa de circulação de ar a 80, 90 e 160 °C.....	36
Tabela 4- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno por meio da secagem em <i>air fryer</i> a 90 °C e 160 °C.	41
Tabela 5- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno liofilizados.	46

LISTA DE SÍMBOLOS

A_w	Atividade de água.
f	Fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N.
F	Fator de conversão da relação nitrogênio/proteína (6,25).
m	Massa (g) da amostra.
m	Massa úmida da amostra (massa de água + massa de sólidos secos) (g).
m_{ss}	Massa de sólidos secos (g).
N	Normalidade teórica da solução de ácido clorídrico 0,1 N.
RW^{TM}	<i>Refractance windowTM</i> .
V	Volume (mL).
X	Umidade da amostra em base úmida (%).

RESUMO

Na industrial é comum a geração de resíduos, no setor cárneo. Nos abatedouros frigoríficos existem operações diárias com o processamento de carnes, as quais geram um quantitativo expressivo de subprodutos. Dentre as alternativas para o aproveitamento desse material temos a utilização de subprodutos para alimentação animal. No caso do abate de suínos, suas vísceras como o pulmão e o coração podem constituir uma fonte proteica e de vitaminas para a produção de *petfood*. A secagem é um método utilizado pela indústria para a conservação de subprodutos na forma de farinhas. Este trabalho avaliou os métodos de secagem (*air fryer*, estufa convectiva e liofilização), e suas respectivas condições de temperatura 80, 90 e 160 °C e a espessura de 2mm, para produzir e caracterizar o pulmão e o coração suíno. Foram determinadas a composição centesimal das vísceras *in natura*, bem como suas propriedades físicas após os processos de secagem. Os resultados concluíram que o pulmão e o coração suínos são subprodutos com potencial nutricional, por apresentarem 11,91% e 20,29%, respectivamente de proteína. Logo, nas curvas da cinética de secagem para o pulmão em estufa de ar nas temperaturas de 80 e 90 °C, observou-se uma evolução temporal da umidade com a secagem nos tempos de 140 e 160 min para obtenção de umidades inferiores a 0,30 g água/g sólidos secos. Para a temperatura de 160 °C esse mesmo valor de umidade foi atingido com o tempo médio de 65 min. Logo, o coração, nas mesmas condições e nas temperaturas de 80 e 90 °C, apresentou comportamento similar. Umidades inferiores foram obtidas a partir de 110, 100 e 50 min para as temperaturas de 80, 90 e 160 °C. Por meio das cinéticas de secagem em *air fryer* foi observado que umidades inferiores a 23% foram atingidas a partir de 130 e 40 min, para as temperaturas de 90 e 160 °C. Portanto, a umidade inicial do coração é inferior à do pulmão suíno. Na cinética de secagem em *air fryer*, as amostras obtiveram umidades inferiores com menos de 20 min para a temperatura de 160 °C e em torno de 100 min para 90 °C. Para tal, os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram que o pulmão e o coração suíno têm potencial para ser seco, se tornando interessante para diferentes aplicações como sua incorporação na ração de pequenos animais.

Palavras-chaves: *Air Frying*. Estufa convectiva. Liofilização. Secagem. Subproduto da carne.

ABSTRACT

In the industrial sector, the generation of waste is common, in the meat sector. In cold storage slaughterhouses there are daily meat processing operations, which generate a significant amount of by-products. Among the alternatives for using this material we have the use of by-products for animal feed. In the case of pig slaughter, their viscera such as the lungs and heart can provide a source of protein and vitamins for the production of petfood. Drying is a method used by the industry to preserve by-products in the form of flour. This work evaluated the drying methods (air fryer, convective oven and freeze-drying), and their respective temperature conditions of 80, 90 and 160 °C and a thickness of 2 mm, to produce and characterize the porcine lung and heart. The proximate composition of the viscera in natura was determined, as well as their physical properties after the drying processes. The results concluded that porcine lungs and hearts are by-products with nutritional potential, as they contain 11.91% and 20.29% of protein, respectively. Therefore, in the drying kinetic curves for the lung in an air oven at temperatures of 80 and 90 °C, a temporal evolution of humidity was observed with drying at times of 140 and 160 min to obtain humidity levels below 0.30 g water/g dry solids. For a temperature of 160 °C, this same humidity value was reached with an average time of 65 min. Therefore, the heart, under the same conditions and at temperatures of 80 and 90 °C, showed similar behavior. Lower humidity levels were obtained from 110, 100 and 50 min for temperatures of 80, 90 and 160 °C. Through air fryer drying kinetics, it was observed that humidity levels below 23% were reached after 130 and 40 min, for temperatures of 90 and 160 °C. Therefore, the initial humidity of the heart is lower than that of the porcine lung. In the air fryer drying kinetics, the samples obtained lower humidity in less than 20 min at a temperature of 160 °C and around 100 min at 90 °C. To this end, the results obtained in this work demonstrated that porcine lungs and hearts have the potential to be dried, making them interesting for different applications such as their incorporation into small animal feed.

Keywords: Air Frying. Convective greenhouse. Freeze-drying. Drying. Meat by-product.

1 INTRODUÇÃO

Na prática industrial de diversas áreas de transformação dos produtos agroindustriais é sabido que são gerados inúmeros resíduos, que são definidos como todo material que não é aproveitado no processo de produção ou consumo, por motivos tecnológicos e/ou mercadológicos, e por isso são categorizados como subprodutos (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROEM, 2003; SUCASAS, 2011; REBOUÇAS et al., 2012; PIRES et al., 2014).

Nesse contexto, se encontram os abatedouros frigoríficos, nos quais existem operações diárias com o processamento de enormes quantidades de carnes, as quais geram um quantitativo substancial de subprodutos e coprodutos, entre eles: ossos, cascos, chifres, sangue, aparas, pele, órgãos, vísceras, dentre outros. De acordo com Erickson; Fuhrman; Mikel (2019), as vísceras suínas podem representar até 14% do peso do animal vivo. Além disso, de acordo com esses autores estimou-se que cinco milhões de toneladas de carnes suínas e outros subprodutos sejam gerados a cada ano, como exemplo, nos Estados Unidos, sendo grande parte desse material processada para gerar produtos de baixo valor.

Grande parte desses subprodutos contêm nutrientes, minerais essenciais e vitaminas, que agregam valor a eles (TOLDRÁ; MORA; REIG, 2016). Se por um lado esses subprodutos são potenciais fontes de nutrientes, e apresentam potencial de serem produtos com valor agregado, por outro, o material residual desse processamento fabril possui compostos orgânicos e por isso é imprescindível que se tenha um destino adequado para serem o mais ambientalmente sustentáveis e evitar a poluição ambiental (OCKERMAN et al., 2017).

De acordo com Woodgate; Veen (2004), um dos métodos que a indústria de transformação de subprodutos e coprodutos de origem animal utiliza são os tratamentos térmicos e/ou sob pressão, produzindo-se as partes proteicas e gordurosas para finalidades distintas. Desta maneira, os produtos produzidos após a separação das frações podem ser destinados à múltiplas aplicações, como o uso em refeições de base proteicas. Para facilitar a logística e a conservação dos produtos gerados, posteriormente esses materiais são submetidos à secagem, processo amplamente utilizado pela indústria, principalmente para a produção de farinhas. Entretanto, em muitos desses processamentos que a indústria utiliza para esses subprodutos não há um controle adequado das condições de processo, o que muitas

vezes pode trazer prejuízos significativos para a qualidade nutricional desses produtos.

Uma vez que são produtos com potencial nutricional, muitas vezes com valores comparáveis a partes nobres dos animais, é importante o desenvolvimento de processos e o estudo de condições que possam tentar preservar ao máximo as propriedades desses subprodutos, valorizando-os. Um mercado que tem demanda por esse tipo de produto é o *petfood*, e o seu uso nesse contexto agrega considerável valor a várias vísceras, que muitas vezes são subutilizadas.

De acordo com o Anuário da Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA, 2021), entre os resíduos do abate de animais processados, o setor de *pet food* tem sido o segundo maior nicho onde este material tem sido aproveitado (13,8 %), perdendo somente para o setor de produção animal (ABRA, 2021). Isso reflete a demanda do mercado de alimentos para animais de estimação, onde subprodutos com boas condições de qualidade poderão ser aplicados, fomentando a busca por ingredientes naturais, de valor agregado, e que precisam cumprir os padrões de qualidade exigidos para esta categoria.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho foi estudar os métodos de secagem, tais como: *air frying*, estufa de circulação de ar e liofilização, e suas respectivas condições para a produção e caracterização do pulmão e coração suíno desidratados.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar o coração e o pulmão suíno fresco triturado quanto a composição centesimal (proteínas, lipídios, umidade, cinzas e carboidratos) e as características físico-químicas (umidade, cor instrumental, atividade de água e pH);
- ❖ Determinar o método apropriado para o preparo do coração e do pulmão suíno cru triturado para a secagem;
- ❖ Secar as amostras de coração e de pulmão suíno por meio dos métodos: *air frying*, estufa convencional e liofilização;

❖ Caracterização dos pós posteriormente aos métodos de secagem quanto aos parâmetros: pH, cor instrumental, composição centesimal, atividade de água, granulometria, higroscopicidade, textura instrumental e tempo de molhamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Suinocultura e abate

A suinocultura brasileira é uma atividade econômica importante para o país destacando-se no cenário mundial, uma vez que o Brasil é o quarto maior produtor em toneladas de carne suína e o maior exportador desse produto para diversos países (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA 2021). Essa importância econômica está relacionada a cadeia produtiva de suínos, que engloba muitas etapas, tais como, criação e manejo dos animais, logística de transporte dos animais para os frigoríficos, abate, processamento e industrialização dos produtos cárneos, armazenamento, distribuição e trâmites comerciais.

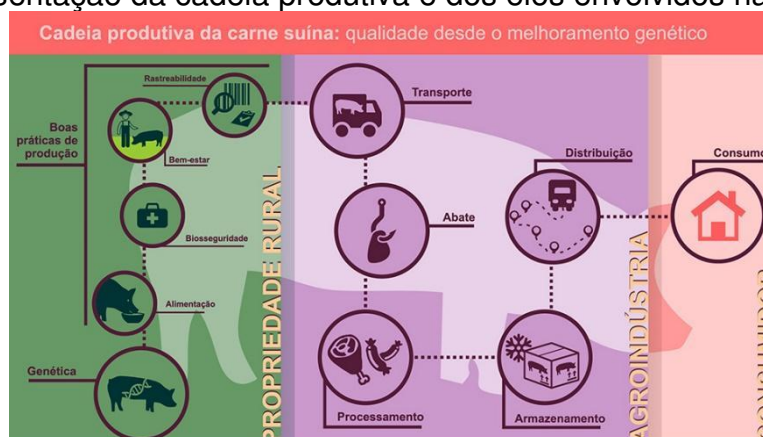
Nesse seguimento, o manejo dos suínos é importância em todo processo, pois influenciam na produção de uma carne de qualidade que será ofertada ao consumidor final, sendo assim, produtores e frigorífico devem executar seu papel com responsabilidade e excelência para atender as demandas do mercado (GOMIDE et al., 2014). Para tal, o manejo dos animais até o momento do abate inicia na unidade de produção animal, onde envolve as práticas, tais como, condução dos suínos com tranquilidade até o caminhão, densidade correta de animais, os veículos devem possuir climatizadores interno, condução tranquila durante o transporte evitando paradas desnecessárias e o desembarque deve ser imediato ao chegar no frigorífico, evitando estresse dos suínos.

Essas práticas de manejo correto proporciona o bem-estar dos animais e como consequência não altere a qualidade da carne. Após essa etapa temos o processo de abate dos animais, com as seguintes fases: insensibilização, sangria, escaldagem, depilação, rependura, chameusamento, toalete, retirada do ouvido, lavagem de carcaça e separação das áreas, no qual é denominado como o fluxograma de abate.

Para o funcionamento da suinocultura precisa-se da participação de outros setores como o de nutrição, bem-estar animal, reprodução - genética e saúde animal, nos quais se tem: rações, suplementos minerais, vacinas, medicamentos veterinários, biosseguridade, boas práticas de fabricação, instalações adequadas para os animais de produção, manejo sanitário e manejo característico para esta espécie específica. Assim, conforme apresentado na Figura 1, a cadeia produtiva da

suinocultura inclui desde o produtor rural de grãos e as fábricas de rações, os transportadores, os abatedouros e os frigoríficos até o segmento de equipamentos, medicamentos, distribuição e o consumidor (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA 2022).

Figura 1- Representação da cadeia produtiva e dos elos envolvidos na suinocultura.



Fonte: EMBRAPA, (2022).

De modo geral, a cadeia produtiva de suínos no Brasil caracteriza-se pela produção intensiva de suínos em unidades de alojamento, ou seja, o número máximo de animais criados em baias coletivas em um sistema de criação em confinamento por um tempo determinado até o abate. Em seguida, as empresas e/ou cooperativas produtoras por meio da integração com as industriais frigoríficas encaminham sua produção de animais semanalmente para a indústria realizar o abate e o processamento (SILVA et al., 2016; GOMES et al., 2014; MIELE, WAQUI, 2007).

Dessa maneira, a suinocultura brasileira está entre as cadeias produtivas mais avançadas do mundo, o que contribui para que a carne suína seja uma das fontes de proteína mais consumidas mundialmente, o que pode ser confirmado por dados divulgados pela Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas - *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO 2021), Assim, destaca-se uma projeção do aumento de consumo global de carne suína para 127 milhões de toneladas nos próximos 10 anos, com substancial crescimento de consumo nos países em desenvolvimento, em especial na América Latina, sendo o Brasil um dos maiores países exportadores dessa carne.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2024), o Brasil tem participação significativa no setor, pois diante da produção mundial de

115.215 milhões de toneladas de carne suína em 2023, o Brasil ficou em quarto lugar com 5.156 milhões de toneladas. Nesse nicho de mercado investe-se continuamente em tecnologias eficazes para melhoria das etapas do manejo dos animais, genética, nutrição animal, equipamentos e instalações, prevenção de doenças, medidas de mitigações de riscos à saúde animal e humano (ABPA, 2017).

Nas etapas do processo fabril existem as instruções, as legislações e os requisitos de biossegurança objetivando-se a segurança na cadeia produtiva de produtos cárneos suínos. Para tal, parcerias entre as academias (Universidades) com os Centros de Pesquisas como a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) são importantes para o desenvolvimento de tecnologias e boas práticas no setor de suinocultura. Essas pesquisas contribuem para o desenvolvimento das indústrias (FIDEL et al., 2012; EMBRAPA, 2022).

3.2 Obtenção e as características de vísceras comestíveis e não comestíveis

Segundo a *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO), as vísceras não comestíveis compreendem as partes não processadas, limpas, exceto a carne de origem animal. Incluindo-se os ossos e os órgãos internos, tais como, pulmão, baço, rins, cérebro, fígado, sangue, tecido adiposo específico e trato gastrointestinal (os estômagos e os intestinos sem o conteúdo interno) (ABPA, 2017). Ademais, o Departamento de Agricultura Americano - *United States Department of Agriculture* (USDA) não considera os úberes e nem os pulmões sendo subprodutos comestíveis para o consumo dos seres humanos. Porém, estes podem ser uma fonte de alimento seguro bem como nutritivo para outros animais (AAFCO, 2022).

O Brasil é um gerador de resíduos decorrentes dos abates nas indústrias da carne e do pescado. De acordo com estimativa feita pelo pesquisador Daniel López Angulo a partir de dados do (IBGE) e da Cetesb, o país produziu, no primeiro trimestre de 2017, aproximadamente 1,120 bilhão de toneladas de material não comestível do abate de bovinos, e outras 188 mil toneladas de resíduos do abate de suínos. Se esses subprodutos não forem processados e destinados segundo as leis ambientais e sanitárias, sua capacidade de causar impactos ambientais é alta, já

que eles contêm quantidade de gordura, sangue, conteúdo intestinal e fragmentos de tecidos dos animais.

Neste contexto, a Cetesb estimou as porcentagens de aproveitamento de um gado de aproximadamente 400 quilos e de um suíno de aproximadamente 90 quilos. De acordo com essa estimativa, 38% do peso de um boi é material não comestível e para o suíno, o material não comestível é de 20% do peso. Portanto, os resíduos oriundos dos abates de carne representam uma quantidade significativa por ano. Dessa maneira, a importância do seu reaproveitamento e sua utilização para diversos fins, como para a comunidade científica.

Nesse contexto, as vísceras de animais de produção podem ter outras definições como de órgãos que podem ou não ser consumidos por seres humanos, segundo a legislação de cada país. Um exemplo que pode ser citado é o *Haggis*, uma linguiça escocesa tradicional, que é produzida a partir do estômago de ovelha recheado com fígado, pulmões e coração de ovelha. Além disso, temos os pés de porco, cérebro e fígado que são ingredientes principais em várias receitas mediterrâneas (LAFARGA; HAYES, 2014). Na Figura 2 é possível ver uma fotografia do *Haggis*.

Figura 2- Fotografia da linguiça escocesa *Haggis*, produzida a partir de estômago e outras vísceras de ovelha.



Fonte: MacKinnon, A. (2023).

Conforme o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 2017), são considerados "miúdo" os órgãos e as partes de animais de abate julgados aptos para o consumo humano pela inspeção de um profissional médico veterinário oficial, conforme especificado para os suídeos (língua, fígado, coração, encéfalo, estômago, rins, pés, orelhas, máscara e rabo).

No Brasil os estabelecimentos que abatem e processam a carne suína adotam as medidas e os procedimentos operacionais padrões para a garantir a

origem da matéria-prima (suíno), bem como a qualidade do produto final cárneo comercializado. Logo, no processo de abate de suínos, ocorrem as inspeções *ante-mortem* e *post-mortem* de caráter permanente nos abatedouros de acordo com os sistemas de garantia de qualidade do produto final.

Após a inspeção *ante-mortem* em frigorífico abatedouros temos a *post-mortem* que contempla um conjunto de ações realizadas durante o processo de abate em geral dos animais de produção abatidos, assim, visando garantir a qualidade do produto final. O objetivo é fazer a inspeção da carne, evitando que as carnes com alguma anormalidade ou doença sejam comercializadas no mercado. Importante ressaltar que as inspeções são regulamentadas conforme o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 2017).

Segundo Devatkal et al. (2004), na maioria dos animais, as carnes de órgãos detêm maior proporção de vitaminas em comparação com a carne magra. Por conseguinte, os órgãos, tais como, pulmão, fígado, baço e rins são caracterizados como fonte de ferro, vitaminas, aminoácidos fundamentais, ácidos graxos e minerais dentre outros, como pode ser notado na Tabela 1 (MULLEN et al., 2017). No entanto, os subprodutos de órgãos detêm quantidades iguais ou inferiores aos níveis de sódio em relação ao tecido magro.

Tabela 1- Proteína total (% base úmida) e aminoácidos essenciais totais (% AET) presentes em vísceras de carne bovina e suína.

Vísceras	Tipo de carne	Proteínas (%)	AET (%)
Pulmão	Bovino	17,0	41,5
	Suína	15,0	37,8
Fígado	Bovino	21,0	49,1
	Suína	19,0	48,9
Baço	Bovino	19,0	48,0
	Suína	17,9	41,9
Rim	Bovino	15,3	45,2
	Suína	15,4	48,0

Fonte: Fornias V., (1996) apud Mullen et al., (2017).

A farinha de carne e ossos (FCO) é um produto resultante de despojos de carnes, vísceras, órgãos, ossos, etc., assim sendo um suprimento alimentar rico em nutrientes, constituído de proteínas de alto valor biológico, sais minerais e vitaminas do complexo B. Ela é considerada um ingrediente nutricional primordial na elaboração de ração para os animais domésticos, movimentando um crescente mercado (OCKERMAN et al., 2017; PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ANDRIGUETTO et al., 1999).

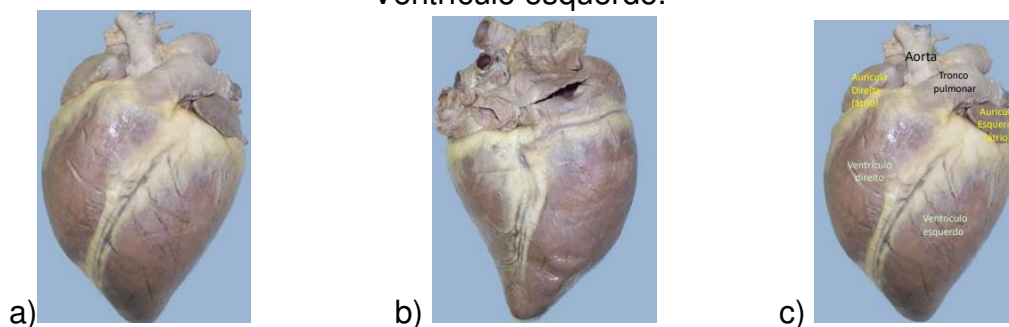
No Brasil, a falta de uniformidade da matéria-prima de origem animal obrigou os fabricantes de ração a elaborarem uma padronização nacional. Desse modo, o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES) e a Associação Nacional de Fabricantes de Alimentos para Animais (ANFAL), juntamente com o Ministério da Agricultura, publicaram em 2005 a segunda edição do Manual de Padronização de Matéria-Prima para Alimentação Animal. Esse manual se baseia na Lei 6.198, de 26/12/74, e no Decreto 76.986, de 6/1/76 do Ministério da Agricultura e Abastecimento, e regulamenta a inspeção e a fiscalização dos produtos destinados à alimentação animal (BRASIL, 2005).

Nesse sentido, as vísceras de subprodutos cárneos de origem animal podem ser processadas para a produção de ingredientes, rações e suplementos, além de destinadas ao consumo humano, outras para finalidades terapêuticas etc. Assim, por meio dos processamentos industriais com as metodologias aplicadas de secagem, é possível a produção de um subproduto com qualidade, garantindo-se sua inocuidade e segurança alimentar no produto final.

3.2.1 Coração

Geometricamente, o coração possui uma forma cônica irregular, ancorado por meio dos vasos da base; superfícies – atrial e auricular; margens e o ápice (GETTY, 1986; KONIG et al., 2016). Possui forma assimétrica, e representa 0,3% do peso corporal do animal. Na Figura 3 está apresentada uma fotografia da anatomia do coração suíno.

Figura 3- Anatomia descritiva do coração suíno em relação a morfologia externa: a) Face esquerda ou Face auricular; b) Face direita ou Face atrial; c) Aorta - Tronco pulmonar – Aurícula direita (átrio) – Aurícula esquerda (átrio) – Ventrículo direito – Ventrículo esquerdo.



Fonte: SASAHARA, (2018).

Anatomicamente, é um órgão considerado como uma bomba propulsora, dividido em quatro cavidades: átrios direito e esquerdo; ventrículos direito e esquerdo. Dessa forma, o lado direito recebe todo o sangue que vem do corpo e o bombeia para os pulmões, ocorrendo a oxigenação sanguínea; logo no lado esquerdo acontece o bombeamento do sangue oxigenado para todo os outros órgãos e também para o corpo. Ademais, o coração possui os átrios e os ventrículos, os quais possuem as válvulas: tricúspides (lado direito) e bicúspide (lado esquerdo). Essas válvulas são responsáveis por evitar que haja o refluxo sanguíneo durante a sístole, bem como preservar a contração cardíaca rítmica (GUYTON; HALL, 2006).

De acordo com Paula et al. (2023), coração suíno possui a seguinte composição nutricional em percentual: umidade 72,33 %, proteínas 21,43 %; gordura total 3,70 % e cinzas 1,59 %. Assim como os demais tipos de carne, o coração suíno é rico em proteínas, o que o torna uma fonte em potencial deste nutriente.

3.2.2 Pulmão

O pulmão suíno é classificado como um órgão oriundo do processamento pós abate em frigorífico sob o serviço de inspeção federal (SIF) de produto de origem animal dessa espécie suína. Esse órgão é classificado como víscera não comestível para os seres humanos, assim sendo um dos subprodutos gerados pelas indústrias alimentícias no processo de abate (MAPA, 2022). No entanto, cabe salientar que esta convenção é atribuída no Brasil, enquanto em legislações de outros países, o pulmão pode ser considerado comestível.

Segundo o MAPA (2022), as vísceras não comestíveis são caracterizadas como “produtos não comestíveis”, classificadas como os resíduos da produção industrial e os demais produtos não aptos ao consumo humano. Dessa forma, a condenação de produtos de origem animal cuja obtenção é indissociável do processo de abate, inclui os cascos, os chifres, os pelos, as peles, as penas, as plumas, os bicos, o sangue, o sangue fetal, as carapaças, os ossos, as cartilagens, a mucosa intestinal, a bile, os cálculos biliares, as glândulas, os resíduos animais e as outras partes animais. A anatomia de um pulmão suíno pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4- Anatomia do pulmão suíno: aspecto dorsal dos pulmões de um suíno (idade, ~ 22 semanas; tamanho, ~ 105 kg) mostrando; a) traqueia; b) carina; c) pulmão esquerdo; d) pulmão direito; e) brônquio do lobo cranial.



Fonte: Judge et al., (2014).

De acordo com Judge et al. (2014), sobre a anatomia do pulmão suíno pode-se inferir que a idade e a raça podem influenciar na estrutura morfológica e na distribuição das vias aéreas desse órgão. Entretanto, é um órgão anatomicamente muito semelhante ao pulmão do ser humano.

O pulmão de suíno pode ser uma interessante fonte nutricional, como evidenciado no estudo de Juknienè et al. (2022). Esses autores, no estudo realizado avaliaram o efeito da liofilização no valor nutricional e na retenção de ingredientes funcionais em subprodutos (fígado, rins, coração e pulmões) de ovinos e suínos, assim, relataram que os pulmões suínos não contêm gorduras, mas apresentam cerca de 12,9 % de proteínas. Por outro lado, o estudo de Paula et al. (2023) caracterizou o pulmão suíno e encontraram 23,61 % de proteína, 1,78 % de gordura e 1,59 % de cinzas. Os mesmos autores destacam que a variação dos parâmetros de composição centesimal desta víscera pode ser atribuída às características intrínsecas como a raça/cruzamento, sexo e idade, além das condições de exposição dos animais, como o manejo na criação e dieta.

3.3 Secagem

A secagem ou desidratação é descrita como uma das operações unitárias mais antigas na área da Engenharia Química, a qual baseia-se num processo de remoção do líquido presente em um sólido, com a finalidade de diminuir a umidade do material analisado e consequentemente melhorar a preservação dos alimentos. Além da conservação, essa operação é empregada nos segmentos industriais para a redução do peso e do volume, e em alguns casos os produtos secos não precisam

de refrigeração para serem conservados, o que a facilita o manuseio, o transporte e o armazenamento (FELLOWS, 2006).

De modo geral, para a secagem acontecer, o alimento é exposto a uma corrente de ar aquecido que promove a migração de água do meio interno do produto para o meio externo por meio dos mecanismos de difusão molecular (AVERSA et al., 2007). Porém, é uma das operações unitárias que demandam maiores gastos energéticos (MUJUMDAR, 2007; HU et al., 2016).

Segundo Tadini et al. (2016), durante o processo de secagem dos alimentos ocorrem dois mecanismos simultaneamente, sendo eles a transferência de calor por causa da diferença de temperatura entre a fonte aquecida e a superfície do alimento; e também a transferência de massa devido a remoção do líquido presente no produto. Logo, os procedimentos de migração da umidade no sólido são descritos por meio de mecanismos de ação, como exemplos, a difusão líquida por meio do movimento do líquido em função de forças capilares, bem como do movimento da fase líquida ou de vapor por meio da diferença de pressão total, a difusão de vapor em decorrência dos gradientes de pressão parcial de vapor.

Durante o processo de secagem observa-se que a taxa de secagem, no geral, se baseia nos seguintes fatores: temperatura de secagem, umidade relativa, velocidade do ar, pressão e características do produto (umidade inicial, morfologia, espessura, etc.). Quanto maior a velocidade de ar, maior a convecção e consequentemente será maior a sua taxa de secagem (FELLOWS, 2006).

Industrialmente, para alimentos e em outros setores, têm-se muitos equipamentos de secagem, e dentre eles destacam-se os secadores com circulação de ar como: os de túnel e bandejas; *spray dryer*; a liofilização; *refractance window* (ou também conhecido por *cast-tape drying* ou ainda *hidro-convective dryer*; *drum dryer*; leito de jorro; secadores por infra-vermelho; e não se deve esquecer que para alguns alimentos utiliza-se muito os secadores solares, dentre outros (FELLOWS, 2006). Para a escolha de um processo de secagem é necessário avaliar as características operacionais dos equipamentos/processos, as propriedades e características da matéria-prima e do produto seco que se deseja obter.

3.3.1 Secagem em estufa com circulação de ar

Estufas com circulação de ar têm como principal mecanismo de transferência de calor a convecção. Tendo isso em vista, muitos equipamentos podem utilizar esse princípio, mas terem configurações e nomenclaturas diferentes. Basicamente, nesse método de secagem tem-se o material úmido a ser exposto a uma corrente de ar aquecido e seco, com o objetivo de proporcionar as transferências de calor e massa majoritariamente por convecção. Assim, as diferenças de temperatura e concentração do produto em relação ao ar de secagem resultam em troca de calor e matéria, e assim, o calor transferido ao produto fornece energia suficiente para a vaporização da água em sua superfície. Ademais, a água do produto evapora em forma de vapor quente (LEWICKI et al., 2014; MASKAN, 2000; MUJUMDAR, 2014).

A secagem com ar quente em estufa é um dos métodos utilizados pelas fábricas devido aos baixos custos tanto do equipamento quanto da operação simples. Entretanto, é um processo que pode demandar certo tempo de exposição do produto ao calor (de acordo com as condições operacionais e do alimento). Essas características podem contribuir para uma perda significativa nas propriedades físico-químicas, sensoriais e nutricionais de diferentes produtos. Guiné et al. (2018), estudaram a secagem de subprodutos de pescado utilizando a estufa de circulação de ar, e os autores verificaram que esse processo proporcionou danos à estrutura do produto e dos componentes nutricionais sensíveis da matéria-prima.

Além dos problemas relatados no estudo de Guiné (2018), a secagem de produtos cárneos apresenta outros gargalos que precisam ser solucionados pelas indústrias. O processo de secagem de carnes resulta na redução da umidade e da atividade de água, consequentemente, gerando um ambiente desfavorável para o crescimento microbiano e para reações físico-químicas e bioquímicas indesejáveis (SLADE; LEVINE; REID, 2009). Entretanto, muitas vezes esse processo pode não ser suficiente para garantir a estabilidade do produto durante o armazenamento e assim, para muitos produtos cárneos desidratados, são necessários métodos complementares de conservação. O processamento e a qualidade final dos produtos desidratados podem ser ainda influenciados pela qualidade da matéria-prima e pelos pré-tratamentos aplicados antes da secagem, para atingir certos atributos de qualidade final (DENG et al., 2019).

Na literatura tem-se alguns estudos sobre a secagem com equipamentos de circulação de ar de produtos cárneos e o efeito do processo de secagem em algumas propriedades e características do produto seco. No estudo de Clemente et

al. (2011), os autores analisaram a secagem de carne suína descongelada por meio de processos de circulação de ar (convecção forçada), objetivando-se avaliar o comportamento do produto e a influência no valor identificado de difusividade efetiva sob o encolhimento e/ou resistência externa à transferência de massa em músculos previamente congelados. Assim, os autores relataram na pesquisa que foram utilizados cilindros (aproximadamente de 2 cm de diâmetro; 3 cm de comprimento) de carne de porco (*Bíceps femoral* e o *semimembranoso*), os quais foram desidratados por meio de convecção forçada a 25 °C e com diferentes velocidades do ar. Eles também utilizaram diferentes modelos matemáticos difusivos para entenderem os mecanismos de transferência de massa durante o processo. Nos resultados do trabalho, os autores concluíram que o efeito do encolhimento das fibras musculares não influenciou nas condições de secagem, mas, a resistência externa deve ser considerada devido às perdas de água em câmaras de cura de carne.

Industrialmente e na literatura é também comum a associação de processos de salga e secagem para produtos cárneos, como métodos complementares de conservação. Gersdorff et al. (2021) estudaram a secagem convectiva de amostras de rosbife (*Longissimus dorsi*) de carne bovina de novilhas. Para tal, os autores utilizaram pré-tratamentos na carne com diferentes soluções (com sal ou sal e vinagre) e as amostras foram secas por convecção em três temperaturas, a 50, 60 e 70 °C, e velocidade constante do ar de 0,6 m/s. De acordo com os resultados descritos pelos autores, as amostras pré-tratadas com sal secaram mais lentamente, seguidas pelo tratamento com sal e vinagre, enquanto as amostras sem pré-tratamento secaram mais rapidamente.

3.3.2 Secagem por meio da *air fryer*

As *air fryers* são conhecidas por serem equipamentos domésticos para realizar a fritura de produtos sem óleo, utilizando ar quente. Assim, nesse processo ocorre a circulação de ar superaquecido na câmara em que o produto é acondicionado, reduzindo potencialmente o tempo e a energia consumida durante o processamento (AZMI et al., 2019). A presença de fluxo de ar em um espaço relativamente pequeno resulta em uma distribuição mais uniforme da temperatura na câmara e no produto (SANI et al. 2014). Esses equipamentos, na configuração

doméstica, têm operação relativamente simples, o usuário geralmente consegue definir a temperatura e o tempo de processamento. No Brasil esse processo é também chamado de “fritura sem óleo” ou “fritura a ar”, por geralmente produzir alguns alimentos com qualidade sensorial comparável aos produtos fritos tradicionalmente com óleo/gordura quentes. A submissão de alguns tipos de alimentos a esse processo convectivo com ar aquecido também resultará em um processo de secagem do mesmo.

De acordo com Lee et al. (2023), o processamento de produtos alimentícios em diferentes tipos de fritadeiras e em altas temperaturas surgiu devido à demanda das indústrias de alimentos e dos consumidores pela obtenção de produto prontos para o consumo mais rapidamente.

Na Figura 5 está apresentada a fotografia de um forno e fritadeira elétrico tipo “*air-fryer*” doméstico.

Figura 5- Forno e fritadeira sem óleo.



Fonte: Oster, 2024.

O princípio de funcionamento do equipamento proporciona o preparo dos alimentos com tempos de cozimentos mais curtos, de forma eficaz e sem a adição de gordura (STIER, 2014). No trabalho de Azmi et al. (2019) foi realizada a comparação das propriedades de bolos produzidos no forno tradicional e na *air-fryer*, em condições otimizadas. De acordo com os autores as condições otimizadas resultaram em maior altura relativa dos bolos, maior umidade, menor firmeza e mastigabilidade do miolo, bem como maior pontuação geral de aceitação na avaliação sensorial em comparação com a condição ideal em forno de convecção.

Ulus e Allen (2020) avaliaram a produção de chips de batata doce por diferentes métodos, incluindo a *air-fryer* e fornos convencionais e de convecção. De acordo com os resultados descritos pelos autores, a *air-fryer* se mostrou promissora

na produção de chips de batata-doce com baixo teor de gordura, mas a degradação de nutrientes ainda pode ser um problema que requer mais pesquisas.

Os estudos na literatura sobre o uso da *air-fryer* em cortes e produtos cárneos ainda é escasso. O mais usual tem sido a avaliação deste método como uma alternativa à fritura convencional com óleo, como relatado no estudo de Castro-López et al. (2023), que compararam a aplicação de *air-fryer* no preparo de *nuggets* de frango em comparação com a fritura por imersão em óleo, e encontraram redução no teor de gordura desse alimento em relação ao processo convencional de fritura.

Além disso, este método também foi avaliado na produção de snacks, desenvolvidos por Wang et al. (2022), em que os autores utilizaram diversos métodos de fritura, entre eles a fritura sem óleo (*air-frying*), para produzir um *snack* de pele de tilápia pronto para consumo, e concluíram que este método foi um dos melhores para a aceitabilidade do consumidor, além de melhor desempenho nas características físico-químicas, como tempo de sopro e taxa de expansão, além de apresentar menor teor de gordura, evidenciando que esta tecnologia pode ter muita aplicabilidade na desidratação e desenvolvimento de petiscos cárneos.

3.3.3 Secagem por Liofilização

O princípio desse processo de secagem é a retirada da água do alimento por meio da sublimação. Assim, o alimento é congelado e, posteriormente colocado na câmara do liofilizador, sob vácuo, onde ocorrerá a sublimação e consequentemente a desidratação. No sistema a vácuo a pressão deverá ser reduzida a 01 mmHg, sendo conservada até o processo final de secagem (Figura 6) em escala laboratorial (CELESTINO, 2010).

Figura 6- Equipamento de secagem por liofilização.



Fonte: Marte Científica (2022).

Esse método, por utilizar baixas temperaturas, propicia a redução da umidade e da atividade de água, e no geral, preserva a qualidade físico-química, nutricional e sensorial do produto, principalmente em comparação com os processos de secagem térmicos. Além disso, produtos liofilizados costumam ter boa capacidade de reidratação (FENG, LI; & LI, 2012). No entanto, em comparação à secagem com ar quente, a liofilização demanda maior investimento físico, visto que é o processo mais demorado e oneroso.

Para produtos cárneos, a secagem por liofilização não causa danos, em especial as proteínas, e nem a perda de vitaminas lipossolúveis, tais como as vitaminas A e D. A cor da carne liofilizada e o sabor também tendem a serem preservados. Assim, os subprodutos e a carne podem ser liofilizados com manutenção dos parâmetros nutricionais (JUAN; YUANZHI, 2012; CHEN, 2008; HUAN et al., 2005; KOTWALIWALE; BAKANE; VERMA, 2007; ARSHADULLAH et al., 2017).

Por meio das inovações tecnológicas o método de liofilização na indústria de processamento de carne tem benefícios para o desenvolvimento industrial e econômico, bem como para as indústrias de processamento de aves e pescado (DAYA; PANT, 2017). Nesse contexto, em países desenvolvidos como a China foi possível a aplicação da tecnologia de liofilização em alimentos cárneos (presunto), assim, processando a carne com alta qualidade por meio das pesquisas e desenvolvimento de produtos (TANG, 2013). No entanto, no Brasil, país ainda em desenvolvimento, existem algumas indústrias que se utilizam desse padrão tecnológico com a produção de alimentos liofilizados, mas devido ao custo do processo e da abundância de matérias-primas esses produtos ocupam uma parcela menor do mercado (LIU; ZHOU; LI, 2014; GAO et al., 2017).

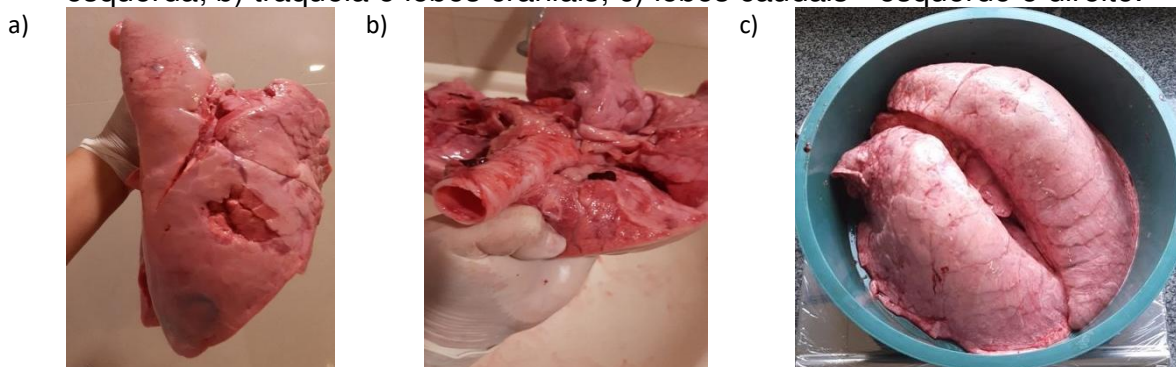
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo da matéria-prima

Os corações e os pulmões suínos foram adquiridos após o abate em um frigorífico localizado em Patos de Minas, Minas Gerais. Assim que adquiridas as matérias-primas foram conduzidas ao laboratório do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia - *campus* Patos de Minas, Minas

Gerais para serem higienizadas por meio de toalete com a finalidade de realizar a limpeza das vísceras (processo de retirada da traqueia – pulmões). Na sequência, as vísceras foram cortadas manualmente utilizando-se um bisturi nº 04 com a lâmina de nº 21, para a produção dos cortes no sentido horizontal em tamanhos de 5 cm aproximadamente. Após os cortes, as amostras *in natura* foram processadas por meio de sistema de moagem tradicional com auxílio de um processador de alimentos cárneos – (modelo MBI-22, marca Becker Go - Conjunto da boca nº 22 mais caracóis em ferro fundido estanhado, disco e faca em aço inox 430). Em continuidade, as amostras foram fracionadas e armazenadas em embalagens de polietileno, sendo acondicionadas em *ultra freezer* (Indrel, IULT CRP 335D), na temperatura de -56°C . Na Figura 7 observam-se os pulmões suínos *in natura* para serem preparados.

Figura 7- Preparação da matéria-prima – pulmões de suínos: a) vista lateral esquerda; b) traqueia e lobos craniais; c) lobos caudais - esquerdo e direito.



Fonte: Autoria própria, (2022).

O coração suíno também passou pelos processos de toalete e moagem para posteriormente serem armazenados em embalagens de plástico para o armazenamento em *ultra freezer*. Na Figura 8 observa-se o coração suíno *in natura* para ser processado.

Figura 8- Preparação da matéria-prima “coração suíno”.



Fonte: Autoria própria, (2024).

Quando necessário era realizado o processo de descongelamento das amostras em geladeira (Consul *Frost Free* Duplex 2 Portas Bem-Estar CRM51ABBNA 405 Litros Branca - 110V) sob refrigeração interna entre 2 °C a 4 °C por um período de 06 h aproximadamente.

4.2 Composição centesimal do pulmão e do coração frescos

4.2.1 Umidade

As vísceras de suínos *in natura* moídas foram avaliadas quanto à umidade de acordo com a metodologia descrita pela *Official Methods of Analysis of AOAC International* (AOAC, 2012). Para tal, uma amostra da matéria-prima de aproximadamente 2 g foi acondicionada em cadinho de alumínio previamente tarado e pesado em balança analítica. O conjunto com a amostra e o cadinho foram pesados para o conhecimento da massa da amostra, e foram submetidos à secagem em estufa convectiva (Nova ética, Modelo 402-3D) a 105 °C por 24h até a obtenção do peso constante. Após esse tempo decorrido, a amostra foi retirada da estufa convectiva, colocada em um dessecador para o resfriamento até que fosse possível a mensuração da massa novamente. Com isso, calculou-se a umidade do produto conforme a Equação (1):

$$X = \frac{m - m_{ss}}{m} \cdot 100 \quad (1)$$

em que X é umidade da amostra em base úmida (%), m é a massa úmida da amostra (massa de água + massa de sólidos secos) (g), m_{ss} é a massa de sólidos secos (g). Essas análises foram realizadas em triplicata.

4.2.2 Cinzas

As cinzas totais foram determinadas ao se colocar aproximadamente 2 g da amostra em cadinho de cerâmica, previamente pesado em balança analítica, após a retirada da umidade, conforme descrito no item 4.2.1. As amostras de vísceras foram acondicionadas em forno mufla (FHMP, DIGI MEC 220V) a 550 °C até a obtenção

das cinzas por meio do método 920.153 da AOAC (1998). Após o aquecimento da mufla a 550 °C, as amostras foram armazenadas dentro do forno por um período de 5 horas. Posteriormente, as amostras foram retiradas e acondicionadas em um dessecador até o seu resfriamento. Na sequência, os cadinhos com as amostras tiveram suas massas mensuradas. A diferença entre a massa da amostra final mais o cadinho e a massa do cadinho forneceram a massa das cinzas da amostra. O resultado foi expresso em % (g de cinzas/100g de amostra em base seca). Essas análises foram realizadas em triplicata.

4.2.3 Proteína

A determinação do teor de proteína foi realizada pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2012). Primeiramente, foi estabelecido o teor de nitrogênio e, subsequentemente, convertido em teor de proteína. A análise de nitrogênio foi realizada em três passos: digestão, destilação e titulação. Com o auxílio de uma balança analítica, 1 g de amostra foi adicionado ao tubo de digestão e acrescido de 1 g de mistura catalítica e de 50 mL de ácido sulfúrico concentrado. O tubo foi colocado em bloco digestor e a temperatura foi elevada aos poucos até atingir 300 °C, permitindo a digestão por mais 30 min quando a mistura ficou límpida e transparente. Na sequência, retirou-se o tubo do aquecimento e adicionou-se água destilada. Então, o tubo contendo a amostra digerida foi acoplado ao destilador de nitrogênio e, na sequência, foi adicionada solução de hidróxido de sódio. Logo após, o receptor de destilador de nitrogênio foi acoplado em um Erlenmeyer e neste foi adicionado ácido bórico para, então, a mistura ser conduzida à destilação. Posteriormente, foi realizada a titulação da amostra com indicador de nitrogênio e determinação do nitrogênio total e as Equações (2) e (3):

$$\% \text{ de nitrogênio total} = \frac{V \cdot N \cdot f \cdot 0,014 \cdot 100}{m} \quad (2)$$

$$\% \text{ de peptídios} = \% \text{ de nitrogênio total} \cdot F \quad (3)$$

em que V é o volume (mL) da solução de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação após a correção do branco; N é a normalidade teórica da solução de ácido

clorídrico 0,1 N; f é o fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N; m é a massa (g) da amostra; e , F é o fator de conversão da relação nitrogênio/proteína (6,25). Essas análises foram realizadas em triplicata.

4.2.4 Extrato Etéreo (lipídios)

O extrato etéreo é um parâmetro utilizado a fim de quantificar compostos solúveis em solventes orgânicos, ou seja, os lipídeos. Para realização dessa análise, foi utilizado o Método de Extração Soxhlet (AOAC, 2012). Foram pesados 2 g de amostra em balança analítica, adicionados a um cartucho extrator ou cartucho com filtro de papel. A amostra foi acrescida de solvente (éter de petróleo) após introduzir o cartucho no extrator. Em equipamento adequado, a extração foi realizada pelo tempo mínimo de 3 h com o solvente em ebulição e velocidade de condensação de 2 a 4 gotas por segundo. Na sequência foi recuperado o solvente em balão de fundo chato e o mesmo foi colocado em estufa a 105 °C pelo período de 1h. O balão foi resfriado em dessecador até temperatura ambiente e posterior pesagem. O teor de gordura foi obtido a partir da Equação (4):

$$\text{Extrato Etéreo \% (m/m)} = \frac{A-B}{P} \cdot 100 \quad (4)$$

em que A é a massa (g) do balão (ou copo) mais o resíduo; B é a massa (g) do balão (ou copo) vazio; e, P é a massa (g) da amostra inicial. Portanto, as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.5 Carboidratos

Para a determinação das quantidades de carboidratos do coração e do pulmão suíno foi utilizada a fração NIFEXT, obtida pelo cálculo de diferença das outras frações da composição centesimal analisadas, de acordo com Hungerford (1995), a partir da Equação (5):

$$\text{Carboidrato (\%)} = 100 - (\text{proteína} + \text{lipídios} + \text{água} + \text{cinzas}) \quad (5)$$

4.3 Propriedades físicas do coração e do pulmão fresco

4.3.1 pH

O pH do coração e do pulmão suíno após serem moídos, foram determinados por leitura direta utilizando-se pHmetro digital (Quimis modelo Q400A). A mensuração da leitura do pH baseou-se na metodologia oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1981), em que 5 g de amostra foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada em um liquidificador até a formação de uma pasta. Em seguida, o eletrodo do pHmetro foi inserido diretamente na amostra preparada para a leitura do pH. Essas análises foram realizadas em triplicata.

4.3.2 Cor instrumental

Os parâmetros para as análises físicas da cor instrumental do coração e do pulmão suíno antes e após a secagem foram determinados por meio de um sistema de refletância utilizando um colorímetro digital (Konica Minolita, Japão, CR-400/410), com escala CIELab (L^* , a^* , b^*). Para essa metodologia as medidas de coloração foram expressas em termos da luminosidade L^* ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco), e cromaticidade, definida por a^* ($+60 a^* =$ vermelho e $-60 a^* =$ verde) e b^* ($+60 b^* =$ amarelo e $-60 b^* =$ azul). As análises foram realizadas em ambiente com a temperatura controlada a 25 °C e em triplicata.

4.3.3 Atividade da água

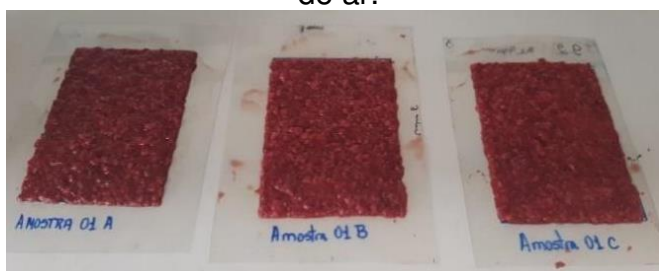
A mensuração da atividade da água (A_w) das amostras foi determinada por leitura direta em um medidor de atividade de água (Decagon Devices Inc., Aqualab Series 3TE, EUA), disponível no Laboratório de Engenharia de Alimentos – *campus* Patos de Minas, Minas Gerais. As análises das amostras foram realizadas em triplicata.

4.4 Processos de desidratação do coração e do pulmão

4.4.1 Estufa convencional

Foram realizadas as secagens das vísceras de suínos em estufa convectiva (ETHIK TECHNOLOGY, Modelo 400-8D, 2012, Brasil). Os experimentos foram realizados em 03 lotes de amostras da matéria-prima *in natura* e em triplicata, no Laboratório de Química dos Alimentos da UFU – *campus* Patos de Minas (Figura 09). Para a desidratação do coração e do pulmão suíno, as amostras foram espalhadas em placas de *mylar* com a espessura de 2 mm, conforme apresentado na Figura 09. Em seguida, as amostras foram colocadas no interior da estufa convectiva. Tanto para o coração quanto para o pulmão foram avaliadas as temperaturas de 80 °C, 90 °C e 160 °C. Assim, temos amostra 01 A (primeiro lote), amostra 01 B (segundo lote) e amostra 01 C (terceiro lote).

Figura 09 - Amostras de pulmão *in natura* antes da secagem em estufa de circulação de ar.



Fonte: Autoria própria, (2023).

4.4.2 Air fryer – Forno e Fritadeira sem óleo

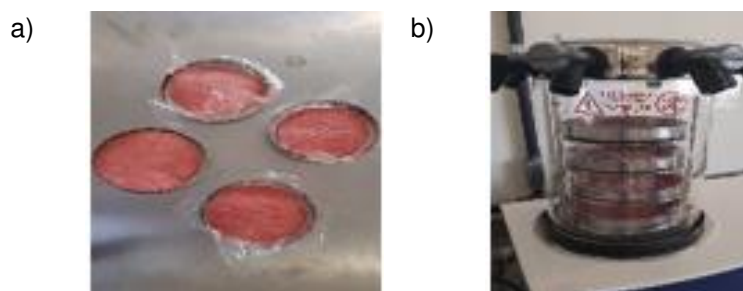
As secagens das amostras moídas de coração e de pulmão de suíno foram realizadas em equipamento de forno e fritadeira sem óleo (OSTER - ETHIK TECHNOLOGY, Modelo 400-8D, 2012, Brasil), no Laboratório de Química dos Alimentos da UFU – *campus* Patos de Minas, Minas Gerais. Para a desidratação do coração e do pulmão suíno, as amostras foram espalhadas em placas de *mylar* com 2 mm de espessura. Avaliou-se as temperaturas de 90 °C e 160 °C, sendo a primeira temperatura definida por ser a mínima de operação do equipamento, e a maior foi definida por meio de testes preliminares, em que foi observado que temperaturas acima de 160°C queimaram a amostra, mesmo em tempos curtos de exposição. Foram realizadas as cinéticas de secagem. Para tal, pesou-se a massa do suporte (placa de mylar), a massa inicial das amostras e determinou-se a

umidade inicial nos processos de secagem na *air fryer* e na estufa convectiva. Durante o experimento, em intervalos de tempos regulares as amostras eram pesadas e posteriormente conseguiu-se determinar para cada condição a evolução temporal da umidade. Tanto para o coração quanto para o pulmão utilizou-se triplicata de amostra e de experimento.

4.4.3 Liofilização

O equipamento utilizado foi um liofilizador de bancada (modelo L-101, marca Liotop, Brasil). As amostras de corações e pulmões *in natura* foram preparadas por meio da toaleta e posterior moagem das vísceras (modelo MBI-22, marca Becker Go). Em seguida, a amostra moída de vísceras de suíno foi espalhada em bandejas de alumínio, com espessura aproximadamente de 2 mm, e congeladas (*ultra freezer* Indrel, IULT CRP 335D) a $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24h. Após esse período, as bandejas foram acomodadas nas prateleiras do interior da câmara de secagem do liofilizador e iniciou-se a etapa de sublimação, na qual a bomba de vácuo foi acionada com uma pressão inferior a 500 mmHg por um período de 48h. Na Figura 10 está ilustrado o preparo das amostras de pulmão e coração suíno que foram submetidas a liofilização.

Figura 10- Preparação de vísceras para a secagem por meio da liofilização: a) amostra de pulmões *in natura*; b) amostras acondicionadas no liofilizador.



Fonte: Autoria própria, (2023).

4.4.4 Moagem do coração e do pulmão seco

Após os processos de desidratação na estufa convectiva e no liofilizador, as amostras foram encaminhadas para o moinho de facas (FORTINOX, STAR FT 50, BRASIL) para a moagem, com a redução no tamanho das partículas do sólido seco

para as caracterizações, exceto para a análise de textura instrumental, onde as amostras foram avaliadas no formato de placa com 2 mm de espessura antes da secagem.

4.5 Caracterização do coração e do pulmão seco

4.5.1 Umidade

A umidade dos pós de coração e de pulmão suíno foram determinadas seguindo a metodologia descrita no item 4.2.1.

4.5.2 Cor instrumental

A cor dos pós de coração e de pulmão suíno foram determinadas seguindo a metodologia descrita no item 4.3.2.

4.5.3 Higroscopicidade

A metodologia para a determinação da higroscopicidade dos pós de coração e de pulmão suínos foram adaptadas de acordo com Cai e Corke (2000). Assim, foi colocado 1g de amostra em uma cápsula de porcelana, que foi acondicionada em dessecador contendo solução saturada de cloreto de sódio, com a umidade relativa de aproximadamente 70%, durante o período de sete dias à temperatura ambiente. Após esse período a massa da amostra foi aferida na balança analítica e foi calculada a higroscopicidade a partir da massa de água adsorvida. Essas análises foram realizadas em triplicata no laboratório de Engenharia de Alimentos – UFU - *campus* Patos de Minas, Minas Gerais. A higroscopicidade foi expressa em g de umidade adsorvida por 100g de massa seca da amostra, conforme a Equação 6, sendo que nesta Equação, a massa seca da amostra (M_{ss}) é calculada por meio de balanço de massa, conforme a Equação 7.

$$H = \frac{M_{ads}}{M_{ss}} \cdot 100 \quad (6)$$

em que H representa a higroscopicidade (g de umidade adsorvida·100⁻¹ de massa seca); M_{ads} é a massa de umidade adsorvida (g) e M_{ss} é a massa de sólidos secos (g).

$$M_{ss} = [M_s - (M_s \cdot X_{bu})] \quad (7)$$

em que M_{ss} é a massa de sólidos secos (g), M_s é a massa de sólido úmido (massa de água + massa de sólido seco) (g) e X_{bu} é a umidade em base úmida (g água·g⁻¹ de massa total da amostra).

4.5.4 Textura instrumental

Para caracterizar as amostras desidratadas de pulmão e coração suínos quanto às suas propriedades mecânicas, utilizou-se o teste de punção com um analisador de textura TA-XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) equipado com uma carga de 50kg, à qual foi acoplada uma sonda cilíndrica de aço inox de 2mm de diâmetro. A sonda desceu a 5 mm.s⁻¹, perfurando a amostra até 70% da espessura da amostra, segundo a metodologia adaptada de Zotarelli et al., (2012). As placas de pulmão e coração suíno seco foram cortadas em quadrados de aproximadamente 2 cm x 2 cm.

Um total de 6 perfurações foram realizadas para cada condição do experimento (temperatura x espessura x método de secagem). Os picos de forças de compressão (F) em N, e o tempo correspondente (t) em min foram registrados pelo software Exponent versão 4.0.13.0 (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra). A partir do pico máximo, foi expressa a força máxima necessária para a probe penetrar nas amostras, e expressa na forma de dureza (N).

4.5.5 Atividade da água

A mensuração da atividade da água (A_w) das amostras dos pós de coração e de pulmão suíno foram determinadas seguindo a metodologia descrita no item 4.3.3.

4.5.6 Granulometria

A distribuição do tamanho das partículas foi avaliada por meio de um agitador de peneiras vibratório (Haver E Boecker, modelo Haver EML Digital Plus, Alemanha), disponibilizado no laboratório de Engenharia de Alimentos – UFU - *campus* Patos de Minas, Minas Gerais.

Para as amostras do produto seco, foi determinada a distribuição granulométrica e calculado o diâmetro médio de Sauter após a desfragmentação das mesmas em moinho de facas (FORTINOX, STAR FT 50, BRASIL). As amostras de aproximadamente 15g foram pesadas em balança analítica e colocadas sobre um jogo de peneiras também previamente pesadas, de malhas mesh Tyler 9, 12, 16, 28, 32, 42, 60, 65, 80, 115, 150, com fundo e tampa. As peneiras foram colocadas em ordem decrescente sobre agitador vibratório, durante um período de vinte (20) minutos sob amplitude de vibração de 0,7mm. Ao final do tempo, as peneiras e o fundo foram pesados para verificar a quantidade de pó retido em cada um. O diâmetro médio de Sauter foi calculado a partir das massas de pó retidas em cada peneira por meio da Equação 8. Desse modo, o diâmetro médio de Sauter representa o leito de partículas esferas que possuem a mesma área superficial por unidade de volume do leito.

$$d_{ps} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{D_i}} \quad (8)$$

em que X_i representa a distribuição de frequência; D_i representa o diâmetro médio entre a fração mássica passante e a retida.

Neste sentido, para a mensuração do tamanho de partícula do pó de pulmão suíno, a amostra foi homogeneizada devido ao caráter heterogêneo da matéria-prima em análise. Em seguida, a amostra foi colocada na peneira em ordem decrescente de tamanho da malha de cada uma, conforme ilustração na Figura 11.

Figura 11- Sistema inicial com a colocação da amostra.



Fonte: Autoria própria, (2023).

Portanto, o diâmetro de Sauter é uma medida precisa quando comparada à média ponderada, assim, utilizada para obter o diâmetro médio da amostra em análise. Para tal, a sua precisão está relacionada aos parâmetros que caracterizam uma amostra. Logo, poderá ser alcançado por meio dos modelos clássico de distribuição granulométrica, como exemplos, Gates, Gaudin e Schumann (GGS), Rosin, Rammler e Bennet (RRB) e log-normal (MASSARANI, 1984).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Composição centesimal do pulmão e do coração *in natura*

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises referentes à composição centesimal, pH e cor do pulmão e do coração suíno.

Tabela 2- Caracterização das vísceras de pulmão e coração suínos *in natura*.

Víscera	Análise	Resultado
Pulmão	Umidade (base úmida - %)	83,07 ± 2,92
	Proteína (%)	11,91 ± 1,33
	Carboidratos (%)	3,32 ± 0,001
	Lipídios (%)	1,70 ± 0,74
	Cinzas (%)	0,042 ± 0,005
	pH	6,98 ± 0,07
	L*	28,75 ± 3,55
	Cor a*	22,68 ± 3,32
	b*	11,50 ± 2,11
	Atividade de água (Aw)	0,992 ± 0,001
Coração	Umidade (base úmida - %)	72,81 ± 0,78
	Proteína (%)	20,29 ± 0,42
	Carboidratos (%)	1,34 ± 0,001
	Lipídios (%)	5,17 ± 0,11
	Cinzas (%)	0,40 ± 0,06
	pH	5,73 ± 0,10
	L*	14,47 ± 1,63
	Cor a*	10,39 ± 0,65
	b*	4,10 ± 0,56
	Atividade de água (Aw)	0,994 ± 0,002

Fonte: Autoria própria, (2024).

De acordo com Cheng et al. (2022), a umidade da carne interfere na suculência, sabor, aparência e textura do produto cárneo, além de influenciar na decisão de compra do consumidor. Além disso, é um parâmetro importante na estabilidade de produtos cárneos. Conforme pode ser visto na Tabela 2, a umidade

do pulmão suíno foi de cerca de 83,07%, enquanto a umidade obtida para o coração foi um pouco menor, de 72,81%, resultado que sugere a alta perecibilidade dessas vísceras. Seong et al. (2014), observaram valores médios de umidade de 78,71% para pulmão suíno e de 75,87%, para coração. No estudo de Costa et al. (2019) o valor aproximado de umidade para o coração suíno foi de 75,70%, o que reafirma essas condições. Apesar de se observar ligeira variação nos valores do presente trabalho com os da literatura, precisa-se considerar que a umidade, assim como outras propriedades físico-químicas do material, pode sofrer influência de fatores intrínsecos e extrínsecos dos animais durante a produção. Além disso, outro fator a ser considerado é o histórico do material antes da análise, ou seja, o tempo entre o abate e a análise e se durante esse tempo o material sofreu alguma ação, como o congelamento.

Cheng et al. (2022) realizaram a determinação de umidade de amostras do músculo da carne suína (*Longissimus lumborum*) picada em pedaços de: amostras frescas, congeladas e descongeladas. Segundo os autores, a umidade das amostras de carne suína fresca foi de 74,17%; para carne suína congelada e descongelada os resultados relatados foram entre 69,18% e 72,13%. De acordo com esses resultados, observa-se que a carne fresca apresentou maior valor de umidade em relação as carnes congelada e descongelada, provavelmente devido à reduzida capacidade de retenção da água dessas amostras submetidas aos processos.

Durante o congelamento, ocorre a formação de cristais de gelo, cujo tamanho é fortemente relacionado à taxa de congelamento empregada. Taxas mais rápidas favorecem a formação de cristais de gelo menores, que causam menores danos nas células. Por outro lado, taxas mais lentas favorecem a formação de cristais de gelo maiores que podem causar danos na estrutura dos tecidos musculares. Durante o estágio inicial de descongelamento, a estrutura da fibra muscular que manteve sua integridade, consegue absorver parte da água descongelada. Contudo, quando as fibras musculares foram mais danificadas pelos cristais de gelo, sua capacidade de absorver parte da umidade também fica comprometida, acarretando a diminuição da umidade (FELLOWS, 2006; CHENG et al., 2022). Nesse trabalho, as amostras foram congeladas em *ultra freezer* e em porções pequenas, condições que podem auxiliar uma taxa de congelamento mais elevada. Entretanto, espera-se que possam ocorrer alterações no tecido, o que pode também ajudar a compreender os valores

levemente inferiores de umidade, de ambas as vísceras, observados nesse trabalho em relação aos da literatura.

As proteínas são nutrientes essenciais na alimentação e estão presentes nas carnes e derivados, bem como nos subprodutos dos animais de produção. O teor de proteína analisado nas amostras de pulmão suíno *in natura* foi de 11,91%. Juknienè et al. (2022) encontraram valores de proteínas similares ao do presente estudo, na faixa de 12,9% para pulmão de suínos. Para o coração *in natura* observou-se valores superiores de proteína, em torno de 20,29%, o que demonstra o potencial da utilização desse órgão como ingrediente na elaboração de derivados cárneos, a fim de enriquecer o teor de proteínas.

Paula et al. (2023) realizaram estudos com subprodutos comestíveis de suínos (coração e fígado), e em suas análises de composição centesimal do subproduto de porco encontraram valores de proteína para o coração próximos aos observados nesse trabalho, de 21,34%. Para o fígado, os autores relataram valores de 23,61%. Mullen, Álvarez, Zeugolis, Henchion, O'Neill e Drummond (2017), ao realizarem um levantamento do potencial de utilização de diferentes subprodutos e espécies de carne, relataram valores de proteína de 17% para o coração suíno e de 19% para o fígado do mesmo tipo de animal, valores levemente inferiores aos observados no presente trabalho para o coração.

Na literatura existe uma variabilidade nos resultados descritos por diversos autores, as quais são pouco discutidas nos estudos. De acordo com Maysonnave et al. (2020); Carmichael et al. (2012); Sharman et al. (2013); Juknienè et al. (2022), no geral, os órgãos internos apresentam um potencial proteico comparável a dos tecidos musculares do animal, variando de 17 a 20% do subproduto bruto. Como visto, a variação da composição proteica pode ser dependente de muitos fatores como: método de obtenção do corte, raça, sexo, idade, dieta alimentar, manejo e bem-estar animal e de padronização das amostras (metodologia aplicada), o que torna difícil estabelecer padrões para a caracterização de produtos cárneos, seus derivados e subprodutos do abate de suídeos (REIG; ARISTOY; TOLDRÁ, 2013).

Com relação aos carboidratos, obteve-se valores de 3,32% para os pulmões e de 1,34% para o coração. Cabe salientar que esses resultados são oriundos dos cálculos da fração NIFEXT. No entanto, valores baixos são esperados, conforme Sarcinelli et al. (2007), que demonstraram a composição nutricional de alguns cortes de carne suínos (lombo e pernil), que apresentaram menos de 1% de carboidratos.

Esses resultados indicam que tanto as partes nobres quanto as vísceras não são fontes expressivas de carboidratos

Os valores de gordura observados para o pulmão suíno foram em torno de 1,70%, enquanto para o coração os valores foram superiores, cerca de 5,17%. Juknienė et al. (2022) também não observaram valores significativos de gordura para pulmão de suínos. Paula et al. (2023) encontraram valor semelhante a este estudo para o pulmão (1,78% de gordura) e valor inferior para o coração (3,70%). Nesse quesito, o uso do pulmão em detrimento ao coração suíno, para a fabricação de produtos derivados e embutidos, pode ser mais vantajoso por apresentar menores valores de gorduras, uma vez que materiais ricos em gorduras são susceptíveis à deterioração por rancificação (FELLOWS, 2006).

Vale ressaltar que a proporção de ácidos graxos da gordura corporal dos suínos é diretamente relacionada à dieta alimentar, ou seja, quanto de gordura é disponibilizado na ração fornecida aos animais. Observa-se que parte dos ácidos graxos da dieta são depositados na gordura corporal. Nesse sentido, será possível obter produtos cárneos de suínos e também as vísceras, com perfil de gordura diferenciada dependendo da dieta fornecida (EMBRAPA, 2019; RUIZ; STOLL; BEE, 2019). Além disso, deve-se considerar também que, além da ração, a idade, o sexo, a raça, dentre outros podem também influenciar no perfil lipídico das carnes (LATTORE et al., 2003; ALONSO et al., 2009). De acordo com Lattore et al. (2003) existem raças de suínos selecionadas para a produção de carne magra e de baixo custo, no entanto outras raças são destinadas à produção de carne gorda (gordura intramuscular).

Com relação às cinzas, os resultados observados foram de 0,04% e 0,4% para pulmões e coração, respectivamente. Seong et al. (2014) relataram maior teor de cinzas (0,81%) para o coração do que os observados no presente estudo. Paula et al. (2023) relataram valores de cinzas para o coração próximos a 1,6%. Da mesma forma que para os demais parâmetros, características dos animais e da sua criação podem ter um impacto significativo nos valores de cinzas.

O valor de pH inicial das amostras de pulmão suíno no *post mortem* foi de 6,98 enquanto o valor para o coração foi de 5,73. O valor levemente superior do pH do pulmão suíno indica que as vísceras de suínos ainda permaneciam em fase de alterações metabólicas na qualidade da carne, isso devido às mudanças no metabolismo de energia com a perda de concentração de glicogênio muscular no

órgão no *post mortem*, ou seja, as amostras estavam em processo de perda de metabolitos, água, sangue e declínio de temperatura no ambiente externo, sendo, um resultado para o *post mortem* com aproximadamente 1h após abate dos animais, ou seja, o resultado nesse experimento refere-se a um pH inicial das amostras no *post mortem* e não ao pH final após 24h. Com o passar das horas de abate, e as amostras sendo mantidas por meio de refrigeração, deve-se estabilizar as reações físico-químicas, logo, obtendo-se um declínio acentuado do pH.

De acordo com *National Research Council* (NPPC, 1998), o pH final ideal seria entre (5,6 e 5,9), posteriores às 24 h de abate. Nesse contexto, as amostras de coração suíno apresentaram pH dentro da faixa recomendada. Paula et al. (2023) observaram, para os subprodutos de suíno cru, valor de pH de 6,03 para o coração e para o fígado de 6,31, e Parés et al. (2020) relataram valores de 5,89 para o coração suíno.

Com relação aos parâmetros de cor, a luminosidade das amostras de pulmão foi 28,75 e do coração de 14,47, lembrando que quanto maior o valor de L^* mais claro será o produto, ou seja, o pulmão apresentou-se mais claro que o coração. Para a medida do cromo no eixo vermelho-verde (a^*), sendo que valores negativos tendem mais para a coloração verde enquanto valores mais positivos para a coloração vermelha, o resultado encontrado foi de 22,68, para o pulmão, e de 10,39 para o coração, indicando que ambas as vísceras tendiam mais para cor vermelha, sendo o pulmão mais intenso que o coração. Por fim, o valor de b^* , que representa a medida do cromo no eixo amarelo-azul, observado foi de 11,50 para o pulmão e de 4,10 para o coração, mostrando que as amostras *in natura* apresentaram maior tendência ao amarelo do que azul.

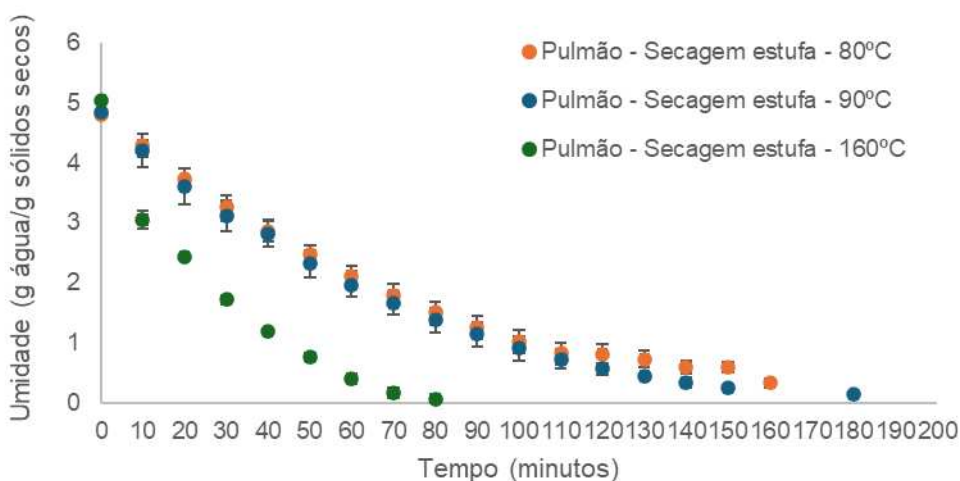
A atividade de água obtida para o pulmão suíno fresco (0,992) e do coração suíno fresco (0,994) obtidos neste trabalho corrobora com os valores da literatura encontrados para carne suína fresca, cujos valores atribuídos estão na faixa de 0,990 (SCHMIDT & FONTANA, 2020). Os teores elevados de atividade de água caracterizam a carne e suas vísceras como altamente perecíveis e desta forma, mais susceptíveis ao desenvolvimento microbiano, visto que alimentos considerados microbiologicamente estáveis se enquadram na faixa de A_w menor do que 0,6 (PRABHAKAR & MALLIKA, 2014).

5.2 Secagem e caracterização de pulmão e coração suínos na estufa de circulação de ar

5.2.1 Cinética de secagem do pulmão suíno seco na estufa de circulação de ar

Na Figura 12 estão apresentados os dados de cinética de secagem do pulmão suíno seco em estufa de circulação de ar nas temperaturas: 80, 90 e 160 °C.

Figura 12- Cinética de secagem do pulmão suíno em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 80, 90 e 160 °C.



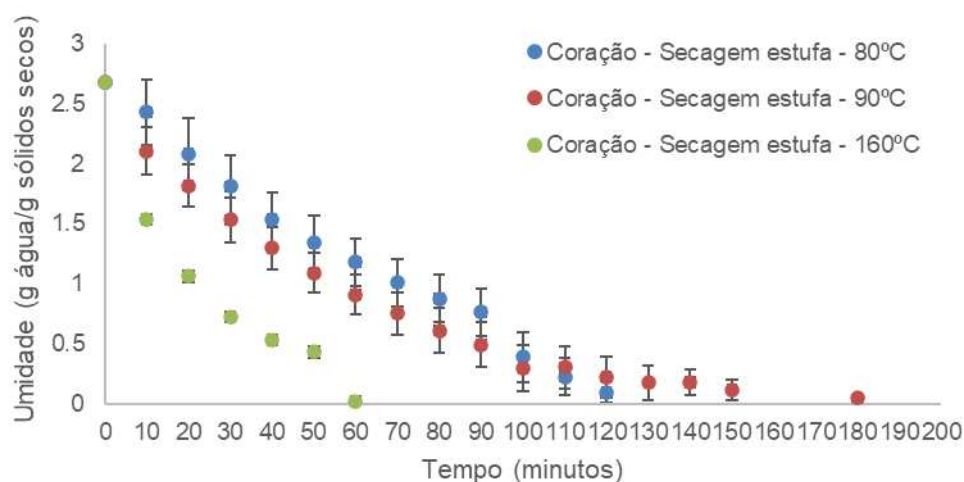
Fonte: Autoria própria, (2024).

É possível observar que as curvas para as temperaturas de 80 e 90 °C apresentaram a evolução temporal da umidade com comportamento muito semelhante. Foram necessários os tempos de 140 e 160 minutos para que umidades iguais ou inferiores a 0,30 g água/g sólidos secos fossem atingidas para as temperaturas de 90 e 80 °C, respectivamente. Em contrapartida, para a temperatura de 160 °C esse mesmo valor de umidade foi atingido com o tempo médio de 65 minutos.

5.2.2 Cinética de secagem do coração suíno seco na estufa de circulação de ar

Na Figura 13 estão os dados da cinética de secagem do coração suíno seco em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 80, 90 e 160 °C.

Figura 13- Cinética de secagem do coração suíno seco em estufa de circulação de ar nas temperaturas de 80, 90 e 160 °C.



Fonte: Autoria própria, (2024).

É possível observar que as curvas para as temperaturas de 80 e 90 °C apresentaram comportamento muito similares. Umidades inferiores a 0,30 g água/g sólidos secos foram obtidas a partir de 110, 100 e 50 minutos para as temperaturas de 80, 90 e 160 °C, respectivamente. Observa-se também que para o coração suíno seco na estufa de circulação de ar, o aumento da temperatura de 80 para 160 °C resultou em uma redução de 54,5% no tempo de secagem. Comparando os tempos de secagem do coração suíno com os do pulmão nas mesmas temperaturas é possível observar que o coração suíno apresentou tempos de secagem inferiores. Essas diferenças podem estar relacionadas com a umidade inicial das amostras de coração que se apresentam inferiores às do pulmão e diferenças na estrutura do material. O coração suíno é um músculo mais homogêneo, menos poroso e fibroso, o que pode ter contribuído para a cinética de secagem das amostras.

5.2.3 Caracterização do pulmão e do coração suínos secos na estufa de circulação de ar

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da caracterização físico-química das amostras de pulmão e coração suínos secos na estufa de circulação de ar.

Tabela 3- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno por meio da secagem em estufa de circulação de ar a 80, 90 e 160 °C.

Víscera	Análise	80 °C	90 °C	160 °C
Pulmão	Atividade de água	0,75 ± 0,005	0,63 ± 0,003	0,60 ± 0,001
	Cor	L*	10,56 ± 0,97	13,08 ± 3,38
		a*	2,62 ± 0,44	3,47 ± 0,31
		b*	7,16 ± 0,68	10,83 ± 1,70
	Higroscopicidade	21,05 ± 1,91	21,49 ± 1,87	18,04 ± 0,06
Coração	Atividade de água	0,74 ± 0,00	0,62 ± 0,003	0,61 ± 0,003
	Cor	L*	8,35 ± 1,94	10,46 ± 3,51
		a*	2,25 ± 0,59	2,22 ± 0,50
		b*	6,68 ± 1,79	7,74 ± 1,87
	Higroscopicidade	2,24 ± 0,09	3,44 ± 0,31	4,68 ± 0,55

Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

As atividades de água obtidas após a secagem em estufa convectiva de ar em três condições de temperatura foram para o pulmão suíno 0,75; 0,63; 0,60 e para o coração suíno 0,74; 0,62; 0,61, nas temperaturas 80, 90 e 160 °C, respectivamente. Os valores obtidos neste trabalho são semelhantes. Na literatura, os teores de atividade de água em produtos cárneos encontram-se na faixa menor de 0,6 para esse parâmetro (PRABHAKAR & MALLIKA, 2014). Segundo Kim et al. (2012), para a segurança alimentar em produtos cárneos, a atividade de água deve ser menor que 0,95, assim, para inibir o crescimento de bactérias.

Com relação aos parâmetros de cor, a luminosidade das amostras de pulmão 10,56; 13,08; 11,48 e do coração de 8,35; 10,46; 8,47, lembrando que quanto maior o valor de L* mais claro será o produto, ou seja, o pulmão apresentou mais claro que o coração. Para a medida do cromo no eixo vermelho-verde (a*), sendo que valores negativos tendem mais para a coloração verde enquanto valores mais positivos para a coloração vermelha. O resultado encontrado foi de 2,62; 3,47; 3,13, para o pulmão, e de 2,25; 2,22; 2,17 para o coração, indicando que ambas as vísceras tendiam mais para cor vermelha, sendo o pulmão mais intenso que o coração. Por fim, o valor de b*, que representa a medida do cromo no eixo amarelo-azul, observado foi de 7,16; 10,83; 10,45 para o pulmão e de 6,68; 7,74; 7,26 para o coração, mostrando que as amostras desidratadas se apresentaram mais tendendo mais ao amarelo do que azul.

Kim et al. (2010) relatam que a cor é um dos indicadores para avaliar a qualidade dos produtos cárneos, e as características da cor dos produtos cárneos dependem de L^* , a^* e b^* . No entanto, o valor de L^* reflete o valor de brilho das amostras de carne, o valor de a^* reflete o valor de vermelhidão das amostras de carne e o valor de b^* reflete o valor de amarelecimento das amostras de carne. Os autores realizaram suas pesquisas com a charque suíno (carne seca) feita em forno de cozimento, e observaram que dentro de uma determinada faixa de cores, é possível inferir que quanto maiores forem os valores de L^* , a^* e b^* , melhor será a carne de porco desidratada.

A cor da carne depende de fatores como ambiente seco/úmido, acesso ao oxigênio e temperatura final atingida: como principal fator que determina as mudanças de cor no cozimento da carne, é que a desnaturação da mioglobina que começa em 55 – 65 °C, mas ocorre principalmente a 75 – 80 °C (BECKER, BOULAABA, PINGEN, ROHNER, & KLEIN, 2015).

Sut et al. (2023) em seus experimentos, avaliaram o efeito de diferentes técnicas de cozimento (em forno a 180 °C e a vapor 100 °C) e subatmosférico (cozimento a vácuo a 130 °C e sous vide a 75 °C) nas propriedades qualitativas físicas e químicas do lombo suíno (*Longissimus lumborum*). Foram avaliadas a cor superficial e interna dentre outras características para a carne cozida em forno a 180 °C na parte externa com resultados de L^* ($71,6 \pm 1,3$); a^* ($4,3 \pm 0,3$); e b^* ($15,4 \pm 0,4$); e na parte interna com resultados de ($71,1 \pm 0,9$); a^* ($3,0 \pm 0,2$); e b^* ($14,0 \pm 0,2$). Ademais, para a carne cozida a vapor a 100 °C na parte externa com resultados de L^* ($74,8 \pm 0,5$); a^* ($2,6 \pm 0,1$); e b^* ($13,3 \pm 0,2$); e na parte interna com resultados de ($76,2 \pm 0,3$); a^* ($1,9 \pm 0,1$); e b^* ($12,6 \pm 0,1$). Nota-se que a cor instrumental da carne suína em ambos cozimentos, tais como, L^* alta luminosidade; a^* menos avermelhada; e b^* atributo a cor mais amarela nas amostras tanto a parte interna quanto a parte externa. Jeong et al. 2023, observaram que muitos fatores alteram as características da carne no geral, assim, a cada metodologia vários parâmetros são avaliados e conseqüentemente não temos um padrão de L^* , a^* e b^* com relação aos coprodutos cárneos.

Sobre a atividade higroscópica dos subprodutos neste estudo os resultados para o pulmão suíno foram de 21,05; 21,49; 18,04 e para o coração suíno 2,24; 3,44; 4,68 nas temperaturas 80, 90 e 160 C, respectivamente. Os subprodutos possuem uma porcentagem de higroscopicidade diferente com os pulmões com alta

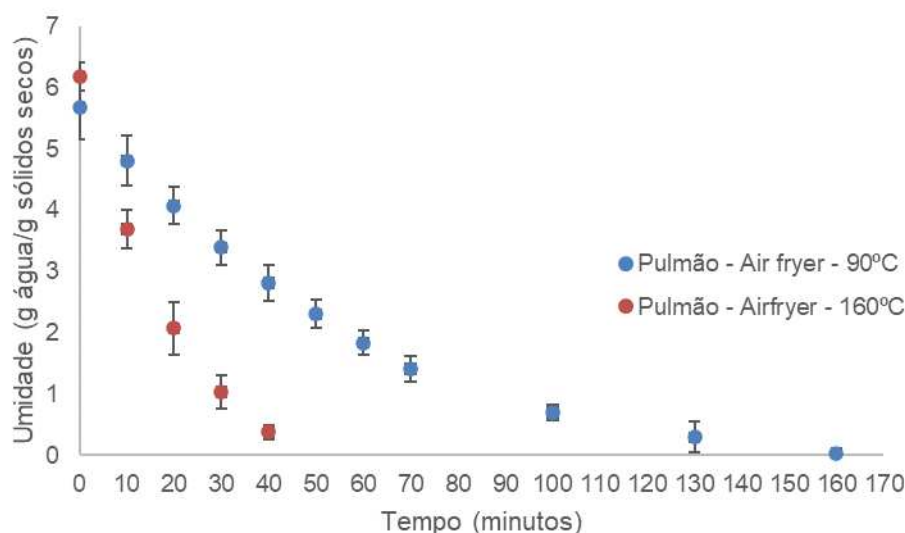
higroscopicidade e os corações com percentual bem reduzido neste parâmetro. Nota-se que as temperaturas afetam nos parâmetros de higroscopicidade. Oliveira et al. (2012), descrevem que a higroscopicidade de um alimento está diretamente relacionada à sua estabilidade física, química e microbiológica. Então, torna-se importante o conhecimento do comportamento higroscópico das matérias-primas no processo de produção.

5.3 Secagem e caracterização de pulmão e coração suínos na *air fryer*

5.3.1 Cinética de secagem do pulmão suíno seco na *air fryer*

Na Figura 14 estão apresentadas as cinéticas de secagem do pulmão suíno secos na *air fryer* a 90 e 160 °C.

Figura 14- Cinética do pulmão suíno seco em *air fryer* nas temperaturas de 90 e 160 °C.



Fonte: Autoria própria, (2024).

É possível observar que umidades inferiores a 0,30 g água/g sólidos secos (em torno de 23% em base úmida) foram atingidas a partir de 130 e 40 minutos, para as temperaturas de 90 e 160 °C, respectivamente. Entretanto, precisa-se ponderar que apesar da temperatura de 160 °C ser mais rápida, a determinação do final da secagem é mais difícil, uma vez que a alta temperatura associada a uma baixa espessura do material tendem a formar uma crosta, que dificulta a migração de

umidade do interior do alimento para o ar, fazendo com que nem sempre a parte interna esteja completamente seca e a “queimar” a superfície do material exposta ao ar de secagem.

Esse fenômeno da formação de crosta é também relatado na literatura. De acordo com Téllez-Morales, Rodríguez-Miranda e Aguilar-Garay (2024), no geral, nas *air-fryers*, um fluxo de ar de alta temperatura (140–200 °C) é fornecido para envolver os alimentos com um elevado e homogêneo gradiente de temperatura que induz simultaneamente uma rápida transferência de massa em um estado transitório entre um meio de ar quente, água e quando usado óleo no interior dos alimentos, desidratando gradativamente os alimentos e induzindo simultaneamente a formação de uma crosta superficial semelhante à obtida na fritura.

Na Figura 15 está apresentado uma fotografia do pulmão suíno seco na air fryer a 160 °C.

Figura 15- Pulmão suíno após a secagem em *air fryer* a 160 °C.



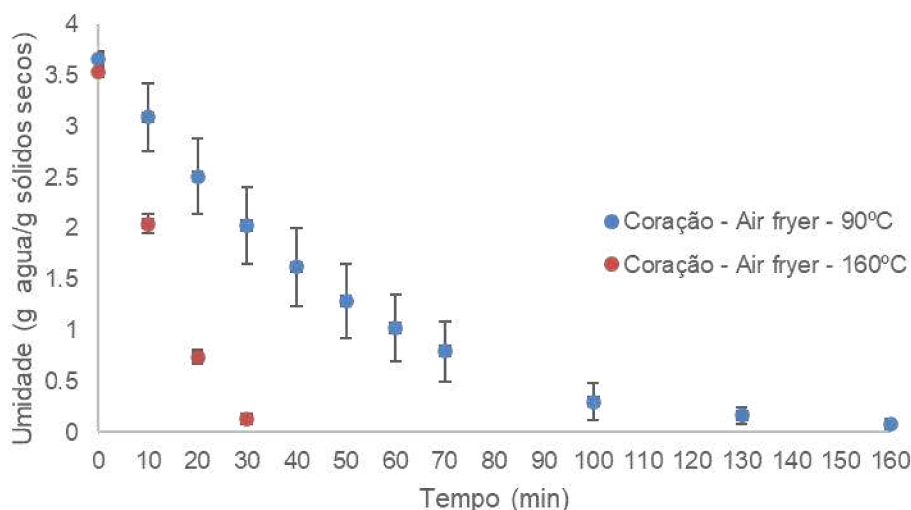
Fonte: Autoria própria, (2024).

Na superfície da placa de *mylar* utilizado para a secagem do pulmão suíno foi realizada a marcação com caneta do tamanho original da placa de amostra, e na Figura 15, é possível observar que após a secagem a amostra encolheu, o que é comum também em processos com elevadas taxas de transferência de calor. Essa contração do material dificulta também a migração de umidade da microestrutura do alimento para a corrente convectiva de ar.

5.3.2 Cinética de secagem do coração suíno seco na *air fryer*

Na Figura 16 estão apresentadas as cinéticas de secagem do coração suíno seco na *air fryer* a 90 e 160 °C.

Figura 16- As cinéticas de secagem do coração suíno secos na *air fryer* a 90 e 160 °C.



Fonte: Autoria própria, (2024).

Conforme observado na Tabela 2, a umidade inicial do coração é inferior à do pulmão suíno. A cinética de secagem do coração também evidenciou esse fato. Para o coração suíno, umidades inferiores a 0,30 g água/g sólidos secos (em torno de 23% em base úmida) foram atingidas com menos de 20 minutos para a temperatura de 160 °C e em torno de 100 minutos para 90 °C.

Quando comparados com os dados de cinética do coração suíno seco por estufa de circulação de ar (Figura 13) é possível observar que para a temperatura de 160 °C o tempo para secar o coração na *air fryer* foi praticamente 60% inferior quando comparado com a estufa na mesma temperatura. Entretanto, para a temperatura de 90 °C os tempos de secagem para a mesma umidade foram similares. De modo geral, as *air-fryers* são equipamentos que objetivam o uso em temperaturas mais elevadas, o que fornece uma taxa de aquecimento rápida, que envolvem expansão durante o cozimento, mudança de um estado fluido para um estado sólido poroso e a ocorrência de uma transformação estrutural (AZMI, AHMEDOV, TAIP, 2020).

Figura 17- Coração suíno após a secagem em *air fryer* a 90 °C.



Fonte: Autoria própria, (2024).

Na Figura 17 é possível observar que o coração suíno, posteriormente à secagem em forno a 90 °C, apresentou uma coloração mais escura na parte superior (contato com o ar circulante) e cor bem mais clara na parte inferior (local de contato direto com a placa de *mylar*), com textura firme e odor característico da víscera.

5.3.3 Caracterização do pulmão e do coração suínos secos na *air fryer*

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de cor instrumental, higroscopicidade e textura do pulmão e do coração suíno por meio da secagem em forno e fritadeira “*air fryer*” às temperaturas de 90 °C e 160 °C.

Tabela 4- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno por meio da secagem em *air fryer* a 90 °C e 160 °C.

Víscera	Análise	Resultado	
		90°C	160°C
Pulmão	Atividade de água	0,23 ± 0,02	0,16 ± 0,01
	Cor	L*	8,02 ± 0,16
		a*	1,91 ± 0,09
		b*	7,00 ± 0,24
	Higroscopicidade	20,55 ± 0,97	14,81 ± 0,70
	Dureza (N)	15,76 ± 1,65	14,70 ± 0,96
Coração	Atividade de água	0,49 ± 0,05	0,51 ± 0,007
	Cor	L*	8,17 ± 0,21
		a*	2,98 ± 0,03
		b*	7,80 ± 0,48
	Higroscopicidade	16,87 ± 1,14	14,83 ± 2,29
	Dureza (N)	29,29 ± 2,18	10,90 ± 2,59

Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Nas análises de atividade de água após a secagem em *air fryer* sob duas condições de temperatura, a 90 e 160 °C, os valores obtidos foram, para o pulmão suíno 0,23 e 0,16 e o coração suíno 0,49 e 0,51. Os resultados nesta etapa dos estudos são diferentes para as amostras. Visto que, as amostras de pulmão suíno apresentaram menor A_w em relação as amostras de coração suíno. Os estudos relatam que a estabilidade das propriedades dos alimentos é mais confiável medindo-se a A_w . A atividade da água está diretamente relacionada com as taxas de crescimento microbiano e com as reações degradativas. Sendo assim, serve como um indicador de estabilidade alimentar e segurança microbiana (OZBEKOVA et al., 2024).

Muitos autores em seus estudos observaram que os patógenos mais comuns requerem uma A_w superior a 0,95 para o crescer, bem como para a produção de toxinas. Além disso, outras bactérias, tais como *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*, possuem seu crescimento em A_w mais baixa entre 0,86 e 0,92, respectivamente. Portanto, para produtos alimentícios (carne) o desejável seria uma A_w com valores inferiores, garantindo-se a inibição do crescimento de microrganismos na carne e também nos produtos cárneos (OZBEKOVA et al., 2024).

Liang et al. (2024) realizaram os estudos com salgadinhos de porco por meio da secagem em forno micro-ondas, e relataram que com o aumento da temperatura de 20 min para 24 min, houve redução nos parâmetros de atividade de água $0,312 \pm 0,003$ – tempo 20 min e de $0,158 \pm 0,002$ – tempo 24 min. A diminuição da atividade de água promove a fragilidade da matéria-prima cárnea, assim, preservando o produto ao proporcionar um ambiente de baixa umidade. Consequentemente, em condições favoráveis para a inibição do crescimento de microrganismos sendo um ponto positivo.

Em relação aos parâmetros de cor instrumental após a secagem em *air fryer* a 90 e 160 °C, a luminosidade das amostras de pulmão foram 8,02 e 11,46 e do coração foram 8,17 e 8,81, respectivamente. Lembrando que quanto maior o valor de L^* mais claro será o produto, ou seja, o pulmão apresentou mais claro que o coração na secagem a 160 °C. Para a medida do cromo no eixo vermelho-verde (a^*), sendo que valores negativos tendem mais para a coloração verde enquanto valores mais positivos para a coloração vermelha. Os resultados encontrados foram 1,91 e 3,08 respectivamente, e para o pulmão foram 2,98 e 2,61 para o coração, indicando que ambas as vísceras tendiam mais para cor vermelha, sendo o

pulmão variou nas cores entre menos intenso a mais intenso que o coração. Por fim, o valor de b^* , que representa a medida do cromo no eixo amarelo-azul, observados foram 7,00 e 8,92 para o pulmão e de 7,80 e 8,31 para o coração, mostrando que as amostras desidratadas se apresentaram mais tendendo amarelo do que azul.

Kim et al. (2016) avaliaram os efeitos de diversas temperaturas de secagem em estufa (60 °C; 80 °C e 100 °C) nas propriedades físico-químicas e na atividade antioxidante de hambúrgueres suínos durante armazenamento refrigerado, e os resultados entre os tratamentos foram: os hambúrgueres com 1% de tomate seco em pó proveniente da secagem em estufa a 100 °C apresentaram o menor valor de luminosidade ($p < 0,05$). Em contraste, a incorporação de tomate seco em pó, nos hambúrgueres aumentou os valores de vermelhidão e amarelecimento ($p < 0,05$).

Liang et al. (2024) observaram em seus experimentos que os salgadinhos de carne de porco com o aumento do tempo de secagem, obtiveram resultados diferentes. Na secagem em forno micro-ondas, com 20 min os resultados foram $L^* 67,2 \pm 0,1$; $a^* 13,2 \pm 0,1$; e $b^* 28,6 \pm 0,2$, e na secagem com 24 min os resultados foram $L^* (61,5 \pm 0,6)$; $a^* (17,6 \pm 0,1)$; e $b^* (30,7 \pm 0,1)$. O aumento do tempo de secagem resultou numa diminuição gradual do valor de L^* , enquanto os valores de a^* e b^* aumentaram significativamente, assim, resultando em amostras marrom-avermelhada. Shen et al. (2022) e Liu et al. (2022), observaram também esses fenômenos de escurecimento em suas pesquisas, assim, atribuindo os acontecimentos a reação de Maillard induzida por temperatura elevada.

Na literatura, não é novidade que a cor externa tenha sido afetada pela temperatura de cozimento e pelos métodos de calor seco, como o cozimento no forno, levando a uma cor superficial mais escura, como resultado da maior desidratação e desnaturação causada pela exposição às temperaturas mais altas (ORTUNÑO, MATEO, RODRÍGUEZ-ESTRADA, & BAÑÓN, 2021).

O poder higroscópico, obtidos para as amostras de pulmão suíno foram 20,55 e 14,81, e para coração suíno foram 16,87 e 14,83, e os resultados demonstram que ambas as amostras possuem alto poder de absorção de água. Nos estudos de Teng et al. (2020), sobre o efeito da secagem a vácuo por micro-ondas com diferentes materiais auxiliares na higroscopicidade e fluidez do pó de peito de frango, foi possível observar que o pó de frango é suscetível à absorção de umidade devido à textura solta. A adsorção de umidade pode resultar em alterações físicas

(aglomeração) e químicas (crescimento microbiano e deterioração do sabor), que afetam as qualidades sensoriais do produto cárneo.

De acordo com Callahan et al. (1982) e Murikipudi et al. (2013), a absorção de umidade ocorre quando o “pó superabsorvente” é exposto a $UR \leq 50\%$, e seu teor de umidade final facilmente excede 60% (m/m) quando exposto a $UR = 90\%$. O “pó pouco higroscópico” absorve água com $UR > 60\% \sim 80\%$ e, quando exposto a $UR = 90\%$, seu teor de umidade de equilíbrio (EMC) é inferior a 60% (p/p). Para “pó não higroscópico”, o teor de umidade do pó não é afetado em $UR = 90\%$, mas quando $UR > 90\%$, o teor de umidade do pó pode chegar a 20% .

Peng et al. (2023) avaliaram as propriedades higroscópicas de hidrolisados de proteínas de soro de leite e seus efeitos na retenção de água em hambúrgueres suínos durante ciclos repetidos de congelamento e descongelamento. Os resultados mostraram que à medida que o tempo aumentava, a massa da amostra mudava. O peso da umidade absorvida aumentou para todas as amostras testadas durante o primeiro estágio (<400 min), significativamente mais rápido. Na última etapa (>400 min), a taxa de absorção de umidade diminuiu. Após 700 min, o teor de umidade de todas as amostras tendeu gradualmente a se equilibrar e a taxa de absorção de umidade atingiu $17,51 \pm 0,78$ e $10,06 \pm 0,24$ respectivamente. Nota-se que os valores das propriedades higroscópicas neste estudo e no primeiro estágio do trabalho descrito foram semelhantes.

Outra característica importante refere-se à textura (dureza) do pulmão suíno, posterior à secagem a 90 e 160 °C em forno, com valores obtidos de $15,76$ e $14,70$, e para o coração de $29,29$ e $10,90$, ambos com uma textura mais rígida. Wan et al. (2023), em seus experimentos com carne suína (tortas de lombo suíno), assadas por 20 min a 225 °C (10 min para cada lado) em forno eletrônico, analisaram a textura da carne suína (grupo controle) posteriormente à secagem. Dessa maneira, observaram que na análise de textura (dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência) da carne suína assada (grupo controle) sem aditivos, o resultado obtido foi um produto cárneo com maior dureza e mastigabilidade (textura mais dura). Por outro lado, utilizando-se a adição de emulsão em pó diminuiu-se significativamente a dureza, a gomosidade e a mastigabilidade da carne de porco assada. Nesse contexto, a melhor qualidade dos produtos cárneos pode ser obtida pela adição de ingredientes e aditivos que melhorem a estrutura da carne suína.

Liang et al. (2024), nas avaliações dos salgadinhos de carne suína para as análises de textura, relataram que com o aumento do tempo de secagem, os fatores relacionados à textura apresentaram um aumento inicial seguido de uma diminuição, atingindo seu pico de secagem aos 22 min. Observaram também que durante o processo de secagem a migração do teor de umidade levou a formação de cavidades, resultando em estruturas mais porosas e com textura frágil.

Na literatura, Scaman et al. (2014) relataram que devido à secagem prolongada e consequentemente em temperaturas mais altas, a carne suína passa por processo de contração das fibras musculares em maior proporção, resultando numa destruição da microestrutura interna da carne com a destruição dos poros e o aumento da dureza.

Portanto, as secagens com altas temperaturas e com o tempo prolongado podem afetar negativamente na qualidade do produto final, como exemplo, no sabor e bem como no aumento da matéria seca do produto final (GAWAT et al., 2024).

5.4 Obtenção e caracterização do pulmão e do coração suínos por liofilização

Na Figura 18 estão apresentadas as fotografias do pó de pulmão suíno após o processo de liofilização.

Figura 18- Fotografias a) do pó de pulmão suíno após o período de 48h de liofilização; b) coração suíno liofilizado e c) amostras secas após o processo de moagem no moinho de facas.



Fonte: Autoria própria, (2023).

É possível observar, pela Figura 18, que o pulmão de suíno em pó apresentou características visuais atrativas, uma vez que a cor do produto se manteve vermelha, e o pó bastante fluido após a moagem.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de umidade, da cor instrumental e da higroscopicidade do pulmão e do coração seco por liofilização.

Tabela 5- Caracterização físico-química do pulmão e do coração suíno liofilizados.

Víscera	Análise	Resultado
Pulmão	Umidade	$1,63 \pm 0,09$
	Atividade de água	$0,131 \pm 0,002$
	Cor	L* $20,65 \pm 0,96$
		a* $6,94 \pm 0,18$
		b* $8,20 \pm 0,13$
	Higroscopicidade	$16,67 \pm 1,20$
Coração	Umidade	$2,33 \pm 0,09$
	Atividade de água	$0,143 \pm 0,004$
	Cor	L* $21,90 \pm 1,42$
		a* $12,66 \pm 1,04$
		b* $9,07 \pm 0,33$
	Higroscopicidade	$13,36 \pm 0,004$

Os valores são médios $\pm$ desvio padrão das análises em triplicatas.

Nesta parte do estudo, tem-se a caracterização físico-química do pulmão suíno e do coração suíno em pó liofilizado. Os resultados dos teores de umidade obtidos foram 1,63 para o pulmão e 2,33 para o coração. As amostras liofilizadas nos parâmetros de teor de umidade estão em níveis bem menores em relação aos outros processos de secagem. King; Chen (1998) analisaram a carne suína liofilizada e obtiveram valor de umidade de 3,42%, sendo um valor superior quando comparado aos resultados obtidos no presente estudo.

Na avaliação da atividade de água o resultado para o pulmão suíno foi 0,131 e o coração suíno 0,143, ou seja, os subprodutos cárneos apresentaram um baixo nível de Aw das amostras liofilizadas. Kumar et al. (2021), nos estudos sobre a *bioacessibilidade in vitro* e caracterização de pó hidrolisado de carne de frango preparado por técnicas de spray e liofilização, observaram que após a secagem da pasta de carne por meio da liofilização o resultado para a atividade de água foi de 0,425 nas amostras secas.

Em relação aos parâmetros de cor instrumental os valores obtidos para o pulmão suíno foram L* 20,65; a* 6,94; b* 8,20 e para o coração suíno L* 21,90; a* 12,66; b* 9,07. Observou-se que a luminosidade é semelhante em ambas as amostras, sendo ambos subprodutos mais claros. Apesar de serem materiais diferentes, em comparação com as amostras de pulmão e coração suíno *in natura*, as matérias-primas liofilizadas apresentaram baixa luminosidade (pulmão) e alta

luminosidade (coração). Ou seja, nível de luminosidade reduzido para as amostras de pulmão “mais escuro”, e nível elevado de luminosidade para as amostras de coração “mais claras”. O que é natural porque, como visto, a umidade foi substancialmente reduzida, e por isso a cor do produto final é ligeiramente mais escura (ADAMSKI, et al. 2019).

Para o parâmetro a^* (medida no eixo verde-vermelho), os resultados foram, para o pulmão suíno 6,94, e para o coração 12,66, portanto o pulmão apresenta-se menos vermelho (SUINOCULTURA, 2016). Para o parâmetro b^* (medida no eixo amarelo-azul) os resultados foram, para o pulmão 8,20 e para o coração 9,07, tendência ao amarelo. O processo de secagem por meio da liofilização foi mais interessante como técnica de desidratação preferível em comparação à secagem convectiva por ser a que causa menos descoloração à carne.

Em continuidade aos estudos temos os teores de higroscopicidade para as amostras liofilizadas que foram de 16,67 para o pulmão suíno, e de 13,36 para o coração suíno, assim sendo matérias-primas com alto nível de higroscopicidade. De acordo com Kumar et al. (2021), os autores observaram em seus estudos que os pós de carne de frango eram altamente higroscópicos e poderiam ter absorvido umidade do ambiente (KUMAR et al., 2021). A higroscopicidade é um parâmetro que indica a capacidade que os pós possuem de adsorver umidade (CARLOS; RESENDE; CAL VIDAL, 2005), a qual é influenciada por muitas propriedades químicas do material, incluindo também sua umidade.

Gea (2003) classificou pós como não higroscópicos quando o valor fosse inferior a 10%, ligeiramente higroscópicos quando os valores estavam entre 10,1 e 15%, higroscópicos para valores entre 15,1 e 20%, muito higroscópicos para valores entre 20,1 e 25%, e extremamente higroscópicos para pós com valores superiores a 25%. Assim, utilizando-se dessa classificação, as amostras de pulmão e de coração suíno em pó são classificadas como higroscópicas.

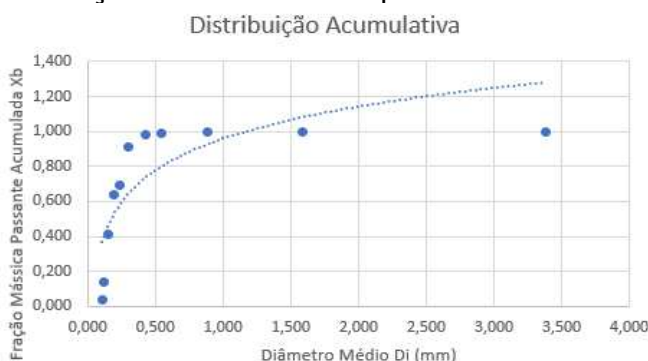
No trabalho de Teng et al. (2020), os autores observaram que frango em pó com maltodextrina e seco por micro-ondas apresentou valores de higroscopicidade de 16,54% e o frango em pó seco por *spray drying* também com maltodextrina, apresentou um valor de higroscopicidade de 22%. É importante destacar que a maltodextrina pode ser um coadjuvante para que o produto fique menos higroscópico. Produtos muito higroscópicos podem ser susceptíveis à deterioração uma vez que a adsorção de umidade pode resultar em alterações físicas e químicas

(como aglomeração, empedramento de pós, e crescimento de microrganismos) que consequentemente serão prejudiciais à qualidade do produto. Esse valor também é importante para a determinação do material adequado para o desenvolvimento da embalagem cujo produto será acondicionado e das condições de armazenamento. Produtos muito higroscópicos precisam de embalagens produzidas com materiais que tenham menor permeabilidade ao vapor d'água.

5.5 Granulometria do pó de pulmão liofilizado

A distribuição do tamanho das micropartículas visa a caracterização do tamanho médio das partículas de um produto. O diâmetro de Sauter foi calculado com o resultado apresentado na Figura 19.

Figura 19- Distribuição Acumulativa do pulmão de suíno em pó.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Na Figura 19 observa-se que o diâmetro de Sauter calculado foi de 0,158 mm para o material, no qual é um pó de tamanho da partícula reduzida. Ou seja, a fração mássica passante acumulada (X_b), relata sobre a fração de material que possui o menor diâmetro. Dessa maneira, ao relacionar (X_b) e (D_i) pode-se afirmar que as partículas possuem diâmetro inferior a 3,380 mm. Chaguri (2019) apresentou uma classificação em que partículas com tamanho entre 0,001 mm até 0,5 mm são classificadas como pó, enquanto partículas com tamanho entre 0,5 e 10 mm são classificadas como sólidos granulares. Portanto, os pulmões de suínos obtidos nesse trabalho caracterizam-se como pós.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A desidratação do coração e do pulmão suíno foi realizada pelos métodos de secagem, tais como, estufa convencional, liofilizador e *air fryer*, sendo que a metodologia de preparo das amostras com a toaleta e posterior moagem demonstrou-se viável para a obtenção da matéria-prima mais homogenia e consequentemente pastosa. Desse modo, foi possível o espalhamento da matéria-prima em placas de mylar com 02 mm de espessura, para a realização dos processos de desidratação em estufa convencional, *air fryer* e liofilizador. Portanto, os resultados apresentados neste trabalho afirmam o potencial de aplicabilidade das metodologias de desidratação do coração e do pulmão suíno. Visto que, foi possível obter um coproduto em pó concentrado com elevados teores de proteínas.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Caracterização do coração e do pulmão suíno desidratado por *air fryer*, *cast-tape*, estufa convencional e liofilizador quanto a determinação das isotermas de sorção de umidade da matéria-prima (vísceras).
- Análise sensorial do coração e do pulmão suíno desidratado, com o intuito de avaliar a sua aplicabilidade como suplemento alimentar para *petfood*.
- Secagem do coração e do pulmão suíno por outros métodos de desidratação, tais como, micro-ondas e *spray drying*, assim sendo, possível a comparação dos métodos de secagem.

REFERÊNCIAS

ADAMSKI, R. et al. Drying of biomaterials of animal origin with superheated steam. **Seminar on Practical Aspects of Chemical Engineering**, p. 10-16, 2019. DOI: [10.1007/978-3-030-39867-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39867-5_2)

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 22 th Edition, Gaithersburg, 2012.

ABINPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. **Manual Pet Food Brasil 10ª edição**. 2019. Disponível em: < <https://abinpet.org.br/manual-pet-food-brasil-10-edicao/2019> > Acesso em jun. 2022.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Exportações de carne suína crescem em 2016**. 2017. Disponível em: < <http://abpabr.com.br/noticia/artigos/todas/exportacoes-de-carne-suina-crescem32-em-2016-1936> > Acesso em 20 dez. 2022.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2024**. 2024. Disponível: < <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/> > Acesso em jun. 2024.

ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. **Anuário ABRA setor de reciclagem animal 2020**. 2021. Disponível em: < <https://abra.ind.br/abra-lanca-nova-edicao-do-anuario-do-setor-de-reciclagem-animal/> > Acesso em jul. 2022.

AAFCO. Association of American Feed Control Officials. **Safe Pet Food**. 2022. Disponível em: < <https://talkspetfood.aaeco.org/safepetfood> >. Acesso em: 07 fev. 2022.

ALONSO, V.; DEL MAR CAMPO, M.; ESPANÖL, S.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. **Meat Sci.**, 81 (2009), pp. 209-217.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. 6 ed. v.1, São Paulo: Nobel, 1999.

ARSHADULLAH, M. et al. Growth of chenopodium quiona wild under naturally salt affected soils. **Malaysian J.Sustain, Agricult**. 1 v.1, p. 01–03, 2017.

AVERSA, M.; et al. An analysis of the transport phenomena occurring during food drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 922-932, 2007.

AZMI, M. M. Z.; AHMEDOV, A.; TAIP, F.S., AUTHOR FULL NAMES: Azmi, Mazidah Mior Zakuan (57201406310); Ahmedov, Anvarjon (26322965400); Taip, Farah Saleena (26538995700) 57201406310; 26322965400; 26538995700. Experimental studies and mathematical modeling on the effects of rapid airflow and baking temperature during baking (2020). **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 32 (6), pp. 469 - 478, DOI: [10.9755/ejfa.2020.v32.i6.2117](https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i6.2117).

BECKER, A.; BOULAABA, A.; PINGEN, S. ROHNER, A.; KLEIN, G. Low temperature, long time treatment of porcine M. longissimus thoracis et lumborum in a

combi steamer under commercial conditions. **Meat Science**, v. 110, dez 2015, p. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.024> .

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Anexo III – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de linguiça. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 05 de março de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. São Paulo: ANFAR/CBNA/SDR, 2005.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray dried *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>

CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelos de açúcares constituintes de frutas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, p. 163-173, 2005.

CARMICHAEL, A.K. et al. Organ mass and composition in growing dairy goat wethers fed different levels of poultry fat and protein. **Small Ruminant Research**, v.104, n.1-3, p.104–113, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.046>

CELESTINO, S.M. C. Princípios de secagem de alimentos. Documentos 276. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2010.

CHEN, Y. Optimization of vacuum freeze-drying Technologies of longan fruits. Transact. **Chinese Soc. Agric. Eng.** v.24, n.9, p. 244-248, 2008.

CHENG, J.; SUN, J.; YAO, K.; XU, M.; TIAN, Y.; DAI, C. A decision fusion method based on hyperspectral imaging and electronic nose techniques for moisture content prediction in frozen-thawed pork. **Food Science and Technology**, v. 165, (2022), 113778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113778>

CHENG, J. et al. A decision fusion method based on hyperspectral imaging and electronic nose techniques for moisture content prediction in frozen-thawed pork. **LWT – Food Science and Technology**, v. 165, p.113778, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113778>

CLEMENTE, G. et al. Drying modelling of defrosted pork meat under forced convection conditions. **Meat Science**, v. 88, p. 374-378, 2011. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.01.012](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.012)

DACANAL, G. C., MENEGALLI, F. C. Selection of operational parameters for the production of instant soy protein isolate by pulsed bed agglomeration. **Power Technology**, 203, 3, p. 565-573, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.06.023>

DAYA, B.; PANT, K., 2017. Biomonitoring of Wetland Using Macrophytes and Macroinvertebrates. **Malaysian Journal of Sustainable Agriculture**, v.1, n.1, p. 11–14, 2017.

DENG, L. Z. et al. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v.59, n.9, p. 1408–1432, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1409192>

DEVATKAL, S. et al. Physicochemical, functional and microbiological quality of buffalo liver. **Meat Science**, v.68, p.79–86, 2004.

Editora Guanabara Koogan, 2002. - GUYTON, A.C. e Hall J.E.— **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Qualidade da carne suína**. 2022. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-suina> >. Acesso em: 02 fev. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Estratégias Nutricionais: para melhoria da qualidade da carne suína**. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1116215/a-qualidade-como-um-dos-fatores-determinantes-da-demanda-por-produtos-suinos-no-brasil> >. Acesso em: 17 abr. 2023.

ERICKSON A.K.; FUHRMAN M.; MIKEL W.B. Microbiological evaluation of pork offal products collected from processing facilities in a major United States pork-producing region. **Journal of Swine Health and Production**, v. 27, n. 1, p. 34-38, 2019.

FAO. The State of Food and Agriculture: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction. **The State of the World**, 2021.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia de Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. Ed. Artmed, 2ª Edição, p. 602, Porto Alegre- RS, 2006.

GAO, W. et al. The first multiplication atom-bond connectivity index of molecular structures in drugs. **Saudi Pharmaceut**, J. v.25, n.4, p.548-555, 2017.

GAWAT, M.; BOLAND, M.; CHEN, J.; SINGH, J.; KAUR, L. Effects of microwave processing in comparison to sous vide cooking on meat quality, protein structural changes, and in vitro digestibility. **Food Chemistry**, 434 (2024), 10.1016/j.foodchem.2023.137442.

GERSDORFF, G. J. E. et al. Impact of drying temperature and salt pre-treatments on drying behavior and instrumental color and investigations on spectral product monitoring during drying of beef slices. **Meat Science**, v. 178, p.108525, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108525>

GETTY, R. Sisson/Grossman. Anatomia dos animais domésticos, 5ª edição, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1986, 2000p.

GOMES, L.P. et al. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suínícolas. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. v.19 n.2, p.143-154, 2014.

GUINÉ, R. The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties. **International Journal of Food Engineering**, v. 2, n. 4, p. 93-100, 2018.

HU, X. et al. Optimization of Microwave-Assisted Fluidized Bed Drying of Carrot Slices. **Drying Technology**, v. 35, p. 1234- 1248, 2016.

HUAN, Y. J. et al. Changes in flavor compounds of dry-cured Chinese Jinhua ham during processing. **Meat Science**, v.12, n.71, p. 291–299, 2005.

HUNGERFORD, J. M. Fish and other marine products. In: Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, cap. 35, p. 1-30, 1995.

JEONG, H.G; JO, K.; LEE, S.; YONG, H. I.; CHOI, Y.; JUNG, S. Characteristics of pork emulsion gel manufactured with hot-boned pork and winter mushroom powder without phosphate. **Meat Science**, v. 197, 2023, 109070. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109070>

JUAN, W.; YUANZHI, L. Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying, freeze-drying and air-drying. **Food Chem**, v.11, n.1, p.1- 6, 2012.

JUDGE, E. P. et al. Anatomy and bronchoscopy of the porcine lung: A model for translational respiratory medicine. **American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology**, v. 51, n. 3, p. 334–343, 2014.

JUKNIENÉ, I. et al. Effect of Lyophilization Process on Nutritional Value of Meat By-Products, v. 12, n. 24, p. 12984, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app122412984>

KING, V. E.; CHEN, J.-F. Oxidation of Controlled Low-temperature Vacuum Dehydrated and Freeze-dried Beef and Pork. **Meat Science**, v.48, n.1, p. 11-19, 1998.

KONIG, H.E.; LIEBICH, H.G. Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido, 5ª edição, Editora Artmed, Porto Alegre, 2016, p. 464-466.

KOTWALIWALE, N.; BAKANE, P.; VERMA, A. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. **Journal Food Eng.** v.7, n.8, p.1207–1211, 2007.

LAFARGA, T.; HAYES, M. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: Generation, functionality and application as functional ingredients. **Meat Science**. v.98, n.2, p.227– 239, 2014.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept;(B) practical implementations. **Bioresource technology**, v. 87, n. 2, p. 167-198, 2003.

LEE, A. H. et al. Dietary Supplementation with Fiber, “biotics,” and Spray-dried Plasma Affects Apparent Total Tract Macronutrient Digestibility and the Fecal Characteristics, Fecal Microbiota, and Immune Function of Adult Dogs. **Journal of Animal Science**. v.100, n.3, 2022.

LEE, C. C. et al. Different types of fryers for the food industry. **High-Temperature Processing of Food Products**, v.01, p. 327–335, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818618-3.00003-3>

LEWICKI, P.P. et al. **Encyclopedia of meat science**. 2 ed., v. 1, p. 471-479, 2014.

LIANG, X.; ZHAO, Z.; ZANG, J.; KONG, B.; LI, X.; CAO, C.; ZHANG, H.; LIU, Q.; SHEN, L. Effect of microwave vacuum drying time on the quality profiles, microstructures and in vitro digestibility of pork chip snacks. **Meat Science**, v. 216, (2024), 109555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109555>

LIU, Y. F.; ZHOU, G. L.; LI, X. Research on energy consumption in actual production of vacuum freeze-dried garlic slice. *Transact. Chinese Soc. Agricult, Eng.*, v.30, n.10, p. 242-247, 2014.

LIU, Z.S.; ZHENG, W.Q.; SHEN, C.J.; YANG, H.L.; HE, M.X.; ZHANG, Y.Z.; ZHAO, Z.F. Effect of different drying methods on the physical properties of pork jerky. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 30 (2022), 10.1016/j.ijgfs.2022.100619.

LONG, J. M.; MOHAN, A. Development of meat powder from beef byproduct as value-added food ingredient. **LWT**, v. 146, p. 111460, 2021.

LÓPEZ, R. C.; MBA, O. I.; SALAZAR, J. A. G.; GARCÍA, A. C.; NGADI, M.O.; MORALES, M. E. S., Evaluation of chicken nuggets during air frying and deep-fat frying at different temperatures, **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Volume 31, 2023, 100631, ISSN 1878-450X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100631>.

MAPA. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, 1998. **Portaria nº 210**. Diário Oficial da União, p. 226-226, 1998. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/portaria210199810.pdf> > Acesso em: 07 fev. 2022.

MAPA. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, Brasília, 2017. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**, p. 39-43. 2017.

MAPA. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, 2021. **Abate de suínos no 2º trimestre de 2021 é o maior desde 1997**. Disponível em: < <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/09/abate-de-suinos-no-2o-trimestre-de-2021-e-o-maior-desde-1997> > Acesso em: 02 fev. 2022.

MAPA. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento, 2022. **Portaria SDA Nº 515, de 1º de fevereiro de 2022**. Disponível em: <

<https://alimentusconsultoria.com.br/portaria-sda-no-515-de-1o-de-fevereiro-de-2022-mapa/>> Acesso em: 09 mai. 2023.

MARTE CIENTÍFICA. Estufa para esterilização e secagem com circulação de ar. Disponível em: < <http://www.marte.com.br/equipamentos-laboratorio/estufa-esterilizacao-secagem-circulacao-ar> >. Acesso em: 26 jan. 2022.

MASKAN, M. Microwave/air and microwave finish drying of banana. **Journal of food engineering**, v. 44, n. 2, p. 71-78, 2000.

MAYSONNAVE, G.S. et al. Physicochemical characterization of by-products from beef cattle slaughter and economic feasibility of commercialization. **Animal Sciences**, v.42, p.46545, 2020.

MIELE, M.; WAQUIL, P. D. Estrutura e dinâmica dos contratos na suinocultura de Santa Catarina: um estudo de casos múltiplos. *Estud. Econ. São Paulo*, v. 37, n. 4, p. 817-847, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612007000400005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 fev. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-41612007000400005>

MONTEIRO, R.L.; CARCIOFI, B.A.M.; LAURINDO, J.B. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas. **Journal of Food Engineering**, 178 (2016), pp. 1-11, 10.1016/j.jfoodeng.2015.12.024.

MORALES-TÉLLEZ, J. A.; MIRANDA, J.R.; GARAY, R. A., Review of the influence of hot air frying on food quality, *Measurement: Food*, Volume 14, 2024,100153, ISSN 2772-2759. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2024.100153>.

MULLEN, A. M. et al. Alternative uses for co-products: Harnessing the potential of valuable compounds from meat processing chains. **Meat Science**, v. 132, p. 90–98, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.243>

MUJUMDAR, A. S. Principles, Classification and Selection of Dryers. **Handbook of Industrial Drying**, cap 1, 3 ed., p. 1-32, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420017618.pt1>

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. p.1, 2014. Disponível em: <http://www.meatscience.org/pubs/factsheets/porkqualtargets.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2023.

OCKERMAN et al. Subprodutos comestíveis. **Lawrie's Meat Science**. 8 ed., Elsevier, p. 679-696, Reino Unido: 2017.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.1, p.1-7, 2012.

ORTUNÕ, J.; MATEO, L.; RODRÍGUEZ-ESTRADA, M.T.; BAÑÓN, S. Efeitos dos métodos sous vide versus grelhados na cor da carne de cordeiro e na estabilidade

lipídica durante o cozimento e exposição aquecida. **Meat Science**, 171 (2021), 108287, 10.1016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.024>

OSTER, E. Forno e fritadeira sem óleo Oster 42L French Door 2 em 1 – 127V. Disponível em: https://www.oster.com.br/forno-e-fritadeira-sem-oleo-oster-42l-french-door-2-em-1/p?idsku=12759&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1K-zBhBIEiwAWeCOF37nAPxqGxP35EWwQbK_zHxjGbRbxXXtNdUq4XnVb-3loDg6UKEFLBoCfhUQAvD_BwE. Acesso em: 14 jun. 2024.

PAULA, M. M. O et al. Extraction of proteins from aqueous and salt solutions of porcine edible byproducts using the pH-shifting technique. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 100486, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100486>

PARÉS, D.; TÓLDRA, M.; CAMPS, E.; GELI, J.; SAGUER, E.; CARRETERO, C. RSM optimization for the recovery of technofunctional protein extracts from porcine hearts. **Foods** (Basel, Switzerland), 9 (12) (2020), p. 1733, 10.3390/foods9121733.

PENG, X.; LIU, C.; WANG, B.; KONG, L.; WEN, R.; ZHANG, H.; YU, X.; BAI, Y.; JANG, A. Hygroscopic properties of whey protein hydrolysates and their effects on water retention in pork patties during repeated freeze–thaw cycles. **LWT - Food Science and Technology**, v. 184, (2023), 114984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114984>

PRABHAKAR, K.; MALLIKA, E.N. Dried Foods. **Encyclopedia of Food Microbiology**. Edição 2, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/dried-food>>. Acesso em: 11 jul 2024.

PIRES, D. R. et al. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 34- 46, 2014.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciência de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, p.581, 1994.

REBOUÇAS, M. C. et al. Caracterização do concentrado proteico de peixe obtido a partir dos resíduos da filetagem da tilápia do Nilo. Seminário: **Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.697-704, 2012.

REIG, M.; ARISTOY, M. C.; TOLDRA, F. Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. **Food Chemistry**, v. 140, n. 3, p. 478-482, 2013. DOI: [10.1016/j.foodchem.2012.11.085](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.085)

RUIZ-ASCACIBAR, I.; STOLLI, P.; BEE, G. Effects of dietary CP and amino acid restriction on the growth dynamics of organs and body components in entire male, castrated and female pigs. **Animal**, v.13, p.2223–2231, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119000132>

SANI, N.A; TAIP, F. S.; KAMAL, S.M.M; AZIZ, N.A. (2014). Effects of temperature and airflow on volume development during baking and its influence on quality of cake. **J Eng Sci Technol** 9:303–313.

SASAHARA, T. H. C. Sistema Cardiovascular Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7235520/mod_resource/content/1/Aula_I_II_Cora%C3%A7%C3%A3o_Sistema_Circul%C3%A1torio.pdf >. Acesso em: 14 fev. 2024.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características da carne suína. Vitória: UFES, 2007. 7 p. (Boletim Técnico, PIE-UFES:00907).

SCAMAN, C.H.; DURANCE, T.D.; DRUMMOND, L.; SUN, D.W. Chapter 23 - Combined microwave vacuum drying. *Emerging Technologies for Food Processing* (Second Edition) (2014), pp. 427-445, 10.1016/B978-0-12-411479-1.00023-1.

SEONG, P.N.; PARK, K.M.; CHO, S.H.; KANG, S.M.; KANG, G.H.; PARK, B.Y.; MOON, S.S.; BA, H.V. Characterization of edible pork by-products by means of yield and nutritional composition. **Korean J Food Sci Anim Resour**, 34 (3) (2014), pp. 297-306, 10.5851/kosfa.2014.34.3.297.

SHARMAN, E.D. et al. Effect of rate of body weight gain of steers during the stocker phase. II. Visceral organ mass and body composition of growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, n.5, p. 2355–2366, 2013.

SHEN, L.Y.; GAO, M.; FENG, S.X.; MA, W.Y.; ZHANG, Y.H.; LIU, C.H.; ZHENG, X.Z. Analysis of heating uniformity considering microwave transmission in stacked bulk of granular materials on a turntable in microwave ovens. **Journal of Food Engineering**, 319 (2022), 10.1016/j.jfoodeng.2021.110903.

SHIRSATH, A. P.; HENCHION, M. M. Bovine and ovine meat co-products valorisation opportunities: A systematic literature review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, p. 57-70, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.015>

SLADE, L.; LEVINE, H.; REID, D. S. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.30, n.2–3, p. 115-360, 2009. DOI: [10.1080/10408399109527543](https://doi.org/10.1080/10408399109527543)

STIER. (2014). Air Frying a New Technique for Produce of Healthy Fried Potato Strips. **Journal of Food and Nutrition Sciences**. 2. 200.10.11648/j.jfns.20140204.26. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/270707063_Air_Frying_a_New_Technique_for_Produce_of_Healthy_Fried_Potato_Strips >. Acesso em: 18 jun. 2024.

SUCASAS, L. F. A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado e desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade da cadeia produtiva**. 2011. 166 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2011.

SUINOCULTURA, I. **Avaliação da cor em produtos cárneos**. 2016. Disponível em: < <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/avaliacao-da-cor-em-produtos-carneos/20111005-072712-t843> >. Acesso em: 22 abr. 2023.

SUT, S.; LACEY, K.; DHENGE, R.; FERRARESE, I.; SANTI, S.; CACCHIOLI, A.; GAZZA, F.; DALL'ACQUA, S.; RINALDI, M. Effect of different atmospheric and subatmospheric cooking techniques on physical and chemical qualitative properties of pork loin. **Meat Science**, 206, (2023), 109338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109338>

TADINI, C. C. et al. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**; 1 ed., v. 2; Rio de Janeiro; Editora LTC, 2016.

TANG, S. S. Shierde meat product limited company, college of food Science, shenyang agriculture university the study on vacuum freeze drying technology of ham. **Chinese Patent 2012104749829**, p.02-07, 2013.

TENG, X. et al. Effect of microwave vacuum drying with different auxiliary materials on hygroscopicity and flowability of chicken power. **Food and Bioproducts Processing**, v.124, p. 266-277, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.08.019>

TOLDRÁ F., MORA L., REIG M. New insights into meat by-product utilization. **Meat Science**, v.120, p. 54 – 59, 2016.

WOODGATE, S.; VEEN, J.V. The role of fat processing and rendering in the European Union animal production industry, **Journals Biotechnologie**, v.8, n.4, p. 283-294, 2004.

WANG, L.; CHEN, W.; ZHOU, R.; REN, Y.; WANG, K.; JIANG, N.; GAO, R., Physicochemical and sensory properties of a tilapia skin-based ready-to-eat snack prepared by infrared drying and air frying, **Applied Food Research**, Volume 2, Issue 2, 2022, 100155, ISSN 2772-5022, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100155>.

WAN, X.; LI, D.; LU, J.; YAN, Y.; HE, Z.; CHEN, J.; JIAO, Y.; LI, J.; LI, W. The construction of garlic diallyl disulfide nano-emulsions and their effect on the physicochemical properties and heterocyclic aromatic amines formation in roasted pork. **Food Chemistry**, 408, (2023), 135159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135159>