



## PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO PULMÃO SUÍNO DESIDRATADO EM *AIR-FRYER* PARA INGREDIENTE EM *PET FOOD*

M. A. Pereira<sup>1</sup>, A. C. R. da Silva<sup>2</sup>, M. F. Zotarelli<sup>3</sup>, M. de Lima<sup>3</sup>

1- Discente do curso de graduação em Engenharia de Alimentos – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia – CEP: 38702-178 – Patos de Minas – MG – Brasil, Telefone: 55 (34) 3825-8871 – e-mail: ([mariaine675@gmail.com](mailto:mariaine675@gmail.com))

2- Discente do curso de pós-graduação em Engenharia de Alimentos – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia – CEP: 38702-178 – Patos de Minas – MG – Brasil, Telefone: 55 (34) 3825-8871 – e-mail: ([anacs@ufu.br](mailto:anacs@ufu.br))

3 - Docente do curso de graduação e pós-graduação em Engenharia de Alimentos – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia – CEP: 38702-178 – Patos de Minas – MG – Brasil, Telefone: 55 (34) 3825-8871 – e-mail: ([martazotarelli@ufu.br](mailto:martazotarelli@ufu.br))

3 - Docente do curso de graduação e pós-graduação em Engenharia de Alimentos – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia – CEP: 38702-178 – Patos de Minas – MG – Brasil, Telefone: 55 (34) 3825-8871 – e-mail: ([marieli@ufu.br](mailto:marieli@ufu.br))

**RESUMO** – A reciclagem animal desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade na produção. Nesse contexto, buscou-se avaliar a viabilidade da técnica de *air-frying* na desidratação do pulmão suíno para posterior utilização como ingrediente na alimentação de animais de estimação. Para tanto, foram investigadas a influência de duas temperaturas (90 e 150 °C) de secagem convectiva na *air-fryer* sobre as características da víscera. Observou-se que na maior temperatura as amostras se estabilizaram mais rápido (35 min). Após a secagem, umidade e  $a_w$  foram significativamente reduzidas, o material foi considerado ligeiramente higroscópico, classificado como “pó” e a densidade bulk foi de 475,32 Kg/m<sup>3</sup> e 580,24 Kg/m<sup>3</sup> (90 e 150 °C, respectivamente). Em síntese, o método de *air-frying* mostrou ser eficaz para secagem do pulmão suíno, alcançando altas temperaturas e reduzindo o tempo de operação. Assim, o pó obtido por este método tem potencial de aplicação na indústria de alimentos e *pet food*.

**ABSTRACT** – Animal recycling plays a fundamental role in promoting sustainability in production. In this context, we seek to evaluate the options of the air-frying technique in the dehydration of porcine lung for later use as an ingredient in pet food. To this end, the influence of two temperatures (90 and 150 °C) of convective drying in the air-fryer on the characteristics of the viscera was investigated. Note that at the highest temperature, the samples stabilized more quickly. After drying, moisture and  $a_w$  were significantly reduced, the material was considered slightly hygroscopic, classified as “powder” and the bulk density was 475.32 kg/m<sup>3</sup> and 580.24 kg/m<sup>3</sup> (90 and 150 °C, respectively). In summary, the air-frying method proved to be effective for drying of porcine lung, reaching elevated temperatures, and reducing operating time. Thus, the powder obtained by this method has potential for application in the food industry and pet food.

**PALAVRAS-CHAVE:** convecção; reciclagem animal; vísceras suínas; tratamento térmico

**KEYWORDS:** convection; animal recycling; swine viscera; heat treatment



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, registrou-se um significativo crescimento na produção de carne suína no Brasil. Dados mostram que em 2023 o país produziu 5,1 milhões de toneladas de carne suína (ABPA, 2024). Em um contexto global, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, FAO (2023) relatou que a produção mundial de carne suína totalizou cerca de 115 milhões de toneladas em 2022, provenientes do abate de porcos e leitões.

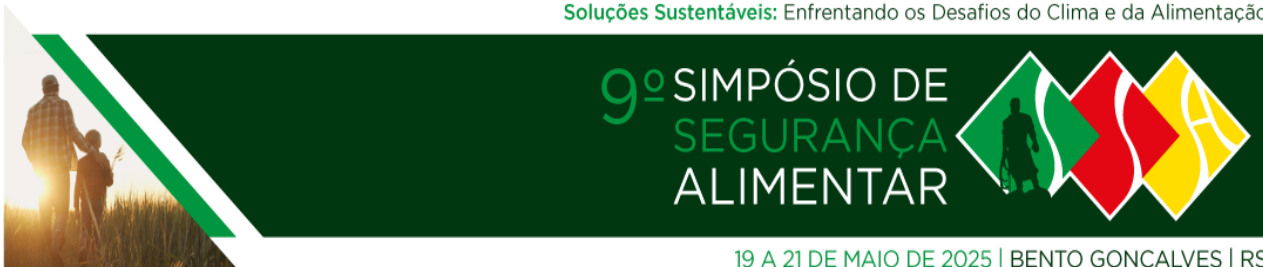
Os produtos secundários originados dessa cadeia produtiva compreendem principalmente sangue, ossos, tecidos conjuntivos, tendões e vísceras (Etxabide *et al.*, 2017). Esses derivados merecem destaque, uma vez que, em paralelo a uma grande produção de carne há a grande geração de subprodutos. E, em muito dos casos, esses subprodutos não são bem aproveitados. Por exemplo, no Brasil, não é tão comum o consumo das vísceras suínas, sendo essas subutilizadas. A exemplo disso tem-se o pulmão suíno, que possui relevância econômica e nutricional e é responsável por cerca de 0,89% de rendimento em relação à carcaça fria (Arouca *et al.*, 2015).

Ao ponderar a busca por alternativas sustentáveis na indústria alimentícia, é fundamental explorar novas abordagens tecnológicas para a otimização de processos (Ribeiro *et al.*, 2017). Considerando a escassez de estudos na literatura sobre a secagem de pulmão suíno, é relevante ressaltar que há uma lacuna significativa no conhecimento científico acerca dessa prática, especialmente por técnicas alternativas como a utilização da *air-fryer*. Nesse contexto, o método *air-frying* emerge como uma promissora técnica de secagem de subprodutos da suinocultura, como o pulmão suíno. A capacidade da *air-fryer* de desidratar alimentos de forma eficiente e com menor consumo energético (Rani *et al.*, 2023) abre novas possibilidades para o aproveitamento desses recursos subutilizados na produção de *pet food*.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo explorar o impacto da desidratação por *air-fryer* sobre as características físico-químicas do pulmão suíno *in natura* e em pó.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os pulmões suínos foram adquiridos em um frigorífico local no município de Patos de Minas – MG e encaminhados para os laboratórios didáticos do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia. Logo após o recebimento das vísceras, as peças passaram por toalete, foram moídas em um moedor de carnes e acondicionadas em embalagens plásticas. O armazenamento do material foi realizado em *ultra freezer*, a uma temperatura média de -59 °C.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

A primeira etapa do estudo consistiu em avaliar as propriedades do pulmão descongelado. A atividade de água foi determinada através de leitura direta. A cor instrumental do pulmão fresco foi analisada através de um calorímetro digital com escala CIELab (utilizando os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Ainda nessa etapa, foi avaliada a umidade das amostras (AOAC, 2012).

A segunda etapa do estudo compreendeu o processo de desidratação pelo método *Air-frying*, realizada em um equipamento Forno e Fritadeira Sem Óleo (Marca Oster, modelo TSSTTVFDMAF-017). Utilizou-se a função “fritar sem óleo” em duas temperaturas 90 °C (temperatura mínima do equipamento) e 150 °C (em testes prévios, a amostra ainda se mostrou com aparência e odor aceitáveis). Para tal, o pulmão moído descongelado foi distribuído sobre uma placa de *mylar*® e nivelado a uma espessura de 3 mm. A cinética de secagem foi conduzida em ambas as condições até a massa constante das amostras.

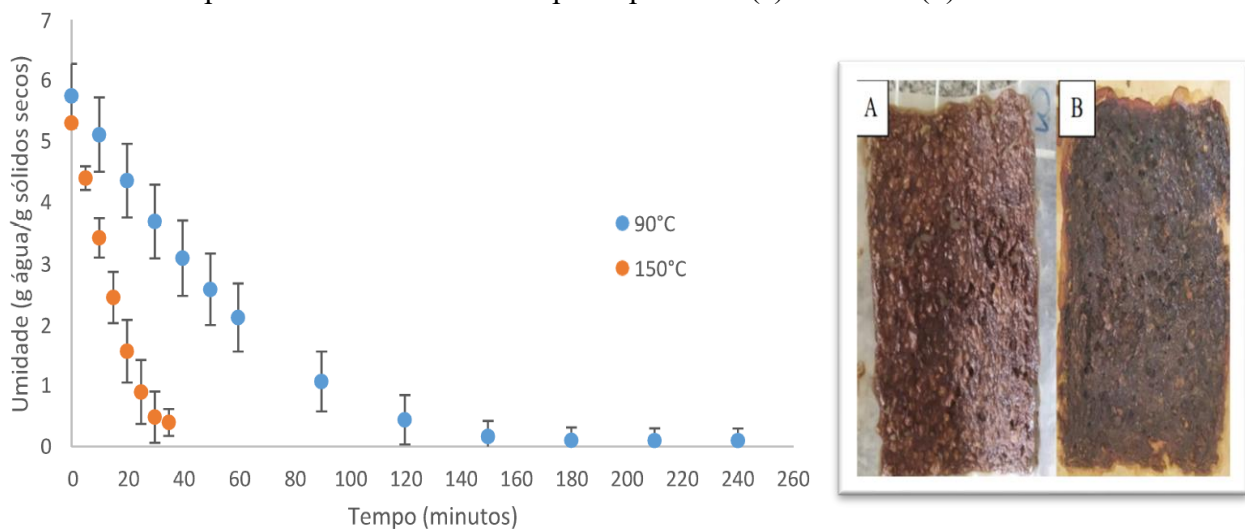
Em seguida, foi realizada a caracterização do pulmão seco. Foi avaliada a higroscopicidade da víscera e densidade Bulk pelos métodos descritos por Cai e Corke (2000), adaptado; atividade de água e análise granulométrica para determinar o diâmetro médio de Sauter. Novamente, as análises de umidade e cor instrumental foram realizadas. Para esta última, foi calculado o fator  $\Delta E$  (Mudança global de cor). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Cinética de secagem

Os dados da Figura 1 mostram a evolução da perda de água nas amostras de pulmão moído desidratado nas temperaturas de 90 °C e 150 °C, e em espessura inicial de 3 mm.

Figura 1. Cinética de secagem do pulmão suíno em *air-fryer* nas temperaturas de 90 e 150 °C e aspecto visual das amostras após o processo (a) a 90 °C e (b) a 150 °C





19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Observou-se que na maior temperatura as amostras se estabilizaram mais rápido, em 35 minutos, com umidade de 0,3958 g água/g sólido (29,36% em b. u.), enquanto na temperatura menor de 90 °C a estabilidade ocorreu por volta dos 150 minutos com umidade de 0,1683 g água/g sólido (14,40% em b. u.). Murzaini *et. al.* (2020) secaram abóbora em *air-fryer* a 80°C e levou 120 minutos para alcançar o equilíbrio. Sendo assim, a *air-fryer* se mostra um equipamento versátil para a secagem de diversos produtos em tempos comparáveis e até inferiores a outros métodos.

### 3.2 Propriedades do pulmão descongelado e desidratado

Conforme esperado, todas as características do pulmão cru descongelado apresentaram redução com a secagem (Tabela 1). Após o processo de *air-fryer*, as amostras apresentaram baixa umidade (1,89% após 240 min. a 90 °C; 0,90% após 35 min. a 150 °C) (Tabela 1). Isto pode ser explicado pela temperatura de operação do forno *air-fryer*, visto que maiores temperaturas promovem maior transferência de massa, e por consequência, maior perda de água em um tempo reduzido. Alimentos com baixa umidade tendem a ser mais estáveis, no entanto, é importante também avaliar a higroscopicidade desse material. Segundo a ABINPET (2024) a umidade máxima permitida para alimentos secos para pets é 12%, assim, ambos os valores determinados estão dentro do estabelecido, visando a aplicação deste ingrediente direcionado para esse setor.

Tabela 1. Propriedades avaliadas antes e após a secagem do pulmão suíno a 90 °C e a 150 °C.

Propriedades físico-químicas		Cru descongelado	90 °C	150 °C
Umidade em base úmida	%	84,15 ± 0,05	1,89±0,66	0,90±0,25
Umidade em base seca	(g água/g sólido seco)	5,30± 0,05	0,0192±0,6	0,009±0,25
Higroscopicidade	%	n.a.	12,96±0,78	12,37±0,03
Densidade bulk	(Kg/m <sup>3</sup> )	n.a.	475,32	580,24
Atividade de água	-	0,98±0,005	0,302±0,01	0,323 ±0,01
Cor instrumental	L*	31,83 ± 0,04	14,96±1,43	14,11±0,44
	a*	26,72 ± 0,05	3,76±0,08	3,65±0,24
	b*	16,69 ± 0,02	7,28±0,55	9,82 ±1,05
	ΔE	n.a.	30,00	29,89

n.a. = não se aplica.

Referente à atividade de água (Tabela 1), o manual desenvolvido pela ABINPET (2024) orienta que os valores máximos para ingredientes secos utilizados para alimentação *pet* é, usualmente, 0,72. Houve uma redução de 0,98 para 0,302 e 0,323, respectivamente. Dessa forma, os valores obtidos no presente estudo estão em conformidade com o estabelecido para este setor, promovendo maior estabilidade e segurança microbiológica.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Analisando os valores dos parâmetros colorimétricos das amostras secas em ambas as temperaturas, é possível observar que o processo de secagem em si promoveu o escurecimento e perda nas tonalidades vermelho e amarelo das amostras. No entanto, percebe-se que o aumento de temperatura aplicado não interferiu consideravelmente nos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , o que pode sugerir que, apesar de ter sido utilizada uma alta temperatura, como o processo foi rápido (35 minutos) não promoveu mais alterações do que em temperatura mais baixa (Tabela 1).

Esse achado pode ser um fator positivo para se estabelecer um parâmetro de processo. No entanto, ao realizar a comparação da cor do pulmão *in natura* descongelado e após os processos de secagem, realizada por meio do cálculo da mudança global de cor ( $\Delta E$ ), observou-se os valores de 30,00 (para a secagem a 90 °C) e 29,89 (para a secagem a 150 °C). Os valores encontrados estavam bem próximos entre si, o que sugere que ambas as condições de processo promoveram impacto similar na coloração das amostras.

Quanto à higroscopicidade (Tabela 1), de acordo com a classificação de GEA Niro Research Laboratory (2003), ambas amostras de pulmão suíno seco se enquadraram como ligeiramente higroscópicas. Na densidade bulk (Tabela 1), o valor encontrado foi de 475,32 Kg/m<sup>3</sup> (secagem a 90 °C) e 580,24 Kg/m<sup>3</sup> (secagem a 150 °C). Enquanto o diâmetro médio de Sauter encontrado foi de 0,17 mm para a secagem a 90 °C e 0,16 mm para a secagem a 150 °C. Dessa forma, as amostras analisadas se enquadraram na classificação de pó, com diâmetros inferiores a 0,5 mm.

#### 4. CONCLUSÃO

A caracterização do pulmão suíno *in natura* apresentou características semelhantes a outros cortes cárneos e permitiu avaliar o impacto da secagem sobre as características do material, especialmente quanto a sua coloração.

A temperatura foi um parâmetro de importância para o processo e inversamente proporcional ao tempo de secagem. O pó obtido apresentou partículas heterogêneas e atendeu aos padrões estabelecidos para o setor de pet food quanto à umidade e atividade de água. No entanto, por ser um material higroscópico, o pó tem tendência a adsorver umidade da atmosfera, o que exige boas condições de armazenamento e embalagem adequada, com baixa permeabilidade ao vapor de água.

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que o método de secagem por *air-frying* é efetivo para secar materiais por convecção, sendo um equipamento que permite a condução de processos de secagem em menor escala e de forma padronizada.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINPET. **Manual Pet Food Brasil**. 11. ed. 2024. Disponível em: [https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2024/01/abinpet\\_mpfb\\_ed11\\_completo.pdf](https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2024/01/abinpet_mpfb_ed11_completo.pdf).

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2024**. São Paulo: [s.n.], 2024.

AOAC, A. OF O. A. C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19. ed. Washington, DC: [s.n.], 2012.

AROUCA, C. L. C.; AIURA, F. S.; MACIEL, M. P.; CHAMONE, J. M. A.; PEREIRA, F. M. **Características de carcaça e peso de órgãos internos de suínos machos castrados na fase de terminação tardia alimentados com cana-de-açúcar**. In: Congresso ABRAVES, 2015, Campinas, SP.

CAI, Y.; CORKE, H. Production and Properties of Spray-Dried Maranthusbetacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1248-1252, 2000.

ETXABIDE, A.; URANGA, J.; GUERRERO, P.; DE LA CABA, K. Development of active gelatin films by means of valorization of food processing waste: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p.192–198, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2022–2031. **Organization for Economic Co-Operation and Development**.

FREITAS, M. P.; SILVA, A. C. R.; SANTANA, R. C.; ZOTARELLI, M. F.; LIMA, M. DE. **Caracterização nutricional e físico-química de pulmão suíno fresco e liofilizado**. In: Anais do 15º SLACAN - Simpósio Latino-Americano de Ciência de Alimentos e Nutrição, 2023, Campinas.

GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods A14 a. *Soeborg, Denmark*. 2003. 103 p.

MURZAINI, N. M. N.; TAIP, F. S.; AB AZIZ N.; ABD RAHMAN, N. A. Effect of pre-treatment in producing pumpkin powder using air fryer and its application in 'bingka' baking. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 2020; v.8(1), 2020.

RANI, L.; KUMAR, M.; KAUSHIK, D.; KAUR, J.; KUMAR, A.; OZ, F.; PROESTOS, C.; OZ, E. A review on the frying process: Methods, models and their mechanism and application in the food industry. **Food Research International**, v. 172, 2023.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 185–198, 2017.

RIVERA, J. A.; SEBRANEK, J. G.; FERRUGEM, R. E.; TABATABAI, L. B. Composição e frações proteicas de diferentes subprodutos cárneos utilizados em alimentos para animais de estimação em comparação com frango separado mecanicamente (MSC). **Ciência da Carne**, v. 55, n. 1, p. 53-59, 2000.