



AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE REDUTORA E ANTIOXIDANTE DE GRÃOS DE LENTILHA (*LENS CULINARIS*) E DE SUAS FRAÇÕES BIOACESSÍVEIS

M.S.M.P. Almeida¹, G.B.R. Marques¹, M.D.L. Silva¹, S.M. Roman¹, A.C.M. Arisi¹, I.M.T. Fedrigo^{1*}

Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina – CEP: 88040-900 – Santa Catarina – SC – Brasil, Telefone: (92) 98614-4148 – e-mail: (monicamariaa21@gmail.com)

RESUMO

Este estudo avaliou a capacidade redutora de Folin-Ciocalteu (CRF) e a atividade antioxidante (AA) de lentilhas cozidas nas frações bioacessíveis, considerando as fases oral, gástrica e intestinal da digestão *in vitro*. Grãos de lentilha *in natura* foram adquiridos da Central de Abastecimento do Estado de Santa Catarina. As lentilhas foram hidratadas, cozidas e extraídas com metanol acidificado. A digestão ocorreu em três etapas, simulando as condições do trato digestivo humano. A CRF e AA foram determinadas utilizando os métodos de Folin-Ciocalteu e ABTS. Os resultados mostraram que tanto a CRF quanto a AA aumentaram significativamente nas fases gástrica e intestinal, com os maiores valores observados na fase intestinal: 880,0 mg GAE/100 g (CRF) e 2.863,0 µmol TEAC/100 g (AA). A fase oral apresentou os menores valores. O extrato metanólico apresentou valores inferiores aos da fase intestinal, indicando que a digestão potencializa a liberação de compostos bioativos. O índice de bioacessibilidade de 396,0%, destaca a lentilha como uma boa fonte de antioxidantes.

PALAVRAS-CHAVE: alimentação; compostos bioativos; bioacessibilidade.

ABSTRACT

This study evaluated the Folin-Ciocalteu reducing capacity (CRF) and antioxidant activity (AA) of cooked lentils in the bioaccessible fractions, considering the oral, gastric and intestinal phases of *in vitro* digestion. Fresh lentil grains were purchased from the Santa Catarina State Supply Center. The lentils were hydrated, cooked and extracted with acidified methanol. Digestion occurred in three stages, simulating the conditions of the human digestive tract. CRF and AA were determined using



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

the Folin-Ciocalteu and ABTS methods. The results showed that both CRF and AA increased significantly in the gastric and intestinal phases, with the highest values observed in the intestinal phase: 880.0 mg GAE/100 g (CRF) and 2,863.0 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$ (AA). The oral phase presented the lowest values. The methanolic extract showed lower values than those of the intestinal phase, indicating that digestion enhances the release of bioactive compounds. The bioaccessibility index of 396.0% highlights lentils as a good source of antioxidants.

KEYWORDS: food; bioactive compounds; bioaccessibility.

1. INTRODUÇÃO

Os grãos de lentilha (*Lens culinaris*) são tipicamente ricos em proteínas, fibras alimentares, carboidratos complexos e micronutrientes essenciais, como ferro, zinco e complexo de vitamina B (Khazaei *et al.*, 2017). Suas sementes também têm alta atividade antioxidante em comparação com outras espécies de leguminosas de grãos, principalmente devido a compostos fenólicos específicos (Grela *et al.*, 2017). Os compostos fenólicos das lentilhas têm despertado interesse crescente devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e potenciais benefícios para a saúde humana (Alexander *et al.*, 2024).

A porção do nutriente ou composto bioativo que é liberada da matriz alimentar durante a digestão gastrointestinal e que se torna disponível para absorção no intestino é conhecida como fração bioacessível (Carbonell-Capella *et al.*, 2014; Parada e Aguilera, 2007). O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade redutora por Folin-Ciocalteu e a atividade antioxidante pelo método ABTS dos grãos de lentilha cozida (GLC) e de suas frações bioacessíveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras e reagentes

As amostras de grãos de lentilha (*Lens culinaris*) foram coletadas do CEASA (Centro de Abastecimento de Santa Catarina), localizado em São José, na Grande Florianópolis. As coletas foram realizadas em duas ocasiões, com intervalo de um mês. Os grãos, adquiridos em embalagens de polietileno de 1 kg, foram transportados ao Laboratório de Biologia Molecular da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram armazenados a 4°C. A α -amilase (30 U/mg), pepsina (400 U/mg), pancreatina (8XUSP), ácido gálico, ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico), Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetra-metilcromano-2-carboxílico), Folin-Ciocalteu e metanol foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St.Louis, Missouri, EUA). O etanol foi adquirido da Neon (Suzano, São Paulo, BRASIL). Todos os reagentes utilizados possuem grau analítico.



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

2.2 Preparo das amostras

Para simular o consumo habitual, os grãos de lentilha (500 g) foram previamente deixados de molho, em água destilada por 1 h antes do cozimento. Posteriormente, os grãos foram drenados e cozidos em 1,5 L de água destilada por 5 min em panela de pressão, contados a partir do início de ebulição. Após o cozimento, as amostras foram armazenadas a -80°C .

2.3 Extração Metanólica

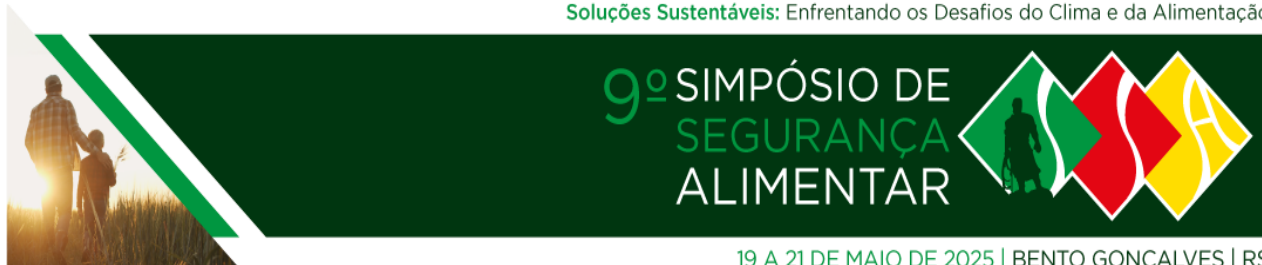
Os grãos de lentilha cozidos (1g), em triplicata, foram submetidos a um processo de extração com 5 mL de metanol acidificado (HCl 1,0 M, 85:15, v/v) seguindo a metodologia de Laparra, Glahn e Miller (2008).

2.4 Digestão *in vitro* e bioacessibilidade

O método de digestão *in vitro* baseado em Minekus *et al.* (2014) simula as condições do trato digestivo humano em três etapas sequenciais: oral, gástrica e intestinal. Na fase oral, 5g de grãos cozidos, em triplicata, foram suspensos em 5mL de solução aquosa (0,75 mM de CaCl_2 e 75 U/mL de α -amilase). O pH foi ajustado para 7,0 (NaOH 1 M) e as amostras foram maceradas em almofariz por 2 min a 37°C para simular a mastigação. Na etapa gástrica, 10 mL de solução aquosa (0,075 mM de CaCl_2 e 2000 U/mL de pepsina) foram adicionadas a fase anterior, o pH foi ajustado para 3,0 (HCl 1 M) e as amostras foram incubadas a 37°C por 2 h em Banho Maria Dubnoff NT233 termostatizado com agitação automática (Novatecnica, Piracicaba- SP). Na etapa intestinal, adicionou-se a fase gástrica uma solução de 20 mL (0,3 mM de CaCl_2 e 800 U/mL de pancreatina), novamente o pH foi ajustado para 7,0 e as amostras foram incubadas por 2 h à 37°C conforme descrito anteriormente. Ao final de cada etapa (oral, gástrica e intestinal) as amostras foram centrifugadas à $10.000 \times g$ por 15 min e os sobrenadantes coletados e armazenados a -80°C para as análises espectrofotométricas

2.5 Capacidade de redução do reagente de Folin-Ciocalteu

O conteúdo fenólico total foi determinado seguindo a metodologia de Singleton & Rossi (1965), utilizando ácido gálico como curva padrão. A leitura de absorbância foi realizada em espectrofotômetro digital Hitachi U-2910 (Hitachi HighTechnologies Corporation, Tokyo, Japan), à 760 nm.



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

2.6 Capacidade antioxidante pelo método ABTS

A determinação da atividade antioxidante pelo método do radical ABTS, seguiu a metodologia descrita por Re *et al.*, (1999), utilizando Trolox como padrão. As absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro Hitachi U-2910, à 754 nm.

2.7 Índice de Bioacessibilidade

O efeito da digestão *in vitro* na composição bioativa dos GLC foi avaliado por meio do índice de bioacessibilidade (IB), calculada conforme a Equação 1 (Ortega *et al.*, 2011):

$$IB = A / B \times 100 \quad (1)$$

Onde A corresponde à concentração dos compostos bioativos ao término da fase intestinal (Granado Lorencio *et al.*, 2007), enquanto B é a concentração dos mesmos compostos antes do processo de digestão *in vitro*, a partir do extrato metanólico (Ortega *et al.*, 2011).

2.8 Análises estatísticas

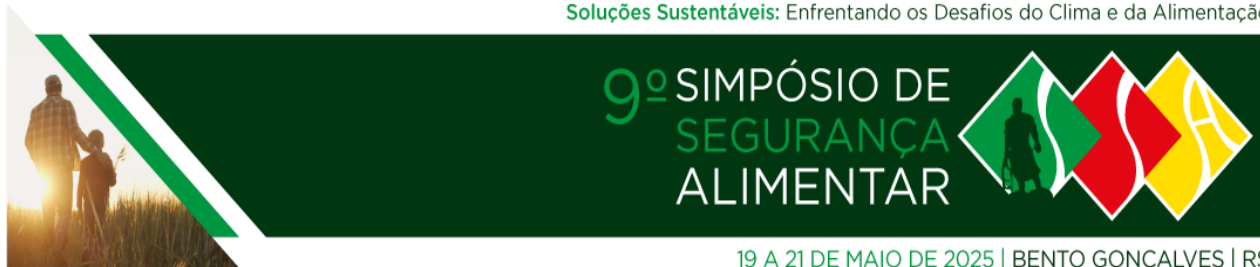
Para avaliar as diferenças entre as amostras antes e após a digestão enzimática *in vitro* os resultados da análise de capacidade redutora e antioxidante foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando o software R (CORE TEAM, 2024). Os resultados foram expressos como média das triplicatas \pm desvio padrão (DP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da capacidade redutora de Folin-Ciocalteu (CRF) e da atividade antioxidante (AA) das frações bioacessíveis obtidas nas fases oral, gástrica e intestinal e do extrato metanólico dos GLC.

Tabela 1 - Capacidade redutora do Folin-Ciocalteu (CRF), atividade antioxidante (AA) pelo método ABTS e índice de bioacessibilidade (IB) de grãos de lentilha cozida antes (extrato) e após cada fase da digestão *in vitro*.

Amostra	Fase da digestão	CRF (mg GAE/100g)	IB (%)	AA (μ mol TEAC/100g)	IB (%)
Lentilha cozida	Oral	139,0 ^a \pm 6,36	247,1	561,0 ^a \pm 38,1	396,0
	Gástrica	308,0 ^b \pm 20,65		730,0 ^b \pm 26,5	
	Intestinal	880,0 ^c \pm 50,29		2863,0 ^c \pm 57,6	



Extrato Metanólico 356,0^b±10,08

723,0^b±30,2

Os valores são a média das triplicatas ± desvio padrão. As diferentes letras minúsculas representam a diferença entre as diferentes fases (extrato metanólico, fase oral, fase gástrica e fase intestinal), teste de Tukey $p \leq 0,05$.

A capacidade redutora de Folin-Ciocalteu (CRF) e a atividade antioxidante (AA) das frações bioacessíveis das lentilhas cozidas variaram significativamente ao longo das fases da digestão *in vitro*. Na fase oral, a CRF foi de 139,0 mg GAE/100 g, enquanto a AA foi de 561,0 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g, na fase gástrica observou-se um aumento da CRF (308,0 mg GAE/100 g) e da AA (730,0 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g) e na fase intestinal houve um aumento ainda mais acentuado nos valores de CRF (880,0 mg GAE/100 g) e AA (2863,0 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g), esse aumento sugere que a digestão promove a liberação de compostos fenólicos da matriz alimentar, tornando-os mais disponíveis. Os valores inferiores observados para o extrato metanólico da lentilha cozida (CRF 356,0 mg GAE/100 g e AA 723,0 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g) demonstraram a importância da digestão para a liberação desses compostos. O alto índice de bioacessibilidade (IB) 396,0% reforça o potencial das lentilhas como fonte de antioxidantes na dieta.

Esse efeito também foi observado por Rossi *et al.* (2022), que relataram um aumento na bioacessibilidade dos fenólicos e na capacidade antioxidante dos extratos de feijão após o processamento térmico e digestão enzimática. Dhull *et al.* (2020) também observaram que a fermentação de lentilhas com *Aspergillus awamori* aumentou o teor fenólico em até 122,8% e levou à formação de novos compostos bioativos, como resorcinol e ácido cinâmico, contribuindo para a maior capacidade antioxidante.

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a bioacessibilidade pode ser potencializada durante a digestão, com destaque na fase intestinal onde se observou um aumento na capacidade redutora e na atividade antioxidante.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPES), Edital 18/2024, pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, R., KHAJA, A., DEBIEC, N., FAZIOLI, A., Torrance, M., & Razzaque, M. S. Health-promoting benefits of lentils: Anti-inflammatory and anti-microbial effects. **Current Research in Physiology**, p. 100124, 2024.



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

ARADA, J; AGUILERA, J. M. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. **Journal of food science**, v. 72, n. 2, p. R21-R32, 2007.

CARBONELL-CAPELLA, J. M., BUNIEWSKA, M., BARBA, F. J., ESTEVE, M. J., & FRÍGOLA, A. Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 2, p. 155-171, 2014.

DHULL, S. B., PUNIA, S., KIDWAI, M. K., KAUR, M., CHAWLA, P., PUREWAL, M., SANGWAN, S., PALTHANIA, S. Solid-state fermentation of lentil (*Lens culinaris* L.) with *Aspergillus awamori*: Effect on phenolic compounds, mineral content, and their bioavailability. **Legume Science**, v. 2, n. 3, p. e37, 2020.

GRELA, E. R., KICZOROWSKA, B., SAMOLIŃSKA, W., MATRAS, J., KICZOROWSKI, P., RYBIŃSKI, W., & HANCZAKOWSKA, E. Chemical composition of leguminous seeds: part I—content of basic nutrients, amino acids, phytochemical compounds, and antioxidant activity. **European Food Research and Technology**, v. 243, p. 1385-1395, 2017.

KHAZAEI, H., PODDER, R., CARON, C. T., KUNDU, S. S., DIAPARI, M., VANDENBERG, A., & BETT, K. E. Marker–trait association analysis of iron and zinc concentration in lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds. **The plant genome**, v. 10, n. 2, p. plantgenome2017.02.0007, 2017.

LAPARRA, J. M; GLAHN, R. P.; MILLER, D. D. Bioaccessibility of phenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and iron (Fe) availability to Caco-2 cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 22, p. 10999-11005, 2008.

MINEKUS, M., ALMINGER, M., ALVITO, P., BALLANCE, S., BOHN, T. O. R. S. T. E. N., BOURLIEU, C., ... & BRODKORB, A. A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. **Food & function**, v. 5, n. 6, p. 1113-1124, 2014.

ORTEGA, N., MACIÀ, A., ROMERO, M. P., REGUANT, J., & MOTILVA, M. J. Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestion model. **Food Chemistry**, v. 124, n. 1, p. 65-71, 2011.

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

ROSSI, G. B., SERAGLIO, S. K. T., HONAISSER, T. C., TOALDO, I. M., COSTA, A. C. D. O., DE FARIA, J. C., & ARISI, A. C. M. Protein profile and antioxidant capacity of processed seeds from two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 7, p. 3934-3943, 2022.

SINGLETON, V. L., ROSSI, Joseph A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.