

INFLUÊNCIA DE COALHOS VEGETAIS (*Cynara cardunculus L.* e *Cynara scolymus*) e ANIMAL NAS CARACTERÍSTICAS PROTEÔMICAS E SENSORIAIS DE QUEIJOS DURANTE A MATURAÇÃO¹

Sabrina Masceno Sousa¹, Raphael Patury Lins², Sibelli Passini Barbosa Ferrão²

¹Bacharelado em Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Laboratório de Leite e Derivados, ²Programa de pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos.

RESUMO

A busca por alternativas ao uso do coalho animal tem impulsionado pesquisas com coagulantes vegetais, especialmente espécies do gênero *Cynara*, que apresentam potencial para gerar queijos diferenciados, ricos em compostos bioativos. Este estudo teve como objetivo avaliar o perfil peptídico de queijos de vaca e ovelha produzidos com extrato da flor da alcachofra, submetidos à maturação por 0, 15 e 30 dias. Foram extraídos dos queijos de vaca e ovelha, peptídeos solúveis em água, posteriormente analisados por espectroscopia no infravermelho médio (MIR) e avaliados por Análise de Componentes Principais (ACP). Os resultados mostraram variações em regiões associadas às proteínas (Amida I e II), além de alterações estruturais relacionadas ao período de maturação. Embora tenha ocorrido sobreposição entre espécies, a ACP revelou organização temporal nas amostras, indicando modificações proteicas durante o processo. O uso do coagulante vegetal favoreceu perfis peptídicos diferenciados, evidenciando o potencial da técnica para monitoramento de queijos. Dessa forma, a combinação de espectroscopia MIR e ACP configura-se como ferramenta eficiente, rápida e de baixo custo, para identificar espécies e monitorar o processo de maturação em produtos lácteos, servindo de base para pesquisas futuras.

PALAVRAS-CHAVE: ACP, MIR, peptídeos.

INFLUENCE OF VEGETABLE RENNETS (*Cynara cardunculus L.* and *Cynara scolymus*) AND ANIMAL RENNIN ON THE PROTEOMIC AND SENSORY CHARACTERISTICS OF CHEESES DURING MATURATION

ABSTRACT

The search for alternatives to animal rennet has encouraged research on vegetable coagulants, especially species of the *Cynara* genus, which have potential to generate differentiated cheeses rich in bioactive compounds. This study aimed to evaluate the peptide profile of cow and sheep cheeses produced with artichoke flower extract, subjected to ripening for 0, 15 and 30 days. Water-soluble peptides were extracted of the cheeses, analyzed by mid-infrared (MIR) spectroscopy, and evaluated by Principal Component Analysis (PCA). The results showed variations in protein-associated regions (Amide I and II), in addition to structural changes related to ripening. Although there was overlap between species, PCA revealed temporal organization in the samples, indicating proteic changes during the process. Vegetable coagulant promoted differentiated peptide profiles, highlighting the potential of the technique for cheese monitoring. Thus, the combination of MIR spectroscopy and PCA is an efficient, fast, and low-cost tool, contributing to the valorization of innovative technological processes and the development of dairy products with greater added value.

KEYWORDS: PCA, MIR, peptides.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos evoluiu significativamente, ampliando a diversidade de derivados lácteos. Entre eles, o queijo mantém destaque como importante fonte nutricional. No Brasil, o consumo médio anual de 5,6 kg por habitante permanece inferior ao de outros países, influenciado por fatores econômicos e produtivos (ABIQ, 2018).

A fabricação do queijo envolve a coagulação do leite, em que proteínas e gorduras são concentradas na coalhada, formando um alimento rico em caseína, minerais e lipídios (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009; TRAN DO; KONG, 2018).

Tradicionalmente, utiliza-se o coalho animal, cujo principal componente, a quimosina, promove a hidrólise da κ -caseína, mas seu uso enfrenta limitações de custo e questões éticas (DE JESUS et al., 2023). Como alternativa, coagulantes vegetais, como os obtidos de flores do gênero *Cynara*, demonstram potencial por atuarem também sobre α S1 e β -caseínas, resultando em queijos de textura cremosa, sabor característico e maior geração de peptídeos bioativos (LLORENTE et al., 2014; DE JESUS et al., 2023). Tais peptídeos apresentam propriedades antimicrobianas, antioxidantes, imunomoduladoras e anti-hipertensivas, agregando valor funcional (MUNIR et al., 2020).

Conhecer o perfil dos peptídeos gerados é fundamental para valorização do produto e certificação da utilização efetiva do uso de novas alternativas de coagulantes para a produção de queijos. Uma das ferramentas que podem ser utilizadas para esta verificação é a espectroscopia no Infravermelho Médio (MIR), associada a análises multivariadas, configurando-se como técnica rápida, de baixo custo e eficiente para caracterizar peptídeos e monitorar a maturação de queijos (LEITE et al., 2019).

Assim, objetivou-se avaliar o perfil peptídico de queijos de vaca e ovelha produzidos com extrato da flor da alcachofra, submetidos à maturação por 0, 15 e 30 dias

MATERIAIS E MÉTODOS

Os leites utilizados foram obtidos no setor de produção da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Itapetinga-BA. Foram adquiridos 8 L de leite cru de vacas mestiças Girolando e 8 L de ovelhas Santa Inês, ambos no final da lactação. Após filtragem, os leites foram pasteurizados a 64 °C/30 min, resfriados a 32 °C e inoculados com cultura liofilizada mesofílica (R-704, *Lactococcus lactis* spp., Chr Hansen, Brasil). Em seguida, adicionaram-se 1,3 g/L de NaCl, 0,4 mL/L de solução de CaCl₂ (40%) e 8 mL/L de coagulante vegetal obtido da flor da alcachofra, promovendo a coagulação em 40 min. A coalhada foi cortada, dessorada, aquecida a 36 °C sob agitação, drenada, prensada e enformada. Os queijos foram secos por 5 dias, embalados a vácuo e

maturados a 13 °C por até 30 dias, sendo analisados nos tempos de 1, 15 e 30 dias de maturação.

Para extração de peptídeos solúveis em água, 10 g de queijo triturado foram homogeneizados em 50 mL de água ultrapura, filtrados e centrifugados sucessivamente. Os extratos foram congelados a -80 °C e liofilizados a -48 °C em 0,040 mBar por 72 h (ONG et al., 2007; METTA et al., 2012).

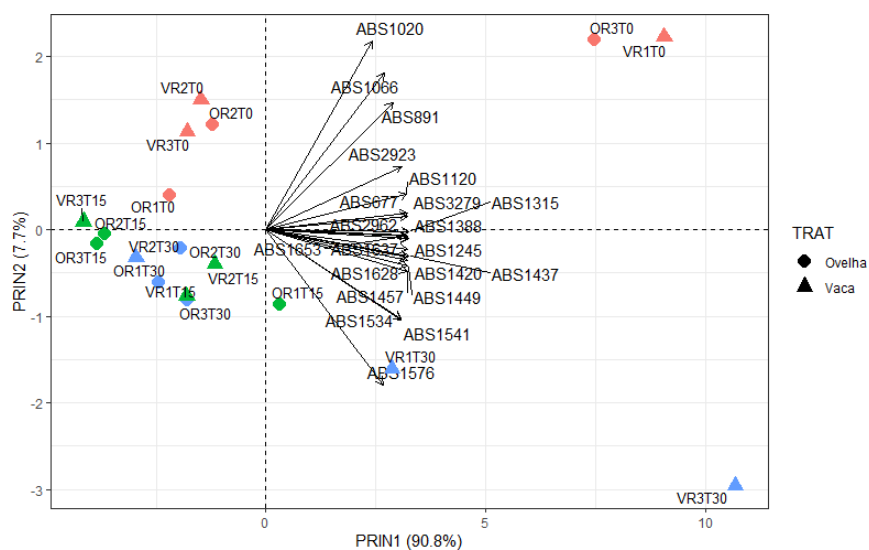
As análises espectrais foram realizadas por espectroscopia MIR (Cary 630 FTIR-ATR, Agilent, EUA), na faixa de 4000–500 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e 64 varreduras. Para interpretação dos espectros, aplicou-se Análise de Componentes Principais (ACP) sobre a matriz de correlações, retendo os dois primeiros componentes. Escores e cargas foram avaliados para identificar agrupamentos e bandas relevantes, com análises conduzidas no software RStudio (BARTH, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais (ACP) aplicada aos espectros de infravermelho médio (MIR) mostrou que as bandas correspondente à Amida I (~1653 cm^{-1}) e Amida II (~1541 cm^{-1}) foram determinantes na separação dos componentes, refletindo alterações na degradação proteica ao longo da maturação. No conjunto global (Figura 1), amostras de vaca e ovelha apresentaram sobreposição, o que era esperado pela semelhança da matriz proteica entre espécies e pelo tamanho amostral reduzido.

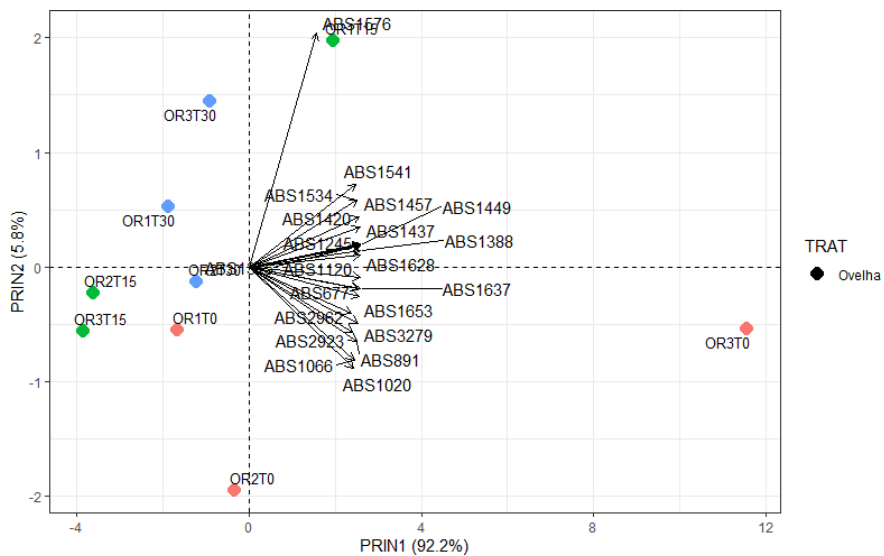
Figura 1 - Dispersão dos Componentes Principais obtida por espectroscopia no MIR para queijo de vaca (V) e ovelha (O), com repetições (R1, R2 e R3) nos tempos T0, T15 e T30 de maturação, com coloração vermelha, verde e azul, respectivamente.



Foi possível identificar uma organização temporal (0, 15 e 30 dias), indicando modificações estruturais relacionadas à maturação. Esses achados confirmam estudos prévios que apontam o MIR associado à quimiometria como ferramenta robusta para caracterizar queijos durante a maturação (JABS, 2020).

Nas amostras de ovelha (Figura 2), observou-se evolução nos espectros, com variações nas bandas Amida I e II, associadas à conformação proteica e grau de proteólise, enquanto regiões entre 1400–900 cm^{-1} indicaram mudanças ligadas a lactose e fosfatos.

Figura 2 - Dispersão dos Componentes Principais obtida por espectroscopia no MIR para queijo de ovelha (O), com repetições (R1, R2 e R3) nos tempos T0, T15 e T30 de maturação nos tempos T0, T15 e T30, com coloração vermelha, verde e azul, respectivamente.



De forma semelhante, nas amostras de vaca verificou-se organização consistente entre repetições, com o primeiro componente principal refletindo diferenças globais de composição e o segundo representando o gradiente temporal.

CONCLUSÕES

A análise mostrou que os queijos de vaca e ovelha apresentaram espectros distintos, especialmente nas bandas relacionadas às proteínas (Amida I e II), permitindo separação clara por espécie. Para cada espécie, pode-se observar uma evolução ao longo da maturação (0, 15 e 30 dias), refletindo mudanças bioquímicas em proteínas e lipídios, mostrando que a técnica é sensível ao monitoramento desse processo. O uso do extrato de alcachofra mostrou-se eficiente para produção de queijos, destacando-se

que para as diferentes espécies o comportamento mostrou-se distinto para a produção de peptídeos.

Assim, a combinação de MIR com ACP demonstrou ser uma técnica rápida, confiável e econômica para identificar espécies e monitorar o processo de maturação em produtos lácteos, servindo de base para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIQ. Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. 2018. Disponível em: Acesso em: 7 de mar. 2025.
2. BARTH, A. Infrared spectroscopy of proteins. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, v. 1767, p. 1073–1101, 2007.
3. DE JESUS, J. C. et al. Quick identification of the time of maturation of artisanal Minas cheese by FTIR-ATR spectroscopy and multivariate techniques. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 31, n. 10, p. 2000-2011, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200100>
4. DE JESUS, J. C., REIS, L. C. C., SANTOS, M. P. F., SANTOS, L. S., FERRÃO, S. P. B. Chemical Characterization of Aspartic Protease from Artichoke Flower (*Cynara cardunculus* L. var *scolymus*) Using MIR Spectroscopy and Analytical Measurements. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 34, p. 1520 1530, 2023.
5. GLASSFORD, S.E., Byrne, B., Kazarian, S.G., 2013. Recent applications of ATR FTIR spectroscopy and imaging to proteins. *Biochim. Biophys. Acta* 1834, 2849–2858.
6. HAYES, R. et al. Spectroscopic technologies and data fusion in the dairy industry: A review. *Frontiers in Nutrition*, v. 10, p. 1064338, 2023.
7. LLORENTE, B. E. et al. Use of artichoke (*Cynara scolymus*) flower extract as a substitute for bovine rennet in the manufacture of Gouda-type cheese: Characterization of aspartic proteases. *Food Chemistry*, v. 159, p. 55–63, 2014.
8. METTA, F. I. K. et al. O papel da liofilização na conservação de alimentos pelo controle da umidade. XII Safety, Health and Environment World Congress. São Paulo, BRAZIL. 2012.
9. MUNIR, M. et al. Effect of sonication, microwaves and high-pressure processing on ACE inhibitory activity and antioxidant potential of Cheddar cheese during ripening. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 67, p. 105140, 2020.
10. PAULA, J. C. J. DE; CARVALHO, A. F. DE; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à saga. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, n. 367/368, p. 19–25, 2009.
11. SANTOS, L.S., Cardozo, R.M.D., Nunes, N.M., In´acio, A.B., Pires, A., C.S.Pinto, M.S., 2017. Easy classification of traditional Minas cheeses using artificial neural networks and discriminant analysis. *Int. J. Dairy Technol.* 70, 1–7.
12. SPINA, A. A. et al. Mid-infrared spectroscopy for detecting milk adulteration and species classification: review and applications. *Journal of Animal Science and Technology*, v. 64, n. 3, p. 531–545, 2022.
13. TRAN DO, D. H.; KONG, F. Texture changes and protein hydrolysis in different cheeses under 45 simulated gastric environment. *Lwt*, v. 93, p. 197–203, 2018.