

AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE REQUEIJÃO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE PROTEÍNA DO LEITE POR PROTEÍNA DE SOJA

Palavras-Chave: *Requeijão; Proteína; Viscosidade.*

Autores(as):

Mariana Rodrigues Oliveira, IQ - UNICAMP.

Nadya Karoline da Silva Oliveira, FEA - UNICAMP.

Orlando Célio Campovilla Júnior, FEA - UNICAMP.

Prof. Dr. Paulo Henrique Mariano Marfil, UFTM.

Prof^ª. Dr^ª. Débora Parra Baptista Freitas, FEA - UNICAMP.

Prof^ª. Dr^ª. Mirna Lúcia Gigante (Orientadora), LLD - FEA - UNICAMP.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira, através da portaria nº 359, de 04 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define requeijão como o produto obtido pela fusão da massa coalhada, cozida ou não, dessorada e lavada, obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite opcionalmente adicionada de creme de leite e/ou manteiga e/ou gordura anidra de leite ou butter oil (BRASIL, 1997).

Atualmente, a crescente demanda pela redução no consumo de proteínas de origem animal, representa um desafio para a indústria de alimentos considerando a necessidade de manter os atributos sensoriais dos produtos e o papel das proteínas de origem animal na formação das características de cada produto (RAPACCI, 2012).

A caseína é a principal proteína do leite bovino, sendo reconhecida pelo papel fundamental na obtenção de alguns produtos lácteos. É encontrada na forma de nano agregados supramoleculares chamados de micelas de caseína, sendo desestabilizada pela ação enzimática (coagulação enzimática) ou ácida (coagulação ácida) que resultam na sua desestabilização e consequente agregação das proteínas que darão origem aos diferentes tipos de queijos (MILKPOINT, 2022).

O processo de fabricação de requeijão cremoso inicia-se pela obtenção da massa fresca que pode ser obtida pela coagulação ácida do leite por fermentação pela ação de bactérias ácido lácticas, coagulação ácida a quente ou por coagulação enzimática. Após a coagulação, a massa é submetida ao processamento seguindo etapas que envolvem adição de sais fundentes no processo de fusão. Esses sais complexam o cálcio ligado à caseína, promovendo a substituição de íons Ca^{2+} por íons Na^+ , o que resulta na solubilização da caseína. O calor aplicado no processo resulta na reorganização das caseínas, processo conhecido como cremificação, e o resfriamento auxilia na manutenção da

viscosidade, em que ligações de hidrogênio e com o cálcio atuam na imobilização de água e estruturação de um produto viscoso (VAN DENDER *et al*, 2014).

Nesse contexto, a reologia é uma ferramenta que pode ser utilizada para avaliar a importância das caseínas na formação da estrutura característica do requeijão cremoso, bem como os efeitos de sua substituição parcial por proteínas vegetais. Considerando, ainda, o fato de que o requeijão é submetido a diferentes temperaturas durante seu processamento, armazenamento e consumo, a avaliação da viscosidade em diferentes condições é fundamental para entender o comportamento estrutural do produto.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição de 50% de proteína láctea por proteína de soja na viscosidade do requeijão cremoso em diferentes temperaturas (25°C e 50°C).

2. METODOLOGIA

2.1 Matérias-primas

Os ingredientes utilizados para fabricação dos requeijões controle e híbrido cremosos foram: caseinato de cálcio (FONTERRA, Edgecumbe, Nova Zelândia); creme de leite em pó (ALIBRA, São Paulo, Brasil); isolado protéico de soja (ADM, Hortolândia, São Paulo, Brasil), sal fundente Hexametáfosfato de Sódio (Sigma-Aldrich, Missouri, Estados Unidos) e cloreto de sódio comercial.

2.2 Caracterização das matérias-primas

O creme de leite em pó e o caseinato de cálcio foram avaliados em relação aos teores de gordura pelo método de Mojonnier, umidade, nitrogênio total, e cinzas seguindo as metodologias oficiais (AOAC, 2023). A proteína de soja foi avaliada em relação aos teores de umidade, nitrogênio total e cinzas (AOAC, 2023). O teor de gordura foi determinado pelo método de Bligh - Dyer (BLIGH; DYER. 1959). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

2.3 Processamento dos Requeijões Controle e Híbrido

Os requeijões controle e híbrido foram formulados de forma a atender os requisitos exigidos pela legislação brasileira para requeijão cremoso: umidade máxima de 65% e teor mínimo de 55% de gordura em base seca (Brasil, 1997). Ambos os requeijões foram fabricados a partir dos ingredientes em pó descritos anteriormente. O requeijão controle (100% proteína láctea) foi processado utilizando 7,9% de caseinato, 2,3 % de sal fundente, 29,5% de creme de leite em pó, 1% de cloreto de sódio e 59,3% de água. O requeijão híbrido, com substituição de 50% da proteína láctea por proteína de soja, foi processado utilizando 2,23% de caseinato, 5,93% de isolado protéico de soja, 2,3 % de sal fundente, 29,5% de creme de leite em pó, 1% de cloreto de sódio e 59,05% de água. Em ambos os casos, as formulações foram calculadas para obtenção de 750 g de requeijão. Inicialmente, o caseinato de cálcio (para o requeijão controle) e a mistura de caseinato de cálcio e proteína de soja (para o requeijão híbrido) foram hidratadas a temperatura ambiente e homogeneizadas com o auxílio

de um mixer. A mistura foi mantida em repouso por uma noite, sob refrigeração (5°C), para garantir a completa hidratação das proteínas. Após a etapa de hidratação e repouso, foi realizado o ajuste do pH para 6,5 utilizando ácido láctico 85% (ECIBRA, São Paulo, Brasil). O valor de pH de 6,5 foi escolhido, a partir de experimento preliminar, por favorecer a formação de textura próxima à observada em requeijões cremosos comerciais. Após o ajuste de pH, as massas foram transferidas para uma thermomix, juntamente com o sal fundente previamente dissolvido em água. A mistura foi agitada a 3000 RPM por 2 minutos a 70°C. Em seguida, o creme de leite em pó e o cloreto de sódio foram adicionados à mistura e a mesma foi novamente agitada a 3000 RPM por 3 minutos a 90 °C. O produto foi envasado a quente em embalagens previamente higienizadas e selados com tampas sanitizadas. Os produtos foram armazenados sob refrigeração (5°C).

2.5 Viscosidade

A análise de viscosidade foi realizada no viscosímetro Brookfield LVDV3T EXTRA Viscometer, e para estabilização das temperaturas de interesse, utilizou-se um banho termostático. Os experimentos foram realizados em 25 e 50 °C. As amostras foram analisadas em um béquer de 600 mL, contendo 350 mL de amostra. Após a estabilização das temperaturas, foram realizadas as leituras de viscosidade dos requeijões controle e híbrido, utilizando-se diferentes velocidades de rotação (20, 30, 50, 60 e 100 RPM) e tempo de 2 segundos (cada medida) para a aquisição dos dados. As leituras foram realizadas em triplicata para as duas temperaturas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Físico-Química das Matérias-Primas

A composição físico-química dos ingredientes utilizados no processamento dos requeijões é apresentada na Tabela 1. Os valores obtidos estavam de acordo com os laudos apresentados pelos fabricantes e foram utilizados nos cálculos das formulações dos requeijões.

Tabela 1. Resultados das análises físico químicas realizadas nas matérias primas.

Análises	Caseinato de Cálcio (%)	Creme de leite em pó (%)	Proteína de Soja (%)
Umidade (%)	7,6	2,2	5,1
Lipídeos (%)	1,21	68,9	4,8
Proteínas (%)	92,7	10,8	88,5
Cinzas (%)	1,4	1,29	1,24

3.2 Viscosidade

Comparando os valores de viscosidade em função da taxa de deformação, entre a amostra de requeijão tradicional e híbrido, observa-se que o requeijão híbrido em temperatura de 25°C, apresentou valores inferiores de viscosidade em toda a faixa de deformação avaliada comparado a amostra controle. Nas duas amostras os valores de viscosidade decrescem em função do aumento da taxa de deformação, evidenciando o comportamento reológico de fluidos pseudoplásticos.

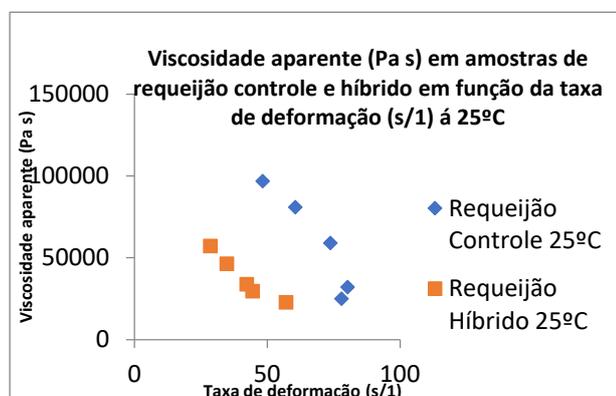


Figura 1. Viscosidade aparente das amostras de requeijão tradicional e híbrido a 25 °C em função da taxa de deformação.

Já era esperado valores superiores de viscosidade para o requeijão controle em relação ao requeijão híbrido, independente da taxa de deformação. Isso é explicado pelo fator da formação das redes tridimensionais da proteína láctea (caseína). Essa estrutura complexa, é formada por micelas de caseína interligadas, estabilizadas por interações hidrofóbicas e pontes de fosfato de cálcio, e é fundamental para a formação da estrutura de produtos lácteos.

Resultados parecidos foram observados e descritos por Paiva et al. (2018); e Cunha (2007) por sua vez, descreveu em seu trabalho, onde foi avaliado o papel da gordura e sal fundente em amostras análogas de requeijão cremoso, que o comportamento reológico de requeijões independe do tempo de aplicação da força cisalhante e diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento (produtos considerados pseudoplásticos).

Para os resultados da reologia do requeijão híbrido, Wang *et al.* (2000) descreve em seu trabalho sobre mingaus desidratados contendo proteína vegetal, que a soja apresenta altos valores de consistência, de acordo com sua composição proteica. No estudo conduzido por Márquez e Wagner (2010) sobre reologia de emulsões preparadas com leite de soja e fortificadas com Ca^{2+} , foi descrito que a interação do cálcio com as proteínas de soja tem efeito sobre a reologia das emulsões, pois a sinergia do cálcio com as proteínas pode gerar um aumento na rigidez do filme interfacial, afetando a viscosidade aparente das emulsões.

Para as amostras de requeijão cremoso tradicional e requeijão híbrido, o aumento da temperatura (50°C) resultou em redução da viscosidade aparente das duas amostras, porém o requeijão controle apresentou valores inferiores de viscosidade comparado ao requeijão híbrido. Mesmo que o requeijão controle tenha apresentado valores inferiores de viscosidade ao requeijão híbrido na temperatura de 50°C. Uma hipótese a esse fenômeno é a diferença dos componentes de cada formulação, que ao serem aquecidos, passam por modificações estruturais, alterando a

resistência à deformação e a viscosidade. Em altas temperaturas, as proteínas do leite podem desnaturar e se separar, e a gordura pode se fundir, levando a uma diminuição na viscosidade. Acredita-se que o emulsificante utilizado na formulação híbrida ajudou a prevenir a separação dos componentes, mantendo uma textura mais consistente e uma maior viscosidade, mesmo a altas temperaturas. Os resultados estão apresentados na Figura 2.

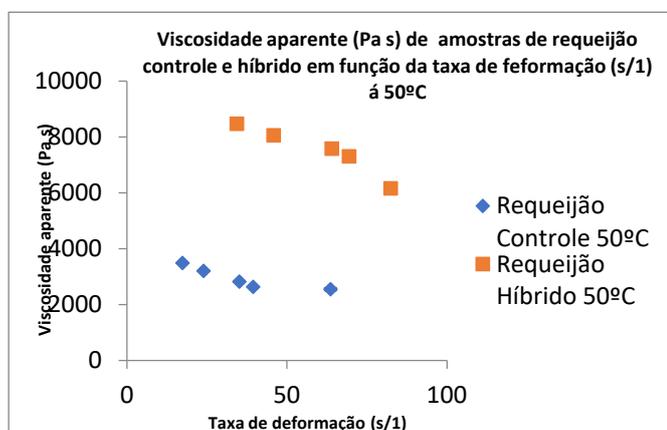


Figura 2. Viscosidade aparente das amostras de requeijão tradicional e híbrido a 50 °C em função da taxa de deformação.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo produziu e avaliou requeijões controle e híbrido (50% de proteína láctea e 50% de proteína de soja). A avaliação da viscosidade revelou que as duas amostras de requeijão se comportam como fluidos pseudoplásticos. A substituição de proteína láctea por proteína vegetal resultou na redução da viscosidade do requeijão a 25°C e no aumento da viscosidade a 50°C. Estudos futuros são necessários para melhor compreensão do efeito dessa substituição na formação da rede protéica e nos tipos de ligações responsáveis pela estrutura proteica formada.

5. BIBLIOGRAFIA

- AOAC – Association of official analytical chemists. 2023. **Official methods of analysis of AOAC International**. 22 ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International. Vol. III. Acesso em: 30 Jul. 2024.
- Bligh, E.G.; & Dyer, W.J. - **A rapid method of total lipid extraction and purification** - Can.J. Biochem. physi. 37:911-917 , 1959. Acesso em: 18 Jul. 2024.
- BRASIL, Ministério da Agricultura do, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 356, de 04 de setembro de 1997. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Processado ou Fundido, Processado Pasteurizado e Processado ou Fundido U.H.T (UAT)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997. Acesso em: 22 Jul. 2024.
- CUNHA, C. R. **Papel da gordura e do sal emulsificante em análogos de requeijão cremoso**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007. Acesso em: 01 Ago. 2024.
- GUYOMARCH, F. *et al.* **Mixing milk, egg and plant resources to obtain safe and tasty foods with environmental and health benefits**. Trends in Food Science & Technology, v.108, p. 119-132, 2021. Acesso em 04. Ago. 2024.
- Márquez A.L. & Wagner J.R. **Rheology double (w/o/w) emulsions prepared with soybean milk and fortified with calcium**. Journal of Textures ed.41, p. 651-671, (2010). Acesso em: 01 Ago. 2024.
- MILKPOINT. **A versatilidade da caseína**. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/thermaufv/a-versatilidade-da-caseina-228894/>. Ago. 2022. Acesso em: 01 Ago. 2024.
- RAPACCI, M. **Estudo comparativo das características físicas e químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso obtido por fermentação láctica e acidificação direta**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1997. Acesso em: 01 Ago. 2024.
- VAN DENDER, A. G. F. *et al.* Capítulo 2: **Características dos Sais Fundentes e seu Papel na Obtenção de Queijos**. In: VAN DENDER, A. G. F. (Org.). **Requeijão Cremoso e Outros Queijos Fundidos: Tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. 2. ed. São Paulo: Setembro, 2014, v. 1, p. 29-56. Acesso em: 04 Ago. 2024.
- WANG, S.H. *et al.* **Mingau de arroz e soja pronto para consumo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 5, p. 855-860, maio de 2000. Acesso em: 02 Ago. 2024.