

Propriedades reológicas e de cor de coalhadas comerciais de leite

Raick Alves Ribeiro

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

E-mail: ribeioraick@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/2694593691333009>

Lais Fernanda Batista

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

E-mail: lais.batista@ufv.br, <http://lattes.cnpq.br/0873443774765689>

Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal

E-mail: marcia.vidigal@ufv.br, <http://lattes.cnpq.br/0613707917803349>

Christa Korzenowski

E-mail: christa-korzenowski@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/1688445410597532>

Resumo

O leite é reconhecido como um dos mais versáteis produtos na indústria de alimentos, oferecendo uma vasta gama de opções, desde queijos e manteiga até iogurtes e doces de leite, atendendo tanto a demanda por alimentos salgados quanto sobremesas. Além de consumido diretamente, o leite é um ingrediente essencial em diversas receitas culinárias e produtos da indústria alimentícia, destacando-se por sua versatilidade e aplicabilidade. A coalhada, embora menos popular que outros produtos lácteos, também é um produto fermentado obtido a partir de microrganismos específicos. No entanto, a literatura científica sobre coalhada de leite é limitada, o que implica uma oportunidade para pesquisas mais abrangentes sobre suas características e benefícios. Este estudo teve como objetivo caracterizar a coalhada de leite comercial quanto ao perfil de cor e suas propriedades reológicas. Utilizando técnicas de análise de cor, textura e varredura de tensão, foi possível observar que o teor de gordura e lactose influenciou significativamente as características de cor e textura da coalhada. Amostras com maior teor desses componentes exibiram cores mais intensas e texturas mais firmes e elásticas, ao passo que as amostras com teores mais baixos apresentaram texturas mais macias e menos coesas. Esses resultados ressaltam a importância tecnológica da gordura e lactose na coalhada, evidenciando sua relevância na produção e aceitabilidade do produto final.

Palavras chave: Gordura. Lácteos. Lactose.

Abstract

Milk is recognized as one of the most versatile products in the food industry, offering a wide range of options, from cheeses and butter to yogurts and milk sweets, catering to both the demand for savory foods and desserts. In addition to being consumed directly, milk is an essential ingredient in various culinary recipes and food industry products, standing out for its versatility and applicability. Yogurt, although less popular than other dairy products, is also a fermented product obtained from specific microorganisms. However, the scientific literature on yogurt is limited, implying an opportunity for more comprehensive research on its characteristics and benefits. This study aimed to characterize commercial yogurt regarding color profile and rheological properties. Using techniques of color analysis, texture, and stress sweep scanning, it was possible to observe that the fat and lactose content significantly influenced the color and texture characteristics of the yogurt. Samples with higher content of these components exhibited more intense colors and firmer and more elastic textures, whereas samples with lower contents presented softer and less cohesive textures. These results emphasize the technological importance of fat and lactose in yogurt, highlighting their relevance in the production and acceptability of the final product.

Keywords: Fat. Dairy products. Lactose

Resumen

La leche es reconocida como uno de los productos más versátiles en la industria de alimentos, ofreciendo una amplia gama de opciones, desde quesos y mantequilla hasta yogures y dulces de leche, satisfaciendo tanto la demanda por alimentos salados como por postres. Además de consumirse directamente, la leche es un ingrediente esencial en diversas recetas culinarias y productos de la industria alimentaria, destacándose por su versatilidad y aplicabilidad. La cuajada, aunque menos popular que otros productos lácteos, también es un producto fermentado obtenido a partir de microorganismos específicos. Sin embargo, la literatura científica sobre cuajada de leche es limitada, lo que implica una oportunidad para investigaciones más amplias sobre sus características y beneficios. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la cuajada de leche comercial en cuanto al perfil de color y sus propiedades reológicas. Utilizando técnicas de análisis de color, textura y barrido de tensión, fue posible observar que el contenido de grasa y lactosa influyó significativamente en las características de color y textura de la cuajada. Muestras con mayor contenido de estos componentes exhibieron colores más intensos y texturas más firmes y elásticas, mientras que las muestras con contenidos más bajos presentaron texturas más suaves y menos cohesivas. Estos resultados resaltan la importancia tecnológica de la grasa y la lactosa en la cuajada, evidenciando su relevancia en la producción y aceptabilidad del producto final.

Palavras clave: Grasa. Lácteos. Lactosa.

Introdução

O leite até os dias atuais é um dos mais importantes *commodities* agrícolas, compondo o *ranking* dos 5 principais tanto em volume quanto em valor, sendo produzidas 816 milhões de toneladas anualmente e tendo 44,4 litros de produtos lácteos consumidos per capita em todo mundo (GLOBAL DAIRY PLATFORM, 2024).

Também é reconhecido como um dos produtos mais versáteis na indústria de alimentos, oferecendo uma ampla gama de possibilidades, além de ser apreciado em sua forma original, pode ser processado em uma variedade de produtos, desde queijos e manteiga até iogurtes, bebidas lácteas, leite condensado, leite fermentado e doce de leite, atendendo tanto a demanda por alimentos salgados quanto sobremesas. Sua utilização vai além do consumo direto, sendo um ingrediente essencial em diversas receitas culinárias e produtos da indústria alimentícia, abrangendo desde refeições principais, como o leite UHT, até itens como leite em pó e creme de leite. Dessa forma, o leite desempenha um papel fundamental na culinária e na produção de alimentos, destacando-se por sua versatilidade e aplicabilidade (SIQUEIRA, 2019).

Certamente, o leite é uma matéria-prima versátil que possibilita a elaboração de uma ampla gama de produtos, tais como bebidas lácteas, queijos, doces de leite, manteigas e iogurtes (EGEA *et al.*, 2019). Essa diversidade de produtos não apenas amplia o leque de opções disponíveis para os consumidores, mas também agrega valor ao produto, atendendo a diferentes preferências e necessidades no mercado alimentício.

Apesar de ser menos popular do que outros produtos lácteos, como queijo e iogurte, a coalhada também é um produto lácteo fermentado, obtido a partir do cultivo de microrganismos específicos como *Lactobacillus* e bactérias termofílicas (BRASIL, 2017). Atamer *et al.* (2016) definem um produto denominado *kuru kaymak*, que considera-se ser a coalhada, como um complexo lipídico-proteico do qual as proteínas constituem até 20% do peso seco.

Ainda que a coalhada de leite seja um produto lácteo tradicional e amplamente consumido em várias culturas ao redor do mundo, é notável a escassez de materiais bibliográficos dedicados especificamente a essa temática. O pouco que sabe-se restringe-se à história, em que este produto era originalmente obtido a partir da coagulação estimulada pela fermentação natural de leites sem tratamentos térmicos, até a obtenção de uma textura semelhante a de iogurtes.

A literatura científica sobre coalhada de leite é limitada, com uma quantidade relativamente pequena de estudos e publicações abordando aspectos específicos de sua produção, composição

nutricional, propriedades físico-químicas e características reológicas. A falta de um corpo substancial de literatura científica sobre coalhada de leite pode ser atribuída, em parte, à sua natureza tradicional e ao foco histórico da pesquisa em produtos lácteos mais comercialmente relevantes, como queijos e iogurtes. No entanto, dada a crescente demanda por produtos lácteos tradicionais e artesanais, há uma oportunidade significativa para pesquisas explorarem e documentarem mais amplamente os aspectos científicos da coalhada de leite, contribuindo assim para um entendimento mais abrangente de suas características e benefícios.

Assim, o objetivo desta pesquisa científica é caracterizar a coalhada de leite quanto ao perfil de cor e suas características reológicas. Pretendeu-se realizar uma análise abrangente das propriedades físicas e viscoelásticas da coalhada, incluindo a determinação dos parâmetros de cor, bem como a avaliação de sua textura, viscosidade e comportamento reológico

Materiais e Métodos

Para realização deste trabalho três diferentes coalhadas de leite industrializadas (integral, desnatada e zero lactose) foram obtidas de duas marcas comerciais em comércio local na cidade de Viçosa - MG, mantidos sob refrigeração conforme indicado na rotulagem até a realização das análises que consistiram em realizar o perfil de cor instrumental das amostras, a textura instrumental e as propriedades viscoelásticas por meio da Varredura de Tensão.

Perfil de cor

A cor das amostras de coalhada foi avaliada em equipamento colorímetro Colorquest x Hunterlab, usando cubeta de vidro de 10 cm de caminho óptico, iluminante padrão D65 e observador a 10°. A leitura dos parâmetros de L* (luminosidade - preto [0] até o branco [100]), a* (-a verde ; +a vermelho), e b* (-b azul ; +b amarelo). As coordenadas que indicam onde a cor se localiza dentro do espaço gráfico foi realizada por meio da metodologia de cálculo proposta pela Cielab (Commission Internationale de l'éclairage), utilizando as equações descritas a seguir para C* (índice de saturação).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Perfil de textura

O perfil de textura foi realizado em máquina universal de testes mecânicos (Instron - série 3367, software Bluehill 2.0), equipada com probe de 12 mm de diâmetro. As amostras de coalhada nesta análise permaneceram acondicionadas dentro das embalagens originais e em temperatura de refrigeração. A verificação foi conduzida sob células de carga de 250 N, distância de compressão de 25 % em relação a altura das amostras e velocidade de 1 mm.s⁻¹ com 3 ciclos de penetração. Os parâmetros de firmeza, gomosidade, coesividade, adesividade e elasticidade foram calculados a partir das curvas formadas de força X tempo observadas durante a execução da análise. Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANAVA) e ao teste de Tukey.

2.3 Varredura de tensão

A varredura de tensão das amostras de coalhada foi monitorada pela medida dos módulos elástico (G') e viscoso (G'') das amostras a 5°C. As medidas reológicas foram realizadas em um reômetro MARS (HAAKE MARS, Thermo Electron Corp., Alemanha) equipado com banho termostático (Phoenix 2C30P, Thermo Electron Corp., Alemanha) e com sensor tipo placas paralelas de 35 mm de diâmetro (PP 35TI) e gap anular de 1,0 mm. A varredura de tensão foi realizada sob frequência de 1 Hz, variando a tensão de 0,1 a 500 Pa. Foi verificado o equilíbrio das propriedades

reológicas (G' e G''), e a deformação empregada excedeu a região de viscoelasticidade linear para verificação da tensão de ruptura das amostras.

Resultados e discussões

Perfil de cor

Os parâmetros de cor instrumental das amostras de coalhada são apresentados no Quadro 1 a seguir.

Tabela 1 - Parâmetros instrumentais de cor das amostras de coalhada de leite em temperatura de refrigeração aprox. 4°C.

Amostra	L*	a*	b*	C*
Integral	77,67 +/- 0,19 ^a	-1,66 +/- 0,02 ^a	3,79 +/- 0,01 ^a	4,13 +/- 0,01 ^a
Desnatada	76,24 +/- 0,75 ^a	-2,24 +/- 0,05 ^b	2,38 +/- 0,15 ^b	3,26 +/- 0,07 ^b
Zero lactose	77,07 +/- 0,09 ^a	-1,90 +/- 0,06 ^c	2,77 +/- 0,12 ^a	3,35 +/- 0,14 ^a

Valores na mesma coluna seguidos de letras diferentes possuem diferença significativa entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

O parâmetro (L^*) de uma amostra está relacionado à luminosidade e é determinado em uma escala de 0 a 100, em que 0 representa preto absoluto e 100 representa branco absoluto (SILVA, 2007). Verifica-se que os valores de L^* das amostras situam-se entre 76,24 e 77,64, o que sugere amostras relativamente claras uma vez que estão mais próximas do extremo superior do espectro de luminosidade.

Quanto às coordenadas de cromaticidade, quando o valor de $+a^*$ é positivo indica uma direção em direção ao vermelho, enquanto um valor de $-a^*$ sugere uma direção em direção ao verde. Similarmente, um valor positivo de $+b^*$ aponta na direção do amarelo, enquanto um valor $-b^*$ indica uma direção em direção ao azul. O ponto central entre estas coordenadas é acromático e à medida que os valores de a^* e b^* aumentam e o ponto se move para fora do centro, a saturação da cor aumenta (EGEA *et al.*, 2019).

Os resultados obtidos para de a^* entre -1,66 e -2,24 observados no quadro acima indica que a cor possui uma tonalidade verde. Como o parâmetro a^* descreve a posição da cor ao longo do eixo verde - vermelho no espaço de cor CIELAB, um valor negativo como os obtidos sugere que a cor está mais próxima do verde do que do vermelho.

Em se tratando do parâmetro b^* , este descreve a posição da cor ao longo do eixo azul ($-b^*$) - amarelo ($+b^*$) desse espaço de cor. As amostras com b^* entre 2,38 e 3,79 visualizadas no quadro supracitado indicam uma tendência em direção ao amarelo no intervalo cromático destas cores. Nota-se que que as amostras Integral e Zero lactose obtiveram maiores e estatisticamente similares valores para b^* , indicando que são mais amarelas em comparação a amostra desnatada. Leite *et al.* (2019) sugerem que quanto maior o teor gordura maior tendência à cor amarela. Assim, a natureza da composição da coalhada desnatada, enquanto amostra com menor teor lipídico, provavelmente explica sua tendência à coloração menos amarelada.

Os valores de croma (C^*) próximos de zero indicam cores mais neutras, como branco e/ou cinza (EGEA *et al.*, 2019). Quando o croma se aproxima de zero, a cor tende a ser menos saturada e mais próxima de tons neutros. Esse fenômeno é observado especialmente em tons de cinza e em variações de branco, onde a presença de cores é mínima ou quase inexistente, resultando em uma saturação reduzida. Nota-se que os valores de C^* obtidos encontram-se entre 3,26 e 4,13, o que pode-se considerar serem moderadamente saturadas, não extremamente vibrantes, mas também não muito dessaturadas, o que pode-se considerar uma saturação intermediária.

Perfil de textura

Os parâmetros de textura instrumental das amostras de coalhada são apresentados no Quadro 2 a seguir.

Tabela 2 - Parâmetros instrumentais de firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade e gomosidade de amostras de coalhada de leite em temperatura de refrigeração aprox. 4°C.

Amostra	Firmeza (N)	Elasticidade (mm)	Coesividade (adimensional)	Adesividade (J)	Gomosidade (N)
Integral	0,315 +/- 0,025 ^a	15,862 +/- 2,339 ^a	4,860 +/- 0,682 ^a	- 0,001 +/- 0,001 ^a	0,169 +/- 0,023 ^a
Desnatado	0,280 +/- 0,036 ^a	11,715 +/- 2,963 ^{ab}	3,973 +/- 0,551 ^b	-0,002 +/- 0,000 ^a	0,138 +/- 0,019 ^b
Zero lactose	0,261 +/- 0,013 ^a	7,785 +/- 1,015 ^b	3,416 +/- 0,455 ^c	0,001 +/- 0,000 ^a	0,118 +/- 0,016 ^c

Valores na mesma coluna seguidos de letras diferentes possuem diferença significativa entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

A textura diz respeito às características físicas de um produto, provenientes de seus elementos estruturais, que podem ser perceptíveis pelos sentidos humanos (DEMAGALA *et al.*, 2006).

Em TPA (*Texture Profile Analysis*) os principais parâmetros incluem firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade e gomosidade. Esses parâmetros descrevem as propriedades mecânicas das amostras e fornecem *insights* sobre sua qualidade e aceitabilidade sensorial.

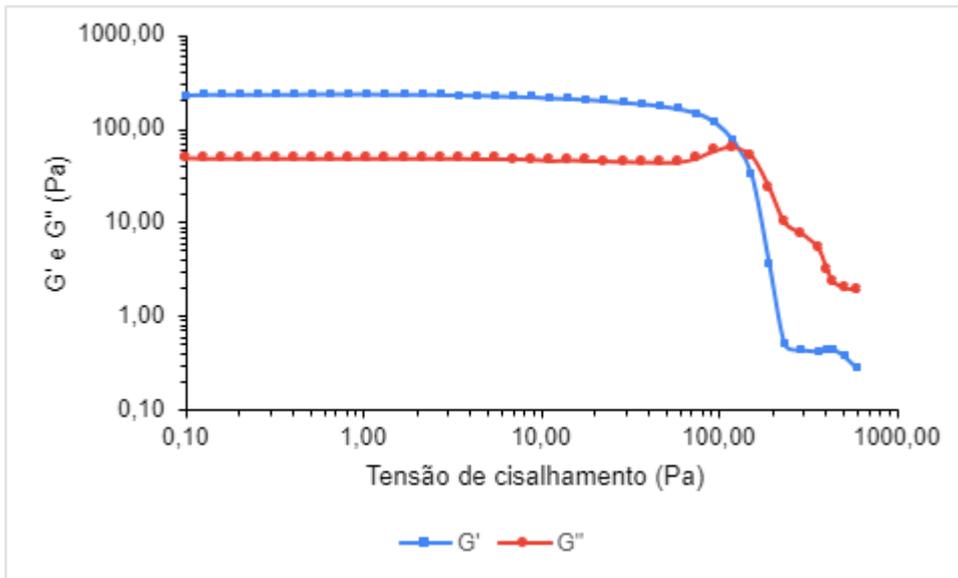
Para os parâmetros de firmeza e adesividade às variações na composição, como o teor de gordura e o conteúdo de lactose, não resultaram em diferenças significativas entre as amostras analisadas, apesar de seguirem uma ordem de aumento da firmeza onde vê-se Zero lactose, Desnatada e Integral respectivamente.

Os parâmetros de coesividade e gomosidade apresentaram diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre todas as amostras. Quanto à elasticidade, as amostras estudadas apresentaram diferença estatística significativa entre as amostras Integral e Zero lactose. Observa-se o ingrediente “estabilizante gelatina” na formulação de todas as amostras, que acaba por contribuir nos seus caracteres elásticos, embora este não seja o único motivo que justifique este comportamento. A fermentação láctica produz ácidos orgânicos que induzem a interação entre as proteínas do leite formando uma rede de gel. Contudo, outros componentes do próprio leite exercem influência na estrutura proteica para formação do gel, onde pode-se citar o teor de gordura e os sólidos totais (LIMA *et al.*, 2011), o que explica a amostra integral apresentar maiores valores para elasticidade e coesividade e gomosidade

Varredura de tensão

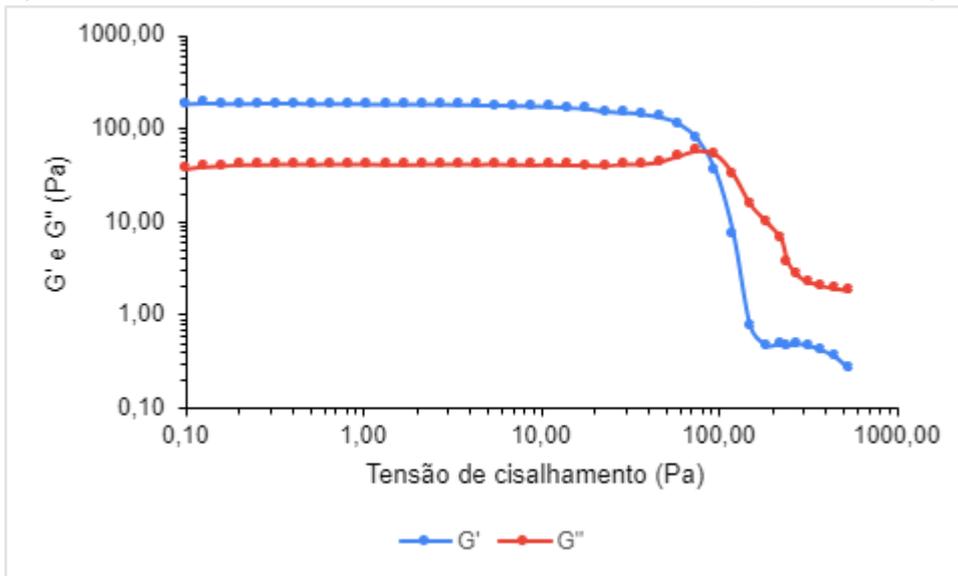
As varreduras de tensão das amostras de coalhada Integral, Desnatada e Zero lactose são apresentadas nas figuras 1, 2 e 3 respectivamente a seguir,

Figura 1: Varredura de tensão da coalhada integral de leite em temperatura de refrigeração aprox. 4°C.



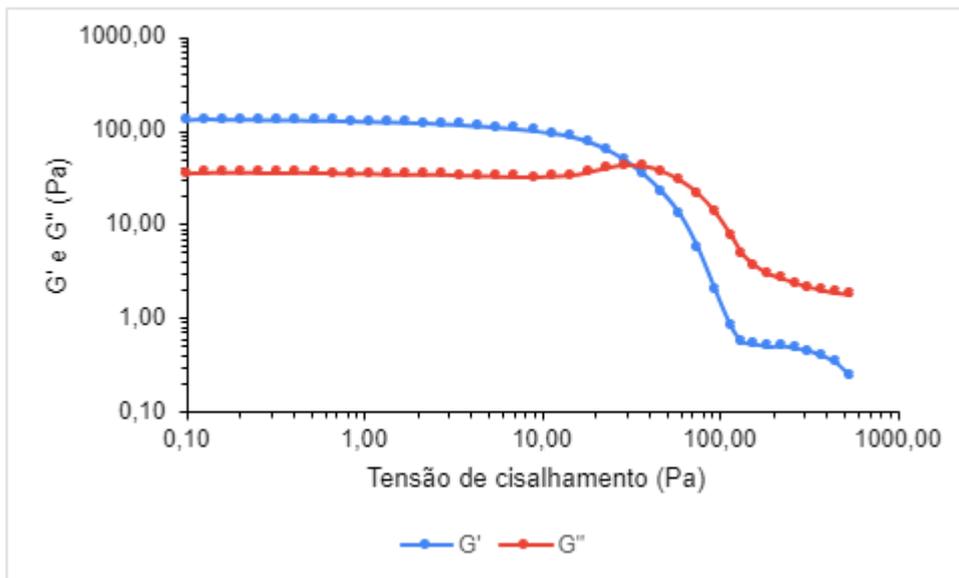
Fonte: Do autor, 2024.

Figura 2: Varredura de tensão da coalhada desnatada de leite em temperatura de refrigeração aprox. 4°C.



Fonte: Do autor, 2024.

Figura 3: Varredura de tensão da coalhada Zero lactose em temperatura de refrigeração aprox. 4°C.



Fonte: Do autor, 2024.

Os reômetros operando em modo dinâmico permitem o cálculo de módulo de armazenamento e módulo de perda, que descreve a elasticidade e propriedades viscosas (DAMIN *et al.*, 2009).

Verifica-se nos gráficos das figuras acima que todas as amostras apresentaram módulos de armazenamento (G') superiores aos módulos de perda (G''), indicando um comportamento mais elástico do que viscoso.

Conforme discutido anteriormente, a coalhada é um derivado fermentado do leite (BRASIL, 2017). Durante o processo de fermentação, as mudanças estruturais ocorrem, influenciando diretamente as características finais do produto (Medeiros *et al.*, 2010). A acidificação resultante da presença do ácido láctico, decorrente dos processos fermentativos, é responsável pela coagulação das proteínas do leite, resultando na formação de um gel (Damin *et al.*, 2009). Além disso, o comportamento elástico observado nas amostras estudadas neste trabalho é atribuído não apenas à fermentação, mas também à presença do estabilizante gelatina, conforme listado nos ingredientes de todas as coalhadas.

Os gráficos acima ainda indicam o ponto de *crossover* das amostras, em que o comportamento predominante deixa de ser elástico e as amostras passam a se comportar como um fluido viscoso. Observa-se que as amostras Integral e Desnatada alcançaram este ponto em valores maiores de tensão de cisalhamento em comparação à amostra Zero lactose, sugerindo serem géis mais resistentes. Lima *et al.* (2011) afirmam que um dos fatores que interferem nas características de firmeza de iogurtes é a presença de sólidos. Associando esta afirmativa à coalhada enquanto lácteo fermentado correlato ao iogurte, a ausência da lactose na amostra possivelmente justifica a transição de $G' > G''$ em $G' < G''$ mais precocemente em comparação às demais.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos para as amostras de coalhada integral, desnatada e zero lactose, observou-se que o teor de gordura e lactose exerce influência significativa nas características de cor e textura. Amostras com maior teor de gordura e lactose exibiram cores mais intensas e brilhantes, além de uma textura mais firme e elástica, enquanto amostras com teores mais baixos apresentaram uma textura mais macia e menos coesa. Esses resultados destacam a importância tecnológica desses componentes nas características intrínsecas deste tipo de produto.

Referências

ATAMER, M. et al. *Textural structure of kuru kaymak (dry clotted cream)*. **Akademik Gida**, Turquia, v. 14, n. 2, p. 189 - 195, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.

DAMIN, M. R. et al. *Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt*. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, p. 1744 - 1750, 2009.

DEMAGALA, J. et al. *Rheological properties and texture of yoghurts when oat-maltodextrin is used as a fat substitute*. **International Journal of Food Properties**, Polónia, v. 9, p. 1 - 11, 2006.

EGEA, M. B. et al. *Relação entre as características físico-químicas e reológicas e o valor comercial de iogurte integral com sabor morango*. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 26, p. 1 - 11, 2019.

GLOBAL DAIRY PLATFORM. **Simple facts about the dairy sector**. *Global Dairy Platform*, 2024. Disponível em: <https://globaldairyplatform.com/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

LEITE, A. I. N. et al. **Influência do teor de gordura na cor e perfil de textura do queijo de manteiga**. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 32, Juiz de Fora. Anais do 32º Congresso Nacional de Laticínios. Juiz de Fora: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2019. p. 38.

LIMA, S. C. G. de. et al. *Efeito da adição de diferentes sólidos na textura, sinérese e características sensoriais de iogurte firme*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, n. 383, p. 32 - 39, 2011.

MEDEIROS, A. C. L. et al. *Avaliação comparativa do efeito de tratamento térmico e temperatura de incubação sobre o perfil de acidificação dos leites bovino, bubalino e caprino*. **Revista Brasileira de produtos agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, p. 105 - 114, 2010.

SILVA, S. V. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

SIQUEIRA, K. B. **O mercado consumidor de leite e derivados**. Juiz de Fora - MG: EMBRAPA, Circular Técnica 120, 2019.