

INFLUÊNCIA DO TIPO DE FOSFATO NA TECNOLOGIA DE LEITE UHT

INFLUENCE OF PHOSPHATE TYPE ON UHT MILK TECHNOLOGY

Nathalia da Silva Campos¹; Biany Aparecida de Castro Dias¹; Eduarda Coelho Gaudard Desiderio¹; Rodrigo Stephani¹, Ítalo Tuler Perrone²

¹Departamento de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

²Departamento de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil

Resumo

O objetivo do trabalho foi estudar a influência de sais de citrato e fosfato na estrutura coloidal do leite desnatado sob condições simuladas de tratamento térmico. Citrato de sódio (TSC), monofosfato de sódio (SMP), difosfato de sódio (SDP), tripolifosfato de sódio (STP), monofosfato dissódico (DSMP) e difosfato tetrasódico (TSDP) foram adicionados em concentrações de 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20% (m.m⁻¹) no leite desnatado. As amostras foram submetidas ao tratamento térmico em banho de óleo a 155 °C ($F_0 = 1,43$ minutos) e analisadas (pH, cálcio iônico e distribuição do tamanho de partículas) antes e depois da aplicação de calor. As principais mudanças foram causadas pela adição de TSDP e STP, nas concentrações de 0,15 e 0,20%, pois apresentaram a capacidade de aumentar o pH e sequestrar Ca^{2+} , além de alterar a distribuição do tamanho das partículas.

Palavras-chave Fosfato, Citrato, Leite UHT

Introdução

Os sais sequestrantes de cálcio (SQC) são usados para aumentar a estabilidade térmica do leite ou retardar a gelificação em produtos lácteos. A adição desses compostos afeta a estabilidade térmica do leite, pois diminuem a concentração de íons livres de cálcio na fase solúvel e, conseqüentemente, reduz a agregação das proteínas induzidas pelo cálcio, aumentando a estabilidade térmica e vida útil do leite. Esse tipo de aditivo também resolve problemas tecnológicos no processamento de leite, pois evitam a formação de depósitos em trocadores de calor (De Kort *et al.*, 2012; Garcia; Alting; Huppertz, 2023; Gaucheron, 2005). De acordo com a legislação brasileira, é permitido o uso de alguns sais sequestrantes de cálcio para leite UHT (*Ultra-High-Temperature*). Dentre eles, estão: citrato de sódio, monofosfato de sódio, difosfato de sódio e trifosfato de sódio, podendo ser adicionados de forma separada ou em combinação, em uma quantidade não superior a 0,1 g.100 mL⁻¹ expressos em P₂O₅ (Brasil, 1997).

No entanto, esses sais agem de maneiras diferentes e podem diminuir a estabilidade térmica do leite em uma determinada concentração, pois podem quelar o fosfato de cálcio coloidal fazendo com que a integridade da estrutura micelar seja perdida. Além disso, eles podem dissociar a caseína e alterar a distribuição do tamanho das partículas do leite (De Kort *et al.*, 2012; Deshwal *et al.*, 2023 e 2024). Recentemente, Garcia, Alting e Huppertz, (2023) relataram que a adição de agentes sequestrantes tem a capacidade de perturbar a estrutura micelar, causando sua ruptura. Isso foi acompanhado através de análises de turbidez, distribuição de cálcio e composição proteica. Os autores sugeriram que a adição de TSC causa a ruptura micelar devido ao sequestro do cálcio micelar e, dessa forma, os nanoaglomerados de fosfato de cálcio micelar são desfeitos. Além disso, foi sugerido que o fósforo proveniente da adição de hexametáfosphato de sódio (SHMP) pode competir com o fósforo inorgânico de dentro das micelas de caseína, causando um deslocamento desse fósforo. Como resultado desse deslocamento, há a perda da estrutura micelar. Nesse sentido, o trabalho

proposto teve como objetivo estudar a influência da adição de diferentes sais sequestrantes na estrutura coloidal de leite desnatado sob condições simuladas de tratamento térmico.

Material e Métodos

Para o preparo das amostras, partiu-se de leite em pó desnatado de baixo tratamento térmico (Land O'Lakes, INC.) com a seguinte composição físico-química: gordura 0,74%, umidade 3,28%, proteína 38,63% e *whey protein nitrogen index* (WPNI) 7,80 mgN.g⁻¹. O leite em pó foi reconstituído com água deionizada em temperatura ambiente (22 ± 2 °C) para 9% m.m⁻¹ de sólidos totais. O leite reconstituído foi deixado em geladeira (8 °C) por 24 horas. Após esse tempo, as análises físico-químicas foram feitas através do analisador de leite ultrassônico portátil Ekomilk (Cap-Lab, São Paulo, Brasil) e obteve a seguinte composição: gordura 0,28 ± 0,07%, extrato seco desengordurado (ESD) 9,11 ± 0,58%, densidade 1,035 ± 0,002 g.mL⁻¹, proteína 3,55 ± 0,22%, lactose 4,88 ± 0,31%.

Partindo do leite reconstituído, prepararam-se as amostras com a adição dos sais: citrato de sódio (TSC), monofosfato de sódio (SMP), difosfato de sódio (SDP), trifosfato de sódio (STP), monofosfato dissódico (DSMP) e difosfato tetrassódico (TSDP). Todos os sais foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Missouri, Estados Unidos). As concentrações usadas para cada sal foi de 0,00 (controle); 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20% (m.m⁻¹).

As amostras foram submetidas ao tratamento térmico em banho de óleo a 155 °C por 8 minutos (F₀ = 1,43 minutos). Em seguida, elas foram resfriadas em banho de gelo até atingir a temperatura ambiente (22 ± 2 °C). Todas as amostras foram submetidas a análises de pH, cálcio iônico e distribuição do tamanho das partículas antes e após ao tratamento térmico. O preparo das amostras e as análises foram realizados em duplicata.

O valor de F₀ e a curva de tratamento térmico em que todas as amostras foram submetidas (Figura 1) foram feitas através da calculadora para determinação da letalidade e alterações químicas em produtos UHT utilizando a regra de Simpson disponível em Mullan (2018).

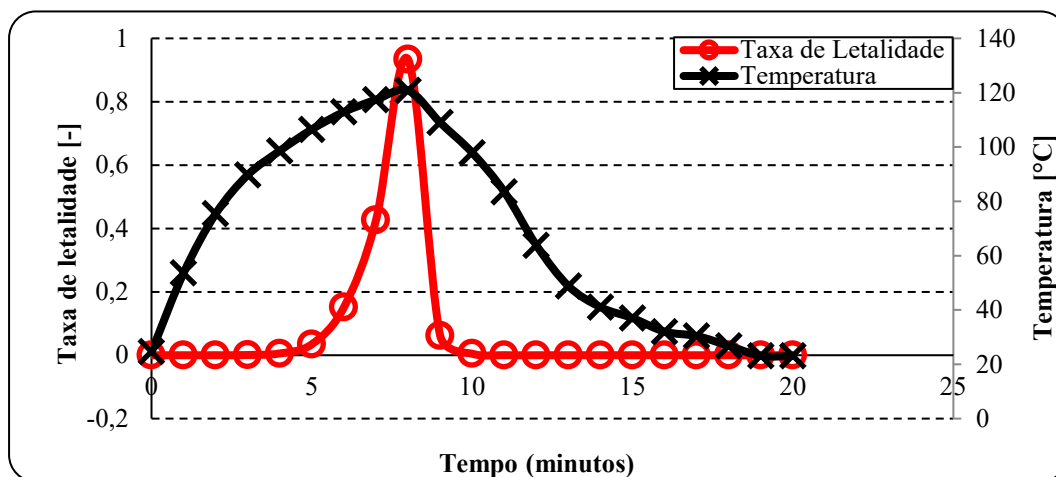


Figura 1. Exemplo da curva de tratamento térmico a que todas as amostras foram submetidas.

Resultados e Discussão

Os resultados de ΔpH (Figura 2) mostram que amostras adicionadas de TSC, STP, DSMP e TSDP apresentam uma tendência de aumento do pH à medida que a concentração do sal aumenta. Diferentemente dos produtos adicionados de SMP e SDP, que possuem uma tendência de diminuição do pH à medida que a concentração do sal aumenta. Inclusive, é possível observar que o SDP tem uma capacidade maior de diminuir o pH se comparado ao SMP. O mesmo comportamento de aumento de pH para o TSC e DSMP foi relatado por Tsioulpas *et al.* (2010) e, além disso, a adição de SMP ao leite desnatado reduziu o pH, conforme foi observado na Figura 2.

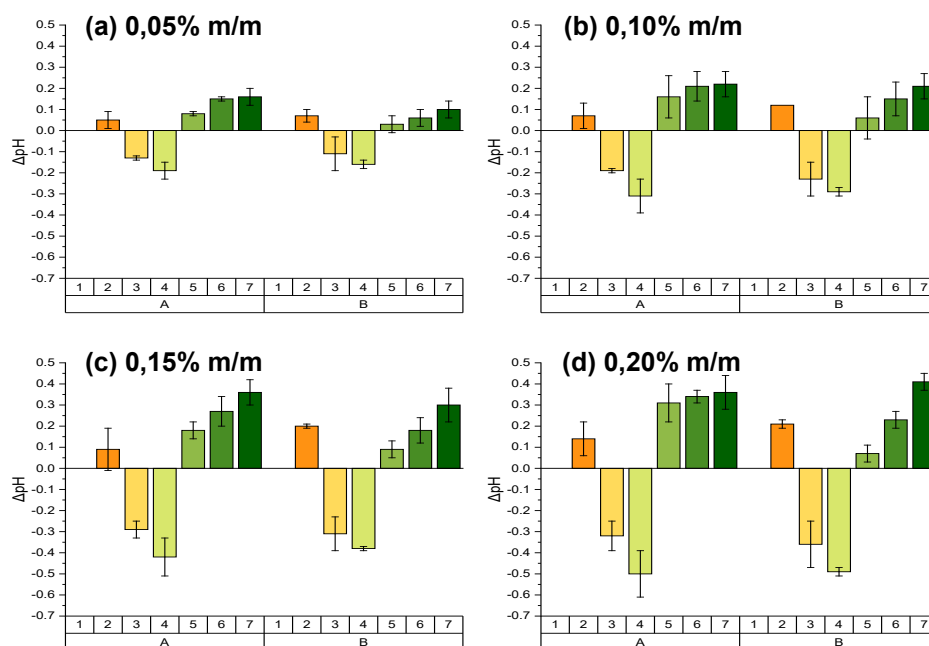


Figura 2. Δ pH das amostras de leite desnatado adicionado de SQC nas concentrações 0.05% (a), 0.10% (b), 0.15% (c) e 0.20% m.m⁻¹ (d) antes (A) e após (B) o tratamento térmico, sendo controle (1), TSC (2), SMP (3), SDP (4), STP (5), DSMP (6) e TSDP (7).

Os resultados de cálcio iônico estão representados na forma de capacidade sequestrante (Figura 3), em que as amostras sem adição dos sais (controle) foram consideradas com 0% de capacidade sequestrante. É possível observar que a capacidade sequestrante tende a aumentar de forma dependente da concentração, confirmando que os sais sequestrantes em geral tendem a diminuir o teor de Ca²⁺. Na maior parte dos casos houve uma diminuição do Ca²⁺ após o tratamento térmico, fato esse que é previsto na literatura científica visto que ocorre o deslocamento do cálcio solúvel para a fase coloidal com precipitação do fosfato tricálcico devido à baixa solubilidade desse sal a altas temperaturas (Da Silva, 2003). Também é possível verificar que a adição de SMP teve pouco efeito sobre o cálcio iônico. O mesmo fato foi relado por Tsioulpas *et al.* (2010).

De Kort *et al.* (2012) relataram que a diminuição da concentração de cálcio iônico tornou-se mais acentuada com o aumento do pH. Os autores relacionam tal fato com o aumento na formação do complexo de fosfato de cálcio.

Os valores de tamanho hidrodinâmico correspondente a 90% das partículas (Dv90) (Figura 4) foram semelhantes para a maioria das amostras, exceto no caso das amostras adicionadas de STP e TSDP. A amostra adicionada de STP teve um aumento no Dv90 apenas após o tratamento térmico na concentração de 0,20% m/m. A amostra adicionada de TSDP também apresentou aumento no Dv90, entretanto isso ocorreu nas concentrações de 0,15 e 0,20% m/m antes e depois do tratamento térmico.

Tsioulpas *et al.* (2010) sugeriram que o tamanho da micela de caseína pode estar sendo influenciado pelo Ca²⁺, pois a redução de Ca²⁺ em amostras de leite desnatado tratadas termicamente resultou em aumento no tamanho da micela. Através dos resultados apresentados, podemos sugerir que a distribuição do tamanho das partículas é influenciada pelo Ca²⁺, pois o sal que apresentou maior capacidade sequestrante (TSDP) foi o responsável pelas principais alterações no Dv90.

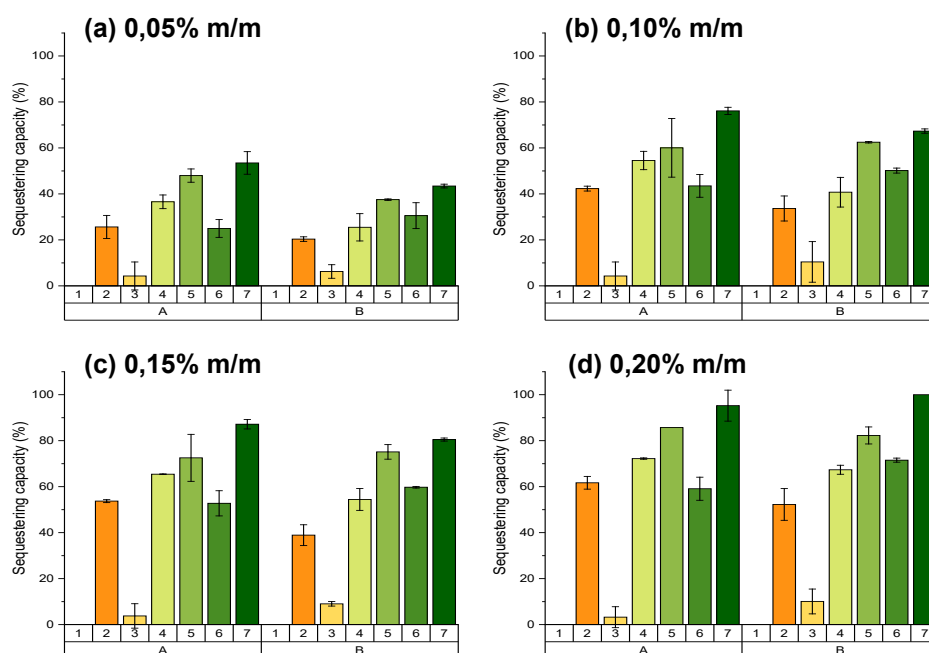


Figura 3. Capacidade sequestrante (%) das amostras de leite desnatado adicionado de SQC nas concentrações 0.05% (a), 0.10% (b), 0.15% (c) e 0.20% m.m⁻¹ (d) antes (A) e após (B) o tratamento térmico, sendo controle (1), TSC (2), SMP (3), SDP (4), STP (5), DSMP (6) e TSDP (7).

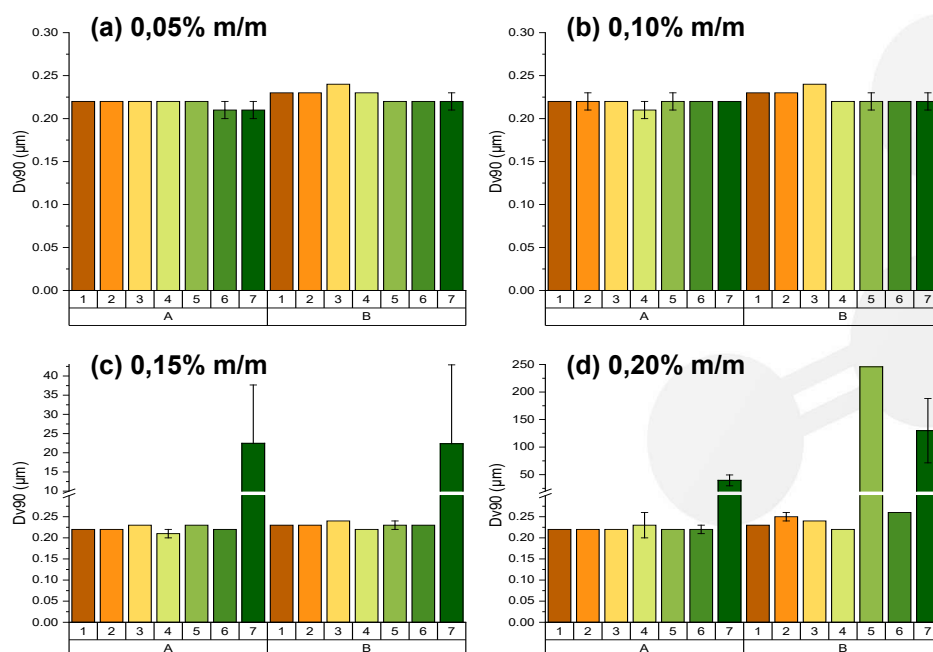


Figura 4. Dv90 (diâmetro hidrodinâmico em que 90% das partículas são encontradas) das amostras de leite desnatado adicionado de SQC nas concentrações 0.05% (a), 0.10% (b), 0.15% (c) e 0.20% m.m⁻¹ (d) antes (A) e após (B) o tratamento térmico, sendo controle (1), TSC (2), SMP (3), SDP (4), STP (5), DSMP (6) e TSDP (7).

Conclusão

Diante do panorama exposto, é possível concluir que as principais influências na estrutura coloidal do leite desnatado foram causadas pela adição do TSDP e STP, nas concentrações de 0,15 e 0,20% m.m⁻¹, pois eles apresentaram a maior capacidade de aumentar o pH e sequestrar íons Ca²⁺, além de alterar a distribuição do tamanho das partículas.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 370, de 4 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do leite UHT (UAT). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 172, 8 set. 1997. Seção I

DA SILVA, P. H. F. **Leite UHT: Fatores determinantes para sedimentação e gelificação**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 163 p., 2003.

DE KORT, E.; MINOR, M.; SNOEREN, T.; VAN HOOIJDONK, T.; VAN DER LINDEN, E. Effect of calcium chelators on heat coagulation and heat-induced changes of concentrated micellar casein solutions: The role of calcium-ion activity and micellar integrity. **International Dairy Journal**, 26, 112-119, 2012.

DESHWAL, G. K.; FENELON, M.; GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G.; HUPPERTZ, T. Influence of citrate- and phosphate-based calcium sequestering salts on the disruption of casein micelles. **Food Hydrocolloids**, 153, 109970, 2024

DESHWAL, G. K.; GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G.; FENELON, M.; HUPPERTZ, T. A review on the effect of calcium sequestering salts on casein micelles: from model milk protein systems to processed cheese. **Molecules**, 28, 2085, 2023.

GARCIA, A.; ALTING, A.; HUPPERTZ, T. Disruption of casein micelles by calcium sequestering salts: From observations to mechanistic insights. **International Dairy Journal**, v. 142, 105638, 2023.

GAUCHERON, F. The minerals of milk. **Reproduction Nutrition Development**, v. 45, p. 473-483, 2005.

MULLAN, W.M.A. Calculator for determining the lethality and chemical changes in UHT-heated products using the trapezoid and Simpson's rules, 2018. [On-line] Available from: <https://www.dairyscience.info/uht-t/>.

TSIOULPAS, A; KOLIANDRIS, A.; GRANDISON, A. S.; LEWIS, M. J. Effects of stabiliser addition and in-container sterilisation on selected properties of milk related to casein micelle stability. **Food Chemistry**, v. 122, p. 1027–1034, 2010

Autor(a) a ser contatado: Nathalia da Silva Campos; doutoranda em química; Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Universitário, Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora, MG, 36036-900; nathaliacampos@ice.ufjf.br