

## **IMPACTO DO PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO ASSISTIDO POR ULTRASSOM NO PERFIL FERMENTATIVO DE IOGURTE DE LEITE DE CABRA**

### **RESUMO**

Na produção de iogurte de leite de cabra, a fermentação é uma etapa crítica em virtude do longo de tempo de processo e do alto consumo de energia. Novas estratégias estão sendo desenvolvidas para superar esses desafios. O ultrassom (US) é uma tecnologia capaz de promover alterações nos componentes do leite, o que pode ser interessante para acelerar o processo fermentativo. Diante disso, este estudo objetivou avaliar o efeito do pré-tratamento térmico (usando os binômios 62°C/30min, 80°C/30min e 90°C/5min) do leite de cabra assistido por US (38 W/L, 25 kHz) visando potencializar a fermentação do iogurte de cabra. Os resultados mostraram que a sonicação do leite de cabra durante o tratamento térmico (80°C/30 min e 90°C/5 min) foi capaz de aumentar a taxa de declínio do pH do leite durante a fermentação (aumento de até 25,7%) em comparação com as amostras convencionais. Essa melhoria contribuiu para redução no tempo de fermentação (redução de até 1h) do iogurte. Portanto, a utilização do US durante o tratamento térmico do leite de cabra (80°C/30min ou 90°C/5min) se torna interessante para otimização da fermentação durante a produção do iogurte de leite de cabra.

### **INTRODUÇÃO**

O leite de cabra apresenta algumas vantagens quando comparado ao leite de vaca, como maior digestibilidade de gordura e proteínas, maior teor de vitamina A, vitamina B e cálcio, além de menores propriedades alergênicas em virtude de uma menor concentração de  $\alpha_{s1}$ -caseína comparado ao leite de vaca (1,2,3).

No entanto, essas características do leite de cabra resultam em uma baixa capacidade de coagulação do leite, longo tempo de fermentação e gel com menor consistência em comparação o gel obtido a partir do leite vaca (4).

Diferentes métodos convencionais são utilizados para melhorar a fermentação e a qualidade do gel de iogurtes de leite de cabra. Dentre as principais estratégias, destaca-se o aumento de sólidos no leite com gordura, proteínas e açúcares, bem como a adição do estabilizante como pectina, amido, gelatina, entre outros (5). Outras estratégias incluem os tratamentos térmicos utilizando temperaturas elevadas (6), processo de alta pressão (7) e ultrassom (8,9,10). Entretanto, essas estratégias têm sido estudadas em leite de vaca, mas são poucos exploradas para o leite de cabra.

O ultrassom é uma tecnologia promissora devido a simplicidade, rapidez, baixo custo e ecologicamente correta (11), proporcionando vantagens sobre outras tecnologias emergentes (12). Na indústria de alimentos, as aplicações do ultrassom incluem o aprimoramento da ultrafiltração de soro de leite, extração de compostos bioativos, redução da viscosidade do produto, melhoria da homogeneização dos glóbulos de gordura do leite e cristalização de gelo e lactose (13,14). Além disso, o uso do ultrassom no leite de vaca tem demonstrado resultados interessantes na produção de leites fermentados (13).

### **OBJETIVO**

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do pré-tratamento térmico (usando os binômios de 62°C/30min, 80°C/30min e 90°C/5min) do leite de cabra assistido por US (38 W/L, 25 kHz) visando potencializar o perfil fermentativo do iogurte de leite de cabra.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Matéria-prima e equipamento de ultrassom

O leite de cabra foi adquirido no setor de caprinocultura da Universidade Federal de Viçosa e preservado por até 24h a 1°C até o processamento.

A cultura láctea, contendo microrganismos *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, foi adquirida pelo Sacco (Campinas, Brasil). O equipamento utilizado durante o pré-tratamento do leite de cabra foi um banho ultrassônico (Unique, modelo USC 2800 A, Brasil) com controle de temperatura, capacidade volumétrica de 9,5 L, dimensões de 300 x 240 x 150 mm e equipado com cinco transdutores de disco dispostos abaixo da cuba, a uma frequência de 25 kHz e potência nominal de 450 W e potência volumétrica de 38 W/L.

### Processo de fermentação do iogurte de cabra

O leite de cabra cru foi filtrado e uma parte foi pré-tratada termicamente em banho termostático e a outra parte foi pré-tratada termicamente em banho ultrassônico em três diferentes binômios tempo/temperatura: 62°C/30min, 80°C/30min e 90°C/5min, totalizando 6 amostras. Em seguida, as amostras foram resfriadas a 42°C e a cultura de iogurte contendo *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* (Sacco Brasil, Campinas, Brasil) foi adicionada na concentração de 10<sup>6</sup> UFC/mL de leite de cabra. Posteriormente, a fermentação ocorreu em banho termostático até atingir o valor de pH de 4,6.

Os dados de pH foram modelados usando a equação modificada de Gompertz (Equação 1) para obtenção do tempo da fase de latência (fase lag -  $\lambda$ (h)) e da taxa máxima de diminuição de pH ( $\mu$  (h<sup>-1</sup>)).

$$pH = pH_0 + (pH_\infty - pH_0) \exp \left\{ -\exp \left[ \frac{\mu t}{(pH_0 - pH_\infty)} (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$$

Equação 1

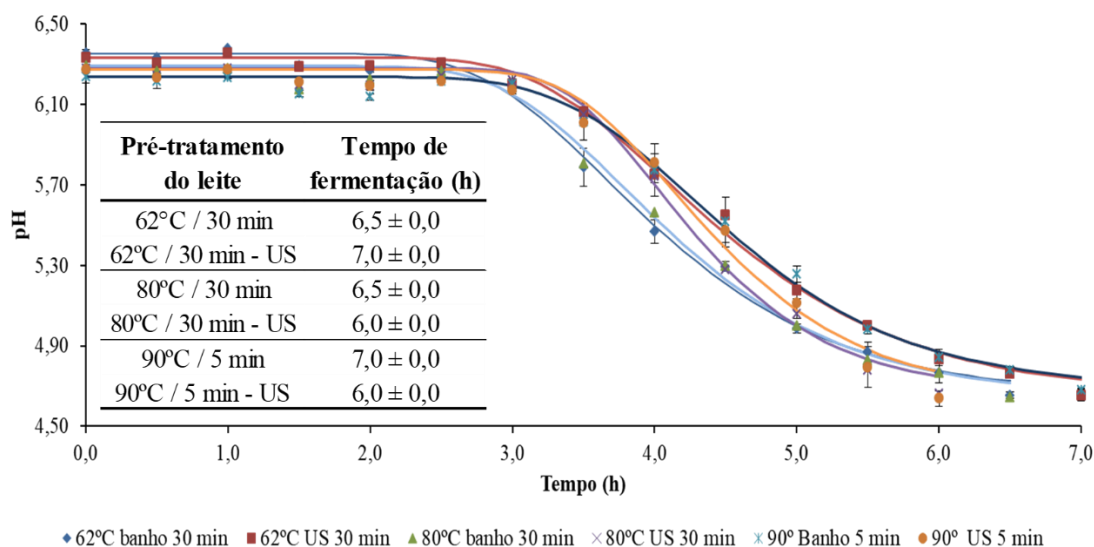
Onde  $pH_0$  = pH inicial,  $pH_\infty$  = pH final,  $\mu$  = taxa de redução máxima de pH (h<sup>-1</sup>),  $\lambda$  = tempo de fase lag (h) e  $t$  = o tempo (h).

### Análise estatística

Os processos e os experimentos foram realizados em duas repetições e cada unidade experimental foi realizada em triplicata. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para comparar os efeitos de diferentes tratamentos e o teste de Tukey foi usado para avaliação de diferenças significativas entre eles ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Statistica (StatiSoft INC).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas de decaimento do pH até 4,60 durante a fermentação do iogurte de leite cabra pré-tratado por diferentes binômios térmicos assistidos ou não por US. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a aplicação do tratamento térmico assistido por US em temperaturas elevadas (80 e 90°C) diminuiu o tempo de fermentação (redução de até ~1h em condições de pré-tratamento de 90°C/5min).



**Figura 1.** Declínio do pH durante a fermentação de iogurte produzido a partir de leite de cabra pré-tratado termicamente assistido ou não por ultrassom. Os pontos são dados experimentais e as linhas contínuas são os dados gerados pela Eq. (1) de Gompertz modificada.

As amostras iniciaram a fermentação com pH variando de 6,24 a 6,35, apresentando uma redução no pH inicial em função do aumento da temperatura utilizada durante o tratamento térmico do leite independente do US ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). A diminuição do pH do leite com a intensificação do tratamento térmico pode ser atribuída à hidrólise de ésteres fosfóricos, desfosforilação das micelas de caseína, precipitação de sais, e hidrólise da lactose com a formação de ácidos orgânicos (15).

As curvas de fermentação representadas na Figura 1 foram modeladas de acordo com a equação de Gompertz modificada, para obtenção dos parâmetros da fase lag ( $\lambda$ , h) e a taxa máxima de declínio do pH ( $\mu$ ,  $h^{-1}$ ) (Tabela 1).

Para o parâmetro  $\lambda$ , que representa a fase lag do crescimento microbiano, verificou-se que os tratamentos térmicos mais severos e/ou aplicação de ultrassom no leite promoveram um aumento deste parâmetro, indicando que a cultura de iogurte teve maior dificuldade para se adaptar ao meio e iniciar a produção de ácido láctico. Por outro lado, para parâmetro  $\mu$ , que indica a taxa de declínio máximo do pH durante o crescimento simbiótico das culturas de *Streptococcus thermophilus* e do *Lactobacillus bulgaricus* (16), observou-se que as amostras sonicadas durante os tratamentos térmicos severos (80°C/30min e 90°C/5min) apresentaram maiores valores (aumento de até 25,7%) comparadas as amostras controle ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Parâmetros da Equação de Gompertz modificada adaptada para as curvas de fermentação de iogurte de cabra produzido a partir do leite pré-tratado por diferentes binômios térmicos assistidos ou não por US.

Pré-tratamento do leite	pH inicial	$\lambda$ (h)	$\mu$ (h <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
62°C / 30 min	6,35±0,01 <sup>a</sup>	2,76±0,07 <sup>b</sup>	-0,69±0,02 <sup>b</sup>	0,997
62°C / 30 min - US	6,33±0,01 <sup>a</sup>	3,13±0,03 <sup>ab</sup>	-0,65±0,01 <sup>b</sup>	0,998
80°C / 30 min	6,29±0,02 <sup>b</sup>	2,92±0,08 <sup>b</sup>	-0,70±0,02 <sup>b</sup>	0,996
80°C / 30 min - US	6,28±0,00 <sup>b</sup>	3,34±0,09 <sup>a</sup>	-0,88±0,05 <sup>a</sup>	0,996
90°C / 5 min	6,24±0,01 <sup>c</sup>	3,32±0,30 <sup>a</sup>	-0,66±0,03 <sup>b</sup>	0,997
90°C / 5 min - US	6,27±0,02 <sup>b</sup>	3,38±0,11 <sup>a</sup>	-0,81±0,05 <sup>a</sup>	0,991

Legenda:  $\lambda$ : tempo de fase lag (h);  $\mu$ : taxa máxima de declínio do pH (h<sup>-1</sup>). Diferenças significativas avaliadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre as amostras são indicadas por diferentes letras minúsculas sobrescritas.

Portanto, de forma geral, observou-se que as amostras de leite de cabra sonicadas durante o tratamento térmico em temperaturas elevadas (80 e 90°C) se mostrou eficaz para aumentar a taxa de decaimento do pH com conseqüente redução do tempo de fermentação do iogurte de cabra comparado ao tratamento convencional.

## CONCLUSÃO

Em condições específicas, a sonicção do leite de cabra se mostrou eficaz para potencializar a taxa de fermentação do iogurte de cabra quando comparado com o pré-tratamento convencional. Especificamente, as amostras pré-tratadas sob US em condições de 80°C/30min e 90°C/5min apresentaram uma redução no tempo de fermentação (redução de até 1 hora), o que pode contribuir para otimização do processo de fermentação em escala industrial.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. GETANEH, G. et al. Review on goat milk composition and its nutritive value. *J. Nutr. Health Sci.* v. 3, p. 1–10, 2016.
2. PASTUSZKA, R. et al. Nutritional value and health-promoting properties of goat milk. *Med. Weter.* v. 71, p. 480–485, 2015.
3. TURKNEM, N. The nutritional value and health benefits of goat milk components. In *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*, 1st ed.; WATSON, R.R., COLLIER, R.J., PREEDY, V.R., Eds.; Elsevier: London, UK, v. 1, p. 441–449, 2017.
4. COSTA, M. et al. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *J. Dairy Sci.* v. 98, p. 5995–6003, 2015.
5. GURSEL, A. et al. Role of milk protein-based products in some quality attributes of goat milk yogurt. *J. Dairy Sci.* v. 99, p. 2694–2703, 2016.
6. LUCEY, J.A. et al. Effect of heat treatment on the physical properties of milk gels made with both rennet and acid International Dairy Journal, v. 11, p. 559–565, 2001.
7. PANDEY, P.K. et al. Water-holding capacity and gel strength of rennet curd as affected by high-pressure treatment of milk. *Food Research International*, v. 33, p. 655–663, 2000.

8. LOVEDAY, S.M. et al. Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. *Trends in Food Science and Technology*, 33 (2013), pp. 5-20
9. MARCHESINI, G. et al. Effect of ultrasound alone or ultrasound coupled with CO<sub>2</sub> on the chemical composition, cheese-making properties and sensory traits of raw milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 16, p. 391-397, 2012.
10. NGUYEN, N.H.A. et al. Effect of ultrasonication on the properties of skim milk used in the formation of acid gels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 11, p. 616-622, 2010.
11. HUANG, G. et al. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 37, p. 144-149, 2017.
12. ARZENI, C. et al. Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108, p. 463-472, 2012.
13. AL-HILPHY AR. Et al. Principles of ultrasonic technology for treatment of milk and milk products. In: MEGHWAL M.; GOYAL MR (eds). *Food process engineering: Emerging trends in research and their applications*. Apple Academic Press, Palm Bay, FL, p.178–202, 2016.
14. ASHOKKUMAR, M. The characterization of acoustic cavitation bubbles: an overview. *Ultras Sonochem*, 2011.
15. WALSTRA, P. et al. *Dairy Science and Technology*. (second ed.), Boca Ratón, FL, CRC, Taylor and Francis (2006)
16. DE BRABANDERE, A. G. et al. Effects of process conditions on the pH development during yogurt fermentation. *Journal of Food Engineering*, v. 41, p. 221-227, 1999.