



ANÁLISE COMPARATIVA CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO LÁCTEA DE IOGURTE A PARTIR DE LEITE PASTEURIZADO DE VACA

Ana C. F. Vasconcelos¹; Kelly A. T. Torres¹; Wenderson G. dos Santos²

¹UFAM – Universidade Federal do Amazonas

¹(92) 98160-9179

Email: anavascofernandes@hotmail.com

RESUMO

Este estudo analisou a cinética da fermentação láctea de iogurte produzido com leite pasteurizado, visando otimizar o processo e melhorar a qualidade do produto. A pesquisa justifica-se pela crescente demanda por alimentos funcionais e pela importância de entender parâmetros físico-químicos como pH, acidez titulável e sólidos solúveis (°Brix). O experimento foi realizado no LABTERMO, utilizando leite de vaca de Presidente Figueiredo-AM. O leite passou por tratamento térmico, enriquecimento com leite em pó e sacarose, seguido de inoculação com culturas lácticas (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*). A fermentação ocorreu a 42 °C por quatro horas, com medições a cada 30 minutos. Os resultados mostraram queda no pH de 6,6 para 5,5, aumento da acidez até 66 mEq/L e redução dos sólidos solúveis até 19 °Brix. A modelagem matemática indicou melhor ajuste para acidez na ordem 2 ($R^2 = 0,9935$) e para pH na ordem 1 ($R^2 = 0,921$). Conclui-se que o processo foi eficiente e viável, agregando valor ao leite pasteurizado e reduzindo desperdícios. O estudo destaca o potencial técnico e econômico da produção de iogurte artesanal com controle cinético.

Palavras-chave: Fermentação láctea. Cinética microbiana. Leite pasteurizado.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos funcionais e saudáveis tem impulsionado o desenvolvimento de produtos lácteos fermentados com propriedades nutricionais aprimoradas e maior estabilidade microbiológica. O iogurte, em especial, destaca-se por sua composição rica em proteínas, cálcio e probióticos, sendo amplamente consumido em diferentes culturas. No entanto, a qualidade final do produto está diretamente relacionada à eficiência do processo fermentativo, que depende de fatores como a composição do leite, a atividade das culturas lácteas e as condições de processamento.

A fermentação láctea é um processo complexo, influenciado por variáveis físico-químicas como pH, acidez titulável e teor de sólidos solúveis (°Brix), que afetam diretamente a textura, o sabor e a vida útil do iogurte. A compreensão da cinética microbiana durante esse processo é essencial para garantir a padronização industrial e a segurança alimentar. Além disso, o tipo de leite utilizado, pasteurizado dependendo de sua procedência e algumas características físico-químicas podem impactar significativamente o desempenho das culturas fermentativas e a qualidade sensorial do produto final. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar comparativamente a cinética da fermentação láctea de iogurte produzido a partir de leite pasteurizado com alguns trabalhos já publicados, avaliando parâmetros físico-químicos como pH, °Brix e acidez titulável ao longo do processo, com vistas à otimização da produção e à melhoria da qualidade do produto.

METODOLOGIA



Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Termodinâmica Aplicada (LABTERMO). O estudo realizou análises para caracterização físico-químicas do leite pasteurizado de vaca (acidez titulável e pH). Para a cinética foram realizadas sólidos solúveis totais (°Brix), potencial hidrogeniônico (pH) e acidez total titulável (mEq/L). Essas análises foram conduzidas em triplicata, de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (2008). O processo de produção do fermentado seguiu as metodologias descritas por EMBRAPA (sd), onde utilizou-se um litro de leite pasteurizado proveniente de ruminantes do município de Presidente Figueiredo - AM. O processo de fermentação láctea envolveu uma série de operações térmicas, físico-químicas e microbiológicas cuidadosamente controladas para garantir a obtenção de um iogurte batido com características sensoriais e estruturais desejáveis.

Inicialmente, o leite pasteurizado foi submetido a um tratamento térmico intensificado entre 80 °C e 82 °C por 30 minutos, o que promoveu a desnaturação parcial das proteínas do soro e a redução da carga microbiana competitiva. Durante o resfriamento gradual até 42 °C, foi incorporado leite em pó desnatado a 3% (p/p) e a sacarose a 8% (p/p), com o objetivo de elevar o teor de extrato seco total da matriz láctea e conferir um teor adocicado ao produto final. A agitação contínua durante essa fase assegurou a homogeneização da mistura e acelerou a dissipação térmica. Ao atingir a temperatura de inoculação, realizou-se a adição da cultura láctica liofilizada na proporção de 160 g/L, utilizando como fonte fermentativa o iogurte natural desnatado da marca Nestlé, que continha cepas termofílicas de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. A mistura foi homogeneizada por aproximadamente dois minutos para garantir a completa dispersão e ativação microbiológica. A fermentação ocorreu sob regime isotérmico a 42 °C por cerca de quatro horas em banho maria, com monitoramento cinético do pH e da acidez titulável a cada 30 minutos. O ponto final da fermentação foi estabelecido quando a acidez atingiu no mínimo 0,6% ou o pH se aproximou de 4,2, indicando acidificação adequada e formação de coágulo. Finalizada a fermentação, o produto foi resfriado a 10 °C e mantido sob refrigeração por 24 horas para maturação, permitindo o desenvolvimento completo da textura e do perfil sensorial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da caracterização físico-química do leite (Tabela 1) mostraram concentração de SST (10) e pH (6,6) esse resultados podem ser considerados satisfatórios, pois ficaram próximos aos obtidos por (Biçer, 2025). A escolha do leite se justifica pelo fato de seu SST ser naturalmente aproximado ao ideal, conferindo sabor e doçura ao lácteo, além de contribuir para a qualidade final do produto desenvolvido.

Tabela 1. Caracterização Físico-Química do leite

Análise	Dados obtidos	(Biçer, 2025)
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	10	10
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,6	6,8

Fonte: Autores (2025)

Na análise da cinética da fermentação, observa-se que o pH inicialmente apresentou uma tendência de queda, de aproximadamente 6,6 para valores mais baixos, seguido de uma estabilização em torno de 5,5. Essa estabilização pode indicar que o processo fermentativo atingiu um ponto de equilíbrio, iniciando na produção de ácido láctico em PH mais altos através do microorganismo do *Streptococcus thermophilus* e finalizando em PH mais baixo com



Lactobacillus bulgaricus que tem uma predominância a fermentação e a gelificação característica da bebida, estando esses resultados estão de acordo com os obtidos por (Biçer, 2025). Sendo que as bactérias de ácido láctico atuam consumindo açúcares (lactose), produzindo ácido láctico, outros metabólitos (ácidos orgânicos, compostos voláteis, exopolissacarídeos) que influenciam textura, sabor e estabilidade como também confirma (Ichimura, 2024). Em que o processo, essas bactérias convertem a lactose em ácido láctico, o que promove queda de pH, desnaturação/coagulação das proteínas do leite (especialmente caseína) e desenvolvimento das características de textura, sabor e aroma do produto como descreve (Raksha, 2022). Durante a fermentação do leite, observamos inicialmente uma rápida elevação na acidez, que passa a oscilar entre 35 e 40 mEq/L. Esse aumento é resultado da intensa atividade microbiana, onde bactérias metabolizam a lactose presentes no fluido lácteo. Após esse período inicial, a acidez se estabiliza em torno de 59 a 66 mEq/L, com estabilização pelo resfriamento inativando os microorganismos. Entende-se que vários fatores podem ter influenciado o resultado final como tempo e temperatura de incubação.

Observou-se, inicialmente, uma queda acentuada no TSS até a estabilização, em torno de 21,5 °Brix, sugerindo que houve um rápido consumo dos açúcares disponíveis pelos microrganismos e dessa forma houve a fase de adaptação passando diretamente para a fase exponencial através do liberação do ácido láctico. A cinética mostrou ainda que a estabilização ocorreu em torno de 19 °Brix apontando o ponto ótimo de fermentação. Esses valores estão em concordância com os encontrados no trabalho de Biçer (2025).

Figura 1 - Variação do pH

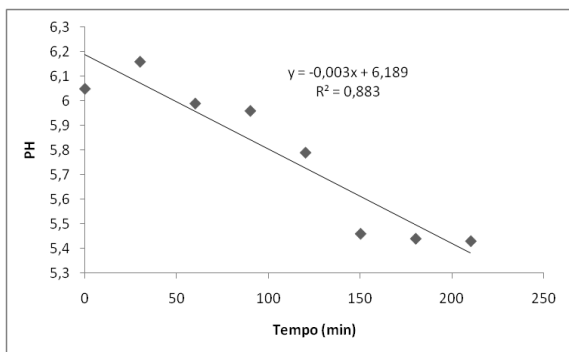


Figura 2- Variação da acidez Total Titulável

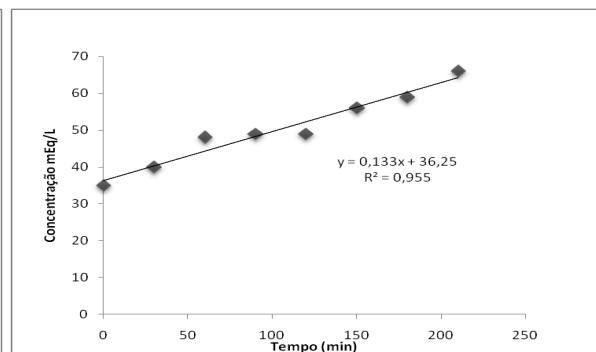


Figura 3- Variação do °Brix

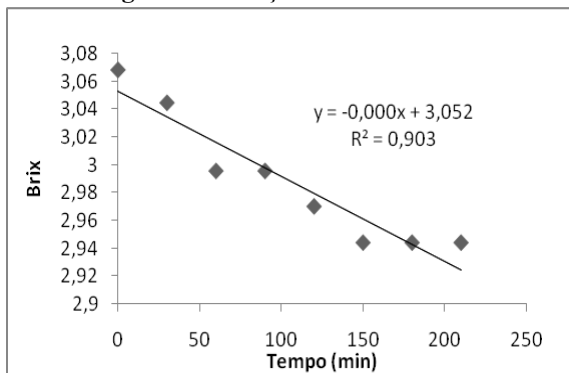
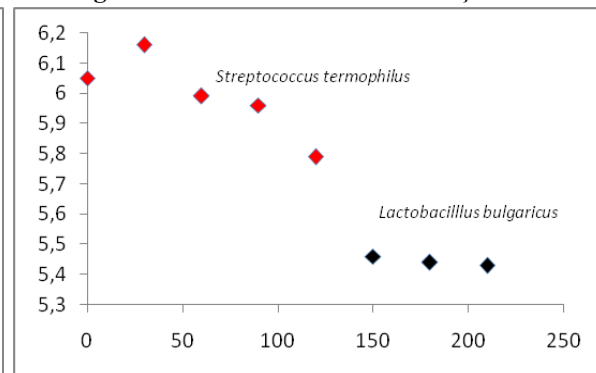


Figura 4 - Ponto Ótimo da fermentação



Fonte: Autores (2025)

Os resultados obtidos para a modelagem matemática do substrato e do produto estão expressos na tabela 2. O Brix de Ordem 2 possui ajuste razoável, com R^2 de 0,897 e 0,903, descrevendo bem a reação. A acidez obteve resultado satisfatório na Ordem 2 tem melhor ajuste na fase linear característico, com R^2 variando de 0,9935 e 0,9355. E o potencial hidrogeniônico



foi satisfatório no de Ordem 1 possui melhor ajuste (R^2 0,921). Em resumo, o desempenho de todos foi satisfatório para o ambiente ideal do experimento.

Tabela 2 - (A) Sólidos Solúveis Totais (°Brix), (B) acidez titulável e © potencial hidrogeniônico (pH)

Ensaio	Ordem A0	Ordem A1	Ordem A2	Ordem B0	Ordem B1	Ordem B2	Ordem © 0	Ordem © 1	Ordem © 2
a	-0,012	-0,000	3E-05	0,3128	-0,127	0,0005	-0,003	-0,000	0,000
b	21,16	3,052	0,047	56,33	4,0302	0,0177	6,189	1,831	0,161
R ²	0,897	0,903	0,909	0,9355	0,9815	0,9935	0,883	0,921	0,879

Fonte: Autores (2025)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção do fermentado lácteo de iogurte a partir de leite pasteurizado de vaca, conforme as condições experimentais adotadas, demonstrou viabilidade técnico econômica, permitindo o beneficiamento do fluido lácteo, agregando valor e contribuindo para a redução de desperdícios pecuários. Esse processo agrega valor à melhoria da cadeia produtiva do leite e possui potencial para geração de renda no melhor beneficiamento da bovinocultura leiteira.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Termodinâmica Aplicada (LABTERMO).

REFERÊNCIAS

- BIÇER, Yusuf; TURKAL, Gamze; TELLI, A. Ezgi; BAYIR, Tuba; SERT, Durmuş. *Estudo comparativo do resultado da fermentação do tipo iogurte de leite de vaca e ovelha com e sem lactose. Pesquisa com Pequenos Ruminantes*, v. 252, p. 107583, nov. 2025.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Métodos físicos químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo, 2008. 1020 p.
- ICHIMURA, Takefumi. "Yogurt Production." *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)* vol. 2851 (2024): 63-74.
- POPESCU, Liliana; BULGARU, Viorica; SIMINIUC, Rodica. *Effects of lactose hydrolysis and milk type on the quality of lactose-free yoghurt*. *Journal of Engineering Science*, Chisinau, v. 29, n. 4, p. 164–175, Dec. 2022.
- SAETAE, Donlaporn. Previsão baseada em aprendizado de máquina do crescimento microbiano e acidificação na fermentação de iogurte em temperaturas industriais. *LWT*, v. 231, p. 118326, 2025.
- RAKSHA, G. P.; DESHPANDE, H. W.; POSHADRI, A.; MONISHDEEP, V. *A review on "Frozen yogurt smoothie" – An innovative functional food*. *International Journal of Food Science and Nutrition, Maharashtra*, v. 7, n. 3, p. 194–200, 2022.
- ZHANG, ShengQi et al. Efeitos de promoção do ultrassom de forma plana na eficiência da fermentação, cinética e características de qualidade do iogurte armazenado em temperatura ambiente. *Ultrassom Sonoquímica*, v. 119, p. 107390, ago. 2025.