

COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DO LACTOSSORO RESULTANTE DA PRODUÇÃO DE QUEIJO ARTESANAL NO MUNICÍPIO DE JUCATI – PE

*Behavior rheology of thermophysical aspects of the whey
resulting from the artisan cheese manufacturing in Jucati-
PE*

Resumo:

O objetivo desse trabalho foi verificar a influência do comportamento reológico das propriedades termofísicas calor específico e massa específica do soro, proveniente da fabricação de queijo coalho no município de Jucati-PE. O soro representa cerca de 87% do volume de leite utilizado na fabricação de queijos e não é utilizado pelos produtores locais em outro processo. Durante a verificação do comportamento reológico, as variáveis dependentes, calor específico e massa específica, não sofreram variações proporcionais com a temperatura e agitação. O valor da massa específica máxima foi 1190,0 kg/m³, uma diferença de 193 kg/m³ a mais do valor inicial. O valor de calor específico máximo foi de 4,90kJ/kg°C, uma diferença de 0,23 kJ/kg°C a menos do valor inicial. A combinação de temperatura com agitação não influencia proporcionalmente as variáveis dependentes, minimizando os custos de projeto e avaliação de equipamentos para processamento e aproveitamento do soro.

Abstract:

The aim of this study was to investigate the influence of the rheological behavior of the thermophysical properties specific heat and specific serum mass from the rennet cheese manufacturing in Jucati-PE municipality. The serum is about 87% of the volume of milk used to make cheese and is not used by local producers in another process. While checking the rheological behavior, the dependent variables, specific heat and density, suffered no proportional change the temperature and agitation. The value of the maximum density was 1190.0 kg/m³, a difference of 193 kg/m³A more of the initial value. The maximum specific heat value was 4.90 kJ/kg°C, a difference of 0.23 kJ / kg°C less of the initial value. The combination of temperature with stirring proportion not influence the dependent variables, minimizing costs of design and evaluation equipment for processing and use of whey.



**Moraes Neto, V. F.¹, Silva, M. F.¹,
Libório, P. T. H. R.¹ e Pedroza, S. S.¹**

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG) – Curso de Engenharia de Alimentos

E-mail: venanciomoraes@hotmail.com

Contato principal

Moraes Neto, V. F.¹



Palavras-chave: Temperatura, agitação, calor específico, massa específica

Keywords: Temperature, agitation, specific heat, density.



INTRODUÇÃO

O queijo do tipo coalho é de fabricação artesanal produzido no nordeste brasileiro, encontrado principalmente nos estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco, onde se destaca a região do Agreste Meridional (FREITAS FILHO et al., 2009), sendo muito importante para geração de renda desta região em pequenas propriedades rurais, como no caso do município de Jucati-PE.

Na produção de queijo ocorre a eliminação de lactossoro, usualmente chamado de soro do queijo, que também pode ser obtido pela extração da caseína. Este subproduto constitui a fase aquosa do leite, resultante da dessoragem do coágulo e pode ser caracterizado como um líquido amarelo-esverdeado com sabor ligeiramente ácido ou doce (FLORÊNCIO et al., 2013).

Nas queijarias de Jucati o lactossoro representa cerca de 87% do volume de leite utilizado na fabricação de queijos, os quais são descartados para alimentação animal ou no meio ambiente.

Vários estudos foram realizados em diversos países visando criar opções para utilizar o soro, evitando assim que seja descartado no ambiente funcionando como um poluidor ambiental devido a sua alta demanda biológica de oxigênio (BITELLO et al., 2013).

Devido a suas características, pode ser utilizado como ingrediente alimentício na fabricação de produtos como ricota, bebida láctea, soro em pó, entre outros. Seu aproveitamento não é exclusivo para uso em alimentos, existem estudos sobre a elaboração de etanol e produção de medicamentos (FLORÊNCIO et al., 2013; ALVES et al., 2014).

O processo de industrialização do soro, em geral, requer a utilização de instalações industriais com um determinado grau de complexidade, o que demanda um investimento financeiro considerável. O governo tem incentivado o desenvolvimento de tecnologias que permitam o aproveitamento do soro de uma forma que seja viável, tanto do ponto de vista econômico como tecnológico (ALVES et al., 2014).

Em tratamentos térmicos, tais como a pasteurização, concentração, secagem e refrigeração, para o qual o soro é sujeito em seu beneficiamento, é necessário o conhecimento das propriedades termofísicas envolvidas. Falhas em equipamentos ou no projeto desses processos podem ser atribuídas à falta dessas informações. Propriedades como massa específica, viscosidade e calor específico são muito utilizadas nos projetos de bomba, trocadores de calor, misturadores, evaporadores ou em simulação de processos. O calor e a massa específica são parâmetros importantes para análises envolvendo balanços de massa e/ou energia (MERCARLI et al., 2011; SILVA, 2014).

A massa específica ou densidade é a massa por unidade de volume expressa em kg/m³ no sistema

internacional de unidade. Dados sobre essa propriedade são essenciais para projetar e avaliar equipamentos de processamento de alimentos como evaporadores, bombas, filtros e misturadores e, como indicadores de qualidade do produto final (SILVA, 2008). O calor específico é entendido como a quantidade de calor necessária para alterar a temperatura de um corpo em 1°C por unidade de massa, sem mudança de estado (OLIVEIRA, 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento reológico da massa específica e do calor específico do soro proveniente da fabricação de queijo artesanal do município de Jucati-PE submetido à diferentes temperaturas e velocidades de agitação.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises foram realizadas em soro obtido a partir do fabrico de queijo coalho no município de Jucati-PE, após a dessoragem do respectivo queijo, utilizando recipientes de vidro previamente esterilizados e então transportados em caixas isotérmicas refrigeradas para o Laboratório de Química da UAG-UFRPE. O início das análises ocorreu no máximo em até 24h após a coleta das amostras. Para otimização das condições de condução dos experimentos foi elaborado um planejamento fatorial 22 com ponto central para o estudo do comportamento reológico do soro do fabrico de queijo (Tabela 1). Como variável independente estudou-se temperatura e velocidade de agitação. Como variáveis dependentes foram investigadas a massa específica e o calor específico.

Tabela 1. Parâmetros e níveis do planejamento fatorial – Comportamento reológico do soro do fabrico de queijo.

Fator	-1	0	+1
Temperatura (°C)	25	45	65
Velocidade de agitação (rpm)	150	175	200

A determinação da massa específica foi realizada com picnômetro, sendo determinada a massa específica do soro através da Equação 1:

$$\rho = \frac{m_B - m_A}{V}$$

Onde: ρ = Densidade do soro; m_B = Massa do picnômetro com a amostra; m_A = Massa do picnômetro vazio e; V = Volume do picnômetro.

Para determinar o calor específico utilizou-se o método da mistura com um calorímetro, que consiste em uma garrafa térmica com termômetro para medir a

temperatura em seu interior (ALCÂNTARA et al., 2007). A Ccal foi determinada pela Equação 2:

$$Cp_{H_2O} * m_1 * (T_1 - T_3) + Ccal * (T_1 - T_3) = Cp_{H_2O} * m_2 * (T_3 - T_2)$$

Onde: CpH₂O = calor específico da água, 4,18 kJ/kg·°C; m₁ = massa de água em estado natural, 100g; m₂ = massa de água fria, 100g; T₁ = temperatura da água em estado natural, °C; T₂ = temperatura da água fria, °C; T₃ = temperatura de equilíbrio, °C e; Ccal = Capacidade calorífica do calorímetro, kJ/°C.

Ao atingir o equilíbrio térmico, a temperatura foi medida e realizou-se o cálculo através da Equação 3:

$$Cp_A = \frac{Cp_{H_2O} * m_{H_2O} * (T_e - T_w) + Ccal * (T_e - T_i)}{m_A * (T_e - T_i)}$$

Onde: CpA= Calor específico da amostra; CpH₂O = calor específico da água, 4,18 kJ/kg·°C; m H₂O = massa da água adicionada, g; T_e = Temperatura no equilíbrio, °C; T_w = Temperatura inicial da água, °C; T_i = Temperatura inicial da amostra do calorímetro, °C; m_A = massa da amostra, g e ; Ccal = Capacidade calorífica do calorímetro, kJ/°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Optou-se por realizar um planejamento fatorial de experimentos, por este sistematizar as variáveis em estudo e proporcionar respostas em menor tempo, minimizando o número de tentativas e erros.

Inicialmente o calor específico e a massa específica encontrados no soro utilizado neste experimento foram de 5,31 kJ/kg·°C e 997,00 kg/m³, respectivamente. Após os experimentos (Tabelas 2), os valores de massa

específica variaram de 850,76 kg/m³ a 1190,00 kg/m³. Nota-se um aumento na massa específica da amostra quando submetida a maior temperatura (65°C). Em contrapartida, no ponto central, o valor médio calculado a partir dos experimentos 5,6 e 7 foi de 877,22 kg/m³(+ 20,45) que é um valor menor do que quando submetida a 25°C. Estes resultados estão de acordo com a literatura, como encontrado em Silva (2014) uma variação de massa específica de 893,21 kg/m³ a 1050,15 kg/m³ para o leite de búfala e 985,01kg/m³ a 1023,43 kg/m³ para o lactossoro de búfala sem obedecer uma proporcionalidade com a temperatura, verificando que a variação da temperatura não influencia linearmente com a massa específica do soro. E, para o leite de coco, Alcântara et al. (2007) obtiveram valores de densidade entre 963.62kg/m³ e 1000.83 kg/m³ apresentando efeito linear para o teor de gordura e efeito quadrático para a temperatura, afetando mais pronunciadamente a densidade do leite de coco.

O calor específico (Tabela 2) variou entre 4,53 kJ/kg·°C e 4,90 kJ/kg·°C. Nota-se que embora não seja uma relação proporcional, as amostras apresentaram maior calor específico quando submetidas a maior temperatura (65°C) e no ponto central (experimentos 5, 6 e 7) a média foi de 4,63 kJ/kg·°C (+ 0,095) que é um valor menor do que quando submetidas a 25°C. Verificou-se, portanto, que o calor específico não tem variações significativas pela mudança de temperatura ou de agitação, ou seja, não há taxa de variação de calor específico em relação à temperatura e agitação. Salientando ainda que durante o experimento não houve adição de água ou mudança no teor de gordura e de sólidos solúveis.

Tabela 2. Resultados dos experimentos realizados para o estudo do comportamento reológico de propriedades termofísicas do soro do fabrico de queijo coalho.

Experimento	Variável Independente 1 (Temperatura (°C))	Variável Independente 2 (Velocidade de agitação (rpm))	Variável Dependente 1 (massa específica (kg/m ³))	Variável Dependente 2 (Calor específico (kJ/kg·°C))
1	25	150	910,50	4,71
2	65	150	922,61	4,77
3	25	200	884,00	4,57
4	65	200	1190,0	4,90
5	45	175	880,34	4,76
6	45	175	900,56	4,53
7	45	175	850,76	4,61

Em estudos com o leite de coco, Alcântara et al. (2007) verificaram que o calor específico é proporcional ao teor de gordura. O aumento do teor de gordura afetou negativamente essa variável, assumindo menores valores à medida que o teor de gordura aumenta, visto que as gorduras possuem menor calor específico que a

água. O calor específico dos alimentos é afetado significativamente pela quantidade de água presente e pelo estado físico da mesma. Silva (2014) encontrou valores para o calor específico entre 2,46 kJ/kg·°C e 5,99 kJ/kg·°C para as amostras de leite de búfala submetidas a temperaturas entre 5°C e 95°C. Já para o soro

submetido às mesmas temperaturas, o calor específico variou de 3,75 kJ/kg·°C a 5,67 kJ/kg·°C sem seguir dependência linear da temperatura. Os resultados obtidos neste trabalho para o comportamento reológico das propriedades estão de acordo com a literatura, assim é possível concluir que para os cálculos de projetos e avaliação de equipamentos para processamento do lactossoro, onde é necessário o conhecimento da massa específica e calor específico, não há alterações significativas dessas variáveis com relação à agitação e temperatura.

Porém, sugerem-se estudos para verificar o comportamento dessas propriedades termofísicas relacionando-as com o teor de gordura, teor de água e viscosidade do lactossoro, além de testar estas variações sem a necessidade de aquecimento e agitação, bem como estudos cinéticos e físico-químicos para fins de minimização de custos do processo fazendo assim um aproveitamento eficiente e eficaz deste resíduo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a massa específica e calor específico, 850,76 kg/m³ a 1190,00 kg/m³ e, 4,53 kJ/kg·°C a 4,90 kJ/kg·°C, respectivamente, apresentaram o comportamento esperado, segundo a literatura, de não seguir uma variação linear; havendo um leve aumento no valor da massa específica do soro submetido a temperaturas mais altas e nenhuma influencia significativa influenciada pela agitação, minimizando assim os custos de processamento para aproveitamento do soro descartado no fabrico de queijo coalho em Jucati-PE.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários do fabrico do queijo artesanal e UFRPE- UAG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, L. A. P.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, R. C. F.; LEMOS, A. R.; Efeito da temperatura e teor de gordura nas propriedades termofísicas do leite de coco. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 14, 2007.

ALVES, A.P.; MOREIRA, R.O.; JÚNIOR, P. H. R.; MARTINS, M. C. F.; PERRONE, I.T.; CARVALHO, A.F. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos, *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora*, v. 69, n.3, p; 212-226, mai/jun, 2014.

BITELLO, A. R.; VICENZI, A.; FACCIN, C.; GRÄFF, C. A.; SCHLABITZ, C.; BURLANI, E. L.; WILDNER, G. R.; MACHADO, L. A. P.; RODRIGUES, M.;

MACIEL, M. J.; RAFAEL, R. S.; FUNKE, R. L. E SOUZA, C. F. V. Aproveitamento do soro de ricota para produção de diferentes biomoléculas utilizando a *kluuveromyces marxianus*, *Revista Destaques Acadêmicos*, Vol. 5, N. 4, 2013 - Cetec/Univates, Rio Grande do Sul-RS, 2013.

FLORÊNCIO I. M.; FLORENTINO E. R.; DA SILVA F. L. H.; MARTINS R. S.; CAVALCANTI M. T.; GOMES J. P.; Production of ethanol from industrial whey. *Ver. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 2013.

FREITAS FILHO, J.R.; SOUZA FILHO, J.S.; OLIVEIRA, H.B.; ANGELO, J.H.B.; BEZERRA, J.D.C. Avaliação da qualidade do queijo "coalho" artesanal fabricado em Jucati - PE. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, v.6, n.8, p.35-49, 2009.

MERCALI, G.D. Physical properties of acerola and blueberry pulps. *Journal of Food Engineering, Essex*, V. 106, n. 4, 2011.

SILVA, N. M. C. Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (*Genipa americana* L.). Mestrado (Dissertação em Engenharia de Alimentos)– Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga-Ba, 2008.

SILVA, L. T. S. Propriedades termofísicas e comportamento reológico do leite e do soro de búfala. 65f. Mestrado (Dissertação em Engenharia de Alimentos)– Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga-Ba, 2014.

OLIVEIRA, E. P.; Estimação da difusividade térmica de iogurtes comerciais – aplicação do método FLASH. 120f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, PB, Brasil, 2009.