

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MASSA COALHADA E DO SORO PROVENIENTES DA COAGULAÇÃO ÁCIDA DO LEITE COM DIFERENTES ÁCIDOS

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CURD AND WHEY RESULTING FROM THE ACID COAGULATION OF MILK WITH DIFFERENT ACIDS

Elisa Reis Silva de Oliveira^a, Taynan Barroso Landin^a, Italo T. Perrone^b, Alan W. Pombo^c, Rodrigo Stephani^a

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

³Inovaleite, Grupo de Pesquisa Multicêntrico, Brasil

Resumo (com no máximo 850 caracteres)

A acidificação do leite influencia diretamente nas características da massa coalhada e do soro obtidos na coagulação do leite. Diferentes ácidos (lático, clorídrico e sulfúrico) foram usados para acidificar o leite reconstituído para os pH 4,55; 4,70; 4,85; 5,00. Os resultados obtidos no trabalho evidenciam que o pH de acidificação afetou tanto o rendimento quanto as propriedades físico-químicas da massa coalhada e do soro, incluindo pH, umidade e características físicas. Essas alterações podem impactar significativamente a produção de Requeijão, destacando a importância da escolha adequada dos ácidos e condições de acidificação na fabricação de produtos lácteos.

Palavras-chave Coagulação ácida, ácido lático, ácido clorídrico, ácido sulfúrico, Requeijão.

Introdução

A coagulação do leite é um processo físico-químico em que as micelas de caseína se agrupam em aglomerados proteicos precipitados, separando-se do soro para formar a massa coalhada que dará origem aos diversos queijos existentes. A fabricação de massa coalhada para a produção de Requeijão, pode ser proveniente da acidificação direta do leite quente. Esse processo ocorre com o aumento do ponto isoelétrico das frações de caseína favorecido pelo aquecimento do leite que promove interações com as proteínas do soro, resultando na formação de um precipitado composto por caseína e proteínas desnaturadas do soro, em flocos ou grãos (Vidal; Saran Netto, 2018).

Na coagulação ácida, a força dos ácidos adicionados durante esse processo influencia na intensidade da redução do pH, afetando diretamente a solubilidade dos sais de cálcio e a precipitação das caseínas, afetando então as características finais da massa coalhada e do soro gerado após a coagulação do leite.

A composição físico-química da massa coalhada influencia no balanço de massa com os demais ingredientes para a fabricação do Requeijão e consequentemente na composição do produto final. Além disso, o soro gerado como resíduo do processo de coagulação obtém características diferentes, também influenciadas pelos diferentes processos de coagulação. Portanto, esse trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-química da massa coalhada e do soro provenientes da coagulação ácida do leite com diferentes ácidos em diferentes pH.

Material e Métodos

Para o preparo das amostras, partiu-se de leite em pó desnatado de baixo tratamento térmico com a seguinte composição físico-química: gordura 0,74% (m/m), umidade 3,28% (m/m) e proteína 38,63% (m/m) com índice de soroproteína não-desnaturada (WPNI) de 7,40 mg de N/g. O leite em pó foi reconstituído com água deionizada para 9% m/m de sólidos totais. Partindo do leite reconstituído

armazenado por 24 horas à temperatura de 5°C, iniciou-se a acidificação do leite mantido à 5 °C sob agitação utilizando ácido láctico (40% m/v), ácido clorídrico (37% m/v) e ácido sulfúrico (98% m/v) até atingir os pH de 4,55; 4,70; 4,85 e 5,00.

O leite reconstituído apresentou 91,34%(m/v) de umidade, 0,24%(m/v) de gordura, 3,22%(m/v) de proteína e pH 6,65. A coagulação do leite reconstituído foi iniciada com o aumento gradual da temperatura de 5 °C até 55 °C. Após a coagulação, o aglomerado proteico precipitado (massa coalhada) foi drenado com auxílio de um pano dessorador acoplado à um sistema de filtração à vácuo por tempo padronizado de 90 segundos para separação da fase solúvel permeada (soro).

Foram realizados cálculos de balanço de massa a partir do volume inicial de leite utilizado na produção, que foi de 750 mL. O rendimento ajustado (RAJ) foi calculado com a utilização do teor de umidade desejada na massa coalhada de 73%, de acordo com as equações 1 e 2.

$$\text{Rendimento (\%)} \cdot \left(\frac{\text{Kg de queijo}}{100 \text{ Kg de leite}} \right) = \frac{\text{massa coalhada}}{\text{massa de leite utilizada}} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Rendimento ajustado (\%)} = \frac{\text{rendimento} \times (100 - \% \text{umidade real})}{(100 - \% \text{umidade desejada})} \quad \text{Equação 2}$$

O pH das amostras foram medidos a temperatura ambiente (21 ± 2 °C) usando o medidor de pH PG1400 (Gehaka) e o teor percentual (m/m) de umidade pelo método gravimétrico em balança infravermelho modelo Sartorius MA150® a 145 °C modo automático (Marques; Duarte, 2015).

No soro analisou-se também o tamanho das partículas presentes nos soros foi avaliado usando o equipamento Zetasizer Nano ZS90 através do espalhamento de luz dinâmico (Dynamic light scattering - DLS). As amostras foram injetadas em uma cubeta e analisadas diretamente no equipamento. Os resultados foram calculados com índices de refração de 1,332 para o dispersante (água). Também foram analisadas amostras após a centrifugação em centrífuga da marca Nova Instruments® em 2000 RPM a temperatura ambiente (21 ± 2 °C).

Para a caracterização do perfil proteico dos soros quanto as concentrações de α -LA e a β -LG, foi utilizado a eletroforese em gel (SDS-PAGE) para avaliar a distribuição do peso molecular das proteínas presentes nas amostras. Foi utilizado a célula Mini Protean da marca BIORAD para a corrida eletroforética (100 V), onde o gel de separação foi de 15% e o gel de empilhamento de 4%. Foi utilizado um padrão de proteínas de 11 kDa a 245 KDa e posteriormente os géis foram corados com Comassie Brilliant Blue G 250.

A comparação entre as médias dos dados foi realizada com um nível de significância de 0,05 pelo teste de Tukey, sendo executada no software R® (The R Project for Statistical Computing).

Resultados e Discussão

Os valores médios de rendimento ajustado variaram de 11,47 kg massa/100 kg de leite no pH 4,85 com ácido láctico até 16,36 kg massa/100 kg de leite no pH 4,55 com ácido sulfúrico. As massas coalhadas produzidas com ácido sulfúrico e ácido clorídrico apresentaram maiores valores de rendimento ajustado em comparação as massas coalhadas produzidas com ácido láctico para todos os pH utilizados. Comparando os pH de acidificação do leite, as massas obtidas com pH 4,55 apresentaram maiores valores de rendimento ajustado para todos os ácidos utilizados.

Os valores médios de pH das amostras de massa coalhada variaram de 4,56 nas amostras acidificadas com ácido láctico a 5,30 nas amostras acidificadas com ácido clorídrico. Houve diferença estatística significativa entre os ácidos e pH utilizados para acidificação do leite. Observa-se que nos três ácidos utilizados, os pH das massas coalhadas estão relacionados com o pH de acidificação dos leites, sendo maiores nos tratamentos com pH 5,00 e menores nos tratamentos com pH 4,55. Já para as amostras de soro. o pH médio das amostras de soro variou de 4,37 nas amostras acidificadas com

ácido sulfúrico a 5,18 nas amostras acidificadas com ácido láctico. Houve diferença estatística significativa entre os ácidos e pH utilizados para acidificação do leite ($P < 0,05$).

A variação no teor de umidade das massas coalhadas, que foi de 64,38% nas amostras com ácido clorídrico em pH 4,88 a 77,34% nas amostras com ácido clorídrico em pH 4,55. As massas coalhadas produzidas com ácidos clorídrico e sulfúrico apresentaram maiores valores de umidade no pH 4,55. Esse aumento na umidade pode afetar a textura, consistência e rendimento do requeijão, exigindo ajustes no processo de produção para garantir a qualidade e a uniformidade do produto final. Os valores médios de umidade das amostras de soro, elas variaram de 93,49% a 94,21% e não houve diferença estatística significativa entre as amostras obtidas no processo de coagulação com diferentes ácidos e diferentes pH. Pela diferença, os valores médios de sólidos totais das amostras de soro variaram de 5,79% a 6,51%. Todas as amostras encontram dentro da legislação que preconiza um teor de sólidos totais mínimo de 5,01% para soro de leite ácido (Brasil, 2020).

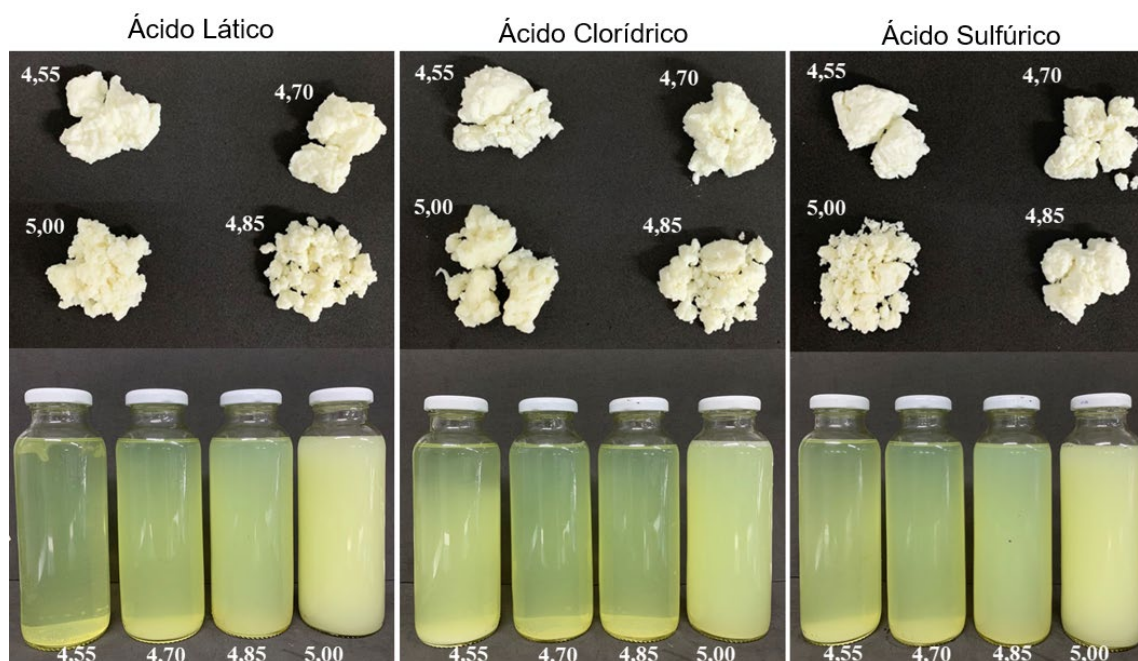


Figura 1. Características físicas das massas coalhadas e dos soros obtidos nos processos de coagulação com diferentes ácidos e diferentes pH

As massas apresentam características diferentes devido à variação do teor de umidade e dos valores de pH que modificam a composição mineral das massas e consequentemente influencia na sua aparência física. Apesar de não apresentarem diferença estatística significativa no teor de umidade, observa-se uma diferença visual da coloração das amostras de soro. Os valores médios de tamanho das partículas (DLS) dos diferentes soros antes da centrifugação variaram entre 1234 nm em pH 5,00 e 156,31 nm em pH 4,55, ambos com ácido láctico, mostrando uma diferença estatística significativa entre as amostras obtidas com diferentes ácidos e pH (tabela 1). Nos três ácidos utilizados, os soros acidificados em pH 5,00 apresentaram partículas maiores comparadas aos outros pH avaliados. Essa variação é devida à conformação da β -Lg, a principal proteína do soro, que muda conforme o pH, influenciando a estrutura das partículas. Em valores de pH abaixo de 3,5, encontra-se sob a forma de monômeros, entre os pH 3,5 a 4,0 os monômeros de β -Lg se associam formando dímeros, e quando o pH do meio se encontra entre 4,0 e 6,00 os dímeros se agregam formando octômeros (Fox; Mcswenwey, 1998).

Tabela 1 – Tamanho das partículas dos soros obtidos no processo de coagulação com diferentes ácidos e diferentes pH antes e depois da centrifugação (nm)*

DLS			
pH de acidificação do leite	Ácido Lático	Ácido Clorídrico	Ácido Sulfúrico
5,00	1234,0 ± 225,15 ^{aA}	1031,43 ± 204,55 ^{aB}	343,60 ± 324,68 ^{aC}
4,85	244,68 ± 7,92 ^{bA}	258,01 ± 11,09 ^{bA}	179,93 ± 3,01 ^{bA}
4,70	182,75 ± 4,38 ^{bA}	190,9 ± 6,72 ^{bA}	181,63 ± 6,84 ^{bA}
4,55	156,31 ± 3,55 ^{cB}	254,16 ± 66,76 ^{bA}	172,33 ± 16,09 ^{bA}

a,b,c) Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$); A,B,C) Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$).

Na eletroforese em gel (figura 2), observa-se as bandas de massas moleculares reportados na literatura, sendo 18,0 kDa para a β -LG e 14,0 kDa para a α -LA (Fox; Mcsweeney, 1998; Velickovic et al., 2018). Na eletroforese em gel, observa-se bandas conhecidas como proteínas do soro, sem evidências de frações de caseína. Assim, pode-se aferir que a coloração do soro obtidos nesse trabalho está mais relacionada ao tamanho das partículas e à dispersão da luz do que à perda de finos durante o processo de coagulação.

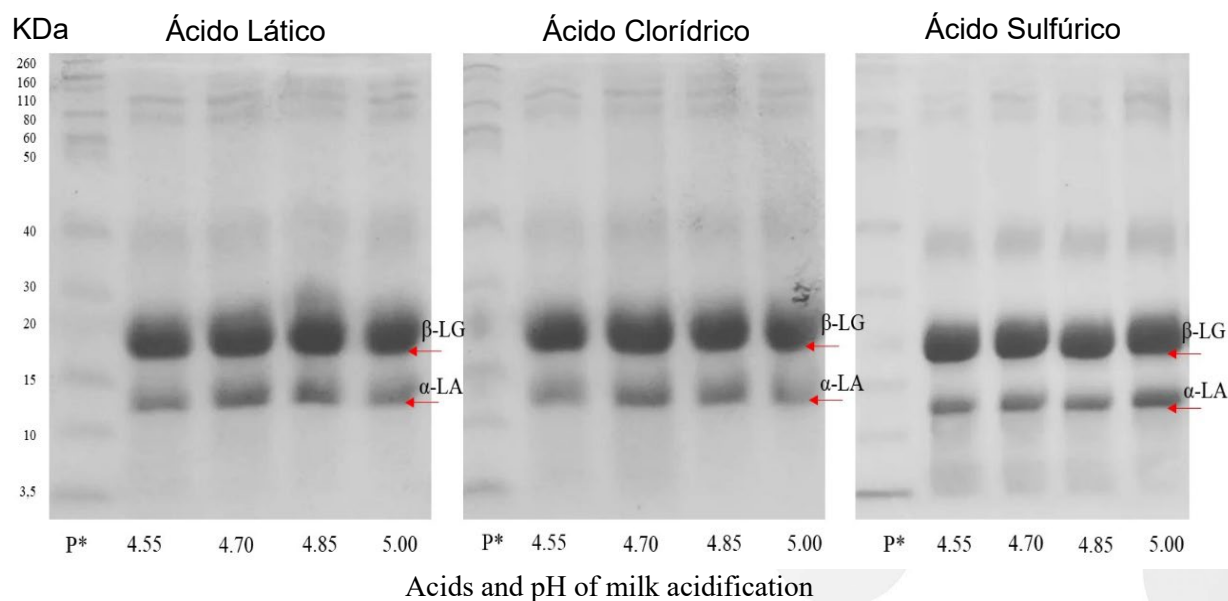


Figura 2. Eletroforese em gel dos soros obtidos no processo de coagulação com diferentes ácidos e diferentes pH. P* - padrão de proteína

Conclusão

Conclui-se que o pH de acidificação do leite e o tipo de ácido utilizado influencia nas características físico-químicas das massas coalhada e do soro gerado no processo de coagulação. As produções com ácidos sulfúrico e clorídrico em pH 4,55 apresentaram maior rendimento em kg de massa por 100 kg de leite. O pH de acidificação também interferiu no pH, na umidade e nas características físicas das massas coalhadas e dos soros. Os soros de menor pH apresentaram-se menos opacos, mais esverdeados e translúcidos devido ao menor tamanho das partículas. A alteração na composição e nas características físico-químicas das massas coalhada destinadas à fabricação de Requeijão pode interferir na porcentagem dos demais ingredientes a serem utilizados e nas características físico-químicas do produto final.

Referências Bibliográficas (conforme exemplos abaixo)

VIDAL, A. M. C., SARAN NETTO, A. Obtenção e processamento do leite e derivados. Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2018.

MARQUES, F. G.; DUARTE, I. P. Comparação em métodos para determinação de umidade em queijos: método tradicional e balança determinadora de umidade por infravermelho. Revista de Biotecnologia & Ciência, v. 4, n. 1, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 94, de 18 de setembro de 2020. Regulamento Técnico que fixa os padrões de Identidade e qualidade para o soro de leite e o soro de leite Ácido. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.

FOX, P. F.; MCSWEENWEY, P. L. H. Dairy chemistry and biochemistry. Blackie Academic & Professional, p. 478, 1998.

VELICKOVIC, T.C., et al. Delivery of Epigallocatechin-3-Gallate by Bovine Alpha-Lactalbumin Based on Their Non-covalent Interactions. Reference Module in Food Science, p.1-7, 2018.

Os: no texto deve aparecer da seguinte forma (Cardoso, et al., 2005) se forem mais de 3 autores, (Cardoso & Silva, 2005) para dois autores e (Cardoso, 2005) para um autor.

Autor(a) a ser contatado: Elisa Reis Silva de Oliveira, Iniciação Tecnológica Industrial, Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário; elisa.reis@estudante.ufjf.br