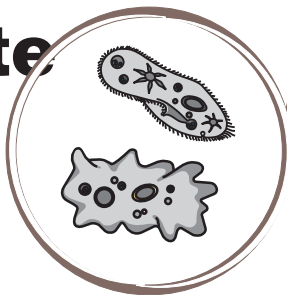


Leite



Aspectos de Composição e Propriedades

Paulo Henrique Fonseca da Silva

A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam aspectos importantes da interface ciência/sociedade, procurando, sempre que possível, analisar o potencial e as limitações da ciência na tentativa de solução de problemas sociais.

Este artigo apresenta uma descrição da composição e de algumas propriedades do leite. Os seus principais constituintes são descritos, e são discutidas as suas principais propriedades físico-químicas.

► leite, composição, propriedades ◀

A importância da ciência e da tecnologia de alimentos na melhoria da qualidade de vida do ser humano é ressaltada pela vital necessidade de se ter alimentos saudáveis, com alto valor nutricional, disponíveis e acessíveis à população. Desde o nascimento do ser humano, o leite apresenta-se quase indissociável de sua alimentação. Os avanços nas técnicas relacionadas às etapas de produção, processamento e distribuição de leite têm favorecido ainda mais o seu consumo humano, particularmente o de origem bovina. Essas etapas, porém, induzem a alterações bioquímicas, físico-químicas, microbiológicas, nutricionais, sensoriais e reológicas (no comportamento mecânico) que podem comprometer a qualidade do produto final. A química do leite tornou-se muito importante para a garantia de qualidade e o desenvolvimento de produtos em laticínios. Assim, o estudo da química do leite envolve especialistas em diversas áreas, em razão da complexidade das interações entre os constituintes do leite e os tratamentos tecnológicos empregados.

Composição do leite

A composição do leite é determinante para o estabelecimento da sua

qualidade nutricional e adequação para processamento e consumo humano. A biossíntese do leite ocorre na glândula mamária, sob controle hormonal. Muitos dos constituintes são sintetizados nas células secretoras e alguns são agregados ao leite diretamente a partir do sangue e do epitélio glandular. Estima-se que o leite possua em torno de cem mil constituintes distintos, embora a maioria deles não tenha ainda sido identificada. A composição aproximada do leite de vaca é apresentada na Tabela 1.

A quantidade de leite produzida e sua composição apresentam varia-

ções ocasionadas por diversos fatores como: espécie, raça, fisiologia (individualidade, diferenças entre os quartos do úbere, idade), alimentação, estações do ano, doenças, período de lactação, ordenhas (número, intervalo e processo), fraudes e adulterações.

Considerações sobre os principais constituintes do leite

Água

É o constituinte quantitativamente mais importante, no qual estão dissolvidos, dispersos ou emulsionados os demais componentes. A maior parte

encontra-se como água livre, embora haja água ligada a outros componentes, como proteínas, lactose e substâncias minerais.

Gordura

A gordura no leite ocorre como pequenos glóbulos contendo principalmente triacilgliceróis, envolvidos

por uma membrana lipoproteica. O leite de vaca possui aproximadamente 440 ésteres de ácidos graxos e os principais são o ácido palmítico e o ácido oleico. A gordura é o constituinte que mais sofre variações (Tabela 1) em razão de alimentação, raça, estação do ano e período de lactação.

Desde o nascimento do ser humano, o leite apresenta-se quase indissociável de sua alimentação. A melhoria na qualidade de vida do ser humano é ressaltada pela vital necessidade de se ter alimentos saudáveis

Constituinte	Teor (g/kg)	Varição (g/kg)
Água	873	855-887
Lactose	46	38-53
Gordura	39	24-55
Proteínas	32,5	23-44
Substâncias minerais	6,5	5,3-8,0
Ácidos orgânicos	1,8	1,3-2,2
Outros	1,4	-

Tabela 1: Composição média do leite de vaca.
Fonte: Adaptado de Walstra e Jenness, 1984.

Vitaminas

Tanto no leite humano como no leite bovino estão presentes todas as vitaminas conhecidas. As vitaminas A, D, E e K estão associadas aos glóbulos de gordura e as demais ocorrem na fase aquosa do leite. A concentração das vitaminas lipossolúveis depende da alimentação do gado, exceto a da vitamina K. Esta, como as vitaminas hidrossolúveis, é sintetizada no sistema digestivo dos ruminantes.

Proteínas

O leite bovino contém vários compostos nitrogenados, dos quais aproximadamente 95 por cento ocorrem como proteínas e 5 por cento como compostos nitrogenados não-proteicos. O nitrogênio proteico do leite é constituído de cerca de 80 por cento de nitrogênio caseínico e de 20 por cento de nitrogênio não-caseínico (albuminas e globulinas).

Diversos fatores influenciam na composição e na distribuição das frações nitrogenadas do leite bovino, tais como temperatura ambiente, doenças do animal, estágio de lactação, número de parições, raça, alimentação e teor energético da alimentação.

Enzimas

Numerosas enzimas podem ser encontradas no leite, como lipases, proteinases, óxido-redutases, fosfatases, catalase e peroxidase. O desenvolvimento, intencional ou não, de microrganismos no leite contribui para o complexo enzimático. A atividade dessas enzimas é influenciada pelas condições do meio (temperatura, pH, acesso ao substrato), sendo alteráveis pelo processamento tecnológico.

Lactose

A lactose é o glucídio característico do leite, formado a partir da glicose e da galactose, sendo o constituinte sólido predominante e menos variável (Tabela 1). Tratamentos térmicos ocasionam

reações de escurecimento a partir da lactose, particularmente a reação de Maillard (quadro), com uma diminuição do valor nutricional diretamente proporcional à intensidade e o tempo de aquecimento.

Substâncias minerais

O leite contém teores consideráveis de cloro, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio e baixos teores de ferro, alumínio, bromo, zinco e manganês, formando sais orgânicos e inorgânicos. A associação entre os sais e as proteínas do leite é um fator determinante para a estabilidade das caseínas ante diferentes agentes desnaturantes. O fosfato de cálcio, particularmente, faz parte da estrutura das micelas de caseína.

Propriedades físico-químicas

Sabor e odor

O leite fresco, produzido sob condições ideais, apresenta sabor *sui generis* pouco pronunciado, essencialmente devido à relação entre lactose e cloretos, apresentando-se como doce e salgado, não ácido e não amargo, podendo ser afetado em condições como a ocorrência de mamite (infecções do úbere). Sabores e odores pronunciados em leite fresco devem-se usualmente à alimentação (ração, silagem) e ao ambiente de ordenha.

Cor

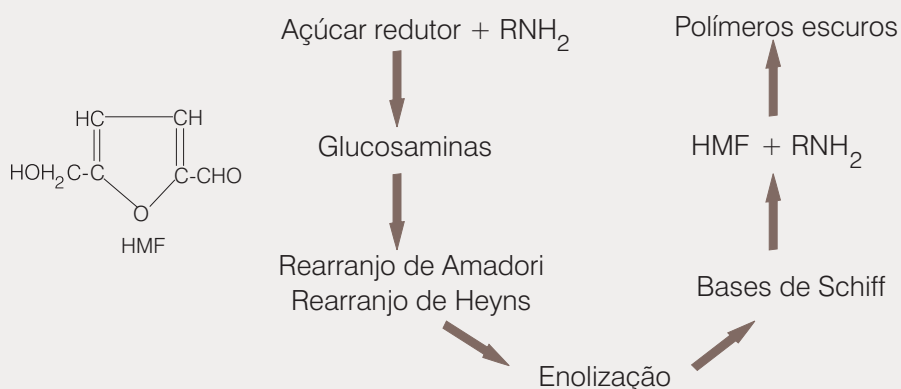
A cor branca do leite resulta da dispersão da luz refletida pelos glóbulos de gordura e pelas partículas coloidais de caseína e de fosfato de cálcio. A homogeneização torna o leite mais

Reação de Maillard

Em alimentos, podem ocorrer reações de escurecimento enzimático (ação de polifenóis-oxidases) ou não-enzimático (caramelização, oxidação da vitamina C e reação de Maillard). Em leite e produtos derivados, é comum o desenvolvimento da reação de Maillard, a partir de tratamentos térmicos empregados na tecnologia de processamento. A reação de Maillard pode ser desejável (cor e aroma do doce de leite) ou indesejável (bloqueio de aminoácidos essenciais, como a lisina, em leites esterilizados).

Quimicamente, a reação de Maillard, descrita pela primeira vez em 1912 por Louis-Camille Maillard, envolve grupos aldeído (açúcar redutor: lactose) e grupos amina —RNH_2 (proteínas, peptídeos e aminoácidos), com eliminação de água e formação de glicosaminas. Na seqüência, ocorrem diversas etapas (rearranjo de Amadori ou de Heyns, enolização, formação de bases de Schiff, formação de 5-hidroxiimidilfurfural —HMF), que terminam na polimerização e no aparecimento de compostos escuros chamados melanoidinas.

Diversos fatores afetam a velocidade e a intensidade da reação de Maillard, tais como: temperatura, tempo, pH, tipo de grupo amina e de açúcar redutor, teor de umidade e presença de sulfito. A correta combinação desses fatores contribui para a obtenção de alimentos com boas propriedades sensoriais e a menor perda nutricional possível.



branco, pela maior dispersão da luz. A cor amarelada provém do pigmento caroteno, que é lipossolúvel.

Cores anormais podem resultar de desenvolvimento microbiano, como a cor vermelha causada pela bactéria *Serratia marcescens* e a cor azul, pela bactéria do gênero *Pseudomonas*.

Acidez

O leite, logo após a ordenha, apresenta reação ácida com a fenolftaleína, mesmo sem que nenhuma acidez, como ácido láctico, tenha sido produzida por fermentações. A acidez do leite fresco deve-se à presença de caseína, fosfatos, albumina, dióxido de carbono e citratos.

A acidez natural

do leite varia entre 0,13 e 0,17 por cento, expressa como ácido láctico. A elevação da acidez é determinada pela transformação da lactose por enzimas microbianas, com formação de ácido láctico, caracterizando a *acidez desenvolvida* do leite. Tanto a acidez natural quanto a acidez desenvolvida são quantificadas, simultaneamente, em titulações por soluções alcalinas.

pH

Para o leite proveniente de diversas fontes, após misturado, o pH varia entre 6,6 e 6,8, com média de 6,7 a 20 °C ou 6,6 a 25 °C. No caso da secreção após o parto (colostro), o pH varia de 6,25 no primeiro dia a 6,46 no terceiro. O leite proveniente de animais com mamite é levemente alcalino, podendo atingir pH 7,5.

O leite apresenta considerável efeito tampão, especialmente em pH entre 5 e 6, em razão da presença de dióxido de carbono, proteínas, citratos, lactatos e fosfatos.

Densidade

A densidade do leite varia entre 1,023 g/mL e 1,040 g/mL a 15 °C; o valor médio é 1,032 g/mL. Leite com alto teor de gordura apresenta maior densidade em relação a leite com baixo teor de gordura, em razão do au-

mento do extrato seco desengordurado que acompanha o aumento no teor de gordura.

Ponto de congelamento

Em um leite contendo 12,5 por cento de extrato seco (4,75 por cento de lactose e 0,1 por cento de cloretos), o ponto de congelamento aproximado será -0,531 °C, em razão do abaixamento do ponto de congelamento causado pela lactose (-0,296 °C), pelos sais (-0,119 °C) e por outros constituintes dissolvidos (uréia, dióxido de carbono). Esses valores, entretanto, dependem de diversos fatores relacionados com o animal, o ambiente, o processamento industrial e as técnicas crioscópicas.

Ponto de ebulição

As substâncias dissolvidas no leite fazem com que o ponto de ebulição seja levemente maior que o da água. As temperaturas médias de ebulição, ao nível do mar, situam-se entre 100 e 101 °C.

Calor específico

O conhecimento do calor específico do leite e dos produtos lácteos é essencial à engenharia de processos e ao dimensionamento de equipamentos. A 15 °C, o leite integral, o leite desnatado e o creme de leite (30 por cento de gordura) apresentam calores específicos de 3,93 kJ K⁻¹ kg⁻¹, 3,95 kJ K⁻¹ kg⁻¹ e 4,11 kJ K⁻¹ kg⁻¹, respectivamente.

Tensão superficial

Os valores da tensão superficial do leite integral, do leite desnatado e do creme de leite são 55,3 mN/m, 57,4 mN/m e 49,6 mN/m, respectivamente. Aumento nos teores de constituintes tensoativos (proteínas, ácidos graxos livres) ocasiona redução da tensão superficial do leite.

Viscosidade

O leite é mais viscoso que a água, em razão da presença de proteínas e lipídios, podendo sofrer alterações com o processamento industrial. O leite integral e o leite desnatado têm viscosidades médias, a 20 °C, de

1,631 mPa s e 1,404 mPa s, respectivamente.

Condutividade elétrica

A presença de íons no leite, particularmente na forma de sais, possibilita a passagem de corrente elétrica, dependente da atividade desses íons. Em média, a condutividade do leite varia entre 4,61 mS/cm a 4,92 mS/cm.

Considerações finais

O estudo da química do leite pode abrir um espaço para professores e alunos do ensino médio desenvolverem estudos de natureza interdisciplinar. A sua interação com o cotidiano é marcante, notadamente o seu envolvimento com problemas sociais. Veja neste número de *Química Nova na Escola* exemplos de atividades envolvendo o tema leite.

Paulo Henrique Fonseca da Silva é técnico em laticínios, farmacêutico-bioquímico e mestre em ciência e tecnologia de alimentos. É professor no Instituto de Laticínio Cândido Tostes (EPAMIG), em Juiz de Fora - MG.

Para saber mais

ALBUQUERQUE, L.C. *Dicionário de termos laticinistas*. EPAMIG, Juiz de Fora, 1996.

ATHERTON, H.V.; NEWLANDER, J.A. *Chemistry and testing of dairy products*, 4 ed. Westport: AVI, 1977.

FRANCO, G. *Tabela de composição química de alimentos*. 9 ed. Rio de Janeiro: Athenes, 1992.

FURTADO, M.M. *A arte e a ciência do queijo*. São Paulo: Globo, 1991.

LUTFI, M. *Cotidiano e educação em química*. Ijuí: UNIJUÍ, 1968.

SGARBIERI, V.C. *Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. Campinas: Unicamp/Almed, 1987.

SILVA, P.H.F.; PEREIRA, D.B.C.; OLIVEIRA, L.L. & COSTA JÚNIOR, L.C.G. *Físico-química do leite. Métodos analíticos*. Juiz de Fora: Gráfica Oficina de Impressão, 1997.

WEBB, B. & JOHNSON, A.H. *Fundamentals of dairy chemistry*. Westport: AVI, 1936.

WALSTRA, P. & JENNESS, R. *Dairy chemistry and physics*. Nova York: John Wiley & Sons, 1984.