

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
CURSO NUTRIÇÃO E METABOLISMO
DISCIPLINA RMN 4005 AULA 4/11/2020

BIOQUÍMICA DO LEITE

O objetivo da aula é o de apresentar os componentes do leite e suas propriedades relevantes para a nutrição do recém-nascido. Comparação do valor nutricional do leite com o do ovo é ilustrativo neste momento: enquanto o primeiro garante, sózinho, o bom desenvolvimento do recém-nascido por alguns meses, o outro possibilita o surgimento de um ser vivo a partir de um óvulo fecundado e de substâncias químicas definidas presentes na clara e na gema. Nos dois casos verifica-se que as composições do leite e do ovo são suficientes para a síntese de células vivas que garantam quer o crescimento do recém-nascido ou do feto. Vamos, agora, analisar o leite do ponto de vista bioquímico e nutricional:

O feto recebe os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento via placenta, uma condição interrompida durante o parto. A partir daí, durante os primeiros meses de vida, a criança pode ser nutrida exclusivamente ou, basicamente, pelo leite materno. A composição do leite de cada espécie reflete as necessidades metabólicas para o crescimento do recém-nascido, como pode ser percebido pela observação dos dados da seguinte tabela :

Taxa de crescimento do recém-nascido e composição do leite materno

Espécie	Tempo (dias) para dobrar peso corporal	Proteína (%)	Minerais (%)
Humana	180	1,6	0,2
Equina	60	2,0	0,4
Bovina	47	3,5	0,7
Caprina	19	4,3	0,8
Suína	18	5,9	0,8
Ovina	10	6,5	0,8
Canina	8	7,1	1,3
Leporina	6	10,4	2,5

O leite, independentemente da espécie considerada, é um alimento natural quase completo do ponto de vista nutricional por conter proteína, lipídeos, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Isto tornou o leite de vaca ou de outras espécies, conforme a disponibilidade

local ou hábito cultural, uma importante fonte alimentar para pessoas de todas as idades. Deve-se salientar, contudo, que o leite natural tem um conteúdo relativamente baixo de ferro e cobre e das vitaminas D e C, esta última sendo ainda destruída pelo processo de pasteurização.

Considerando-se apenas os aspectos nutricionais para as crianças, o leite de vaca pode substituir o leite materno se for apropriadamente diluído com água para compensar as diferenças nas concentrações de proteína e sais minerais entre os leites de vaca e humano, e adicionado de lactose ou sacarose, pelo mesmo motivo mas refletindo a maior concentração relativa de carboidrato no leite humano.

A aparência branca "leitosa", característica do leite, deve-se em parte à presença de gordura emulsificada e em parte à presença de caseinato de cálcio, sal formado entre íons Ca^{++} e caseína, a proteína mais abundante do leite. A presença de pigmentos como caroteno e xantofila podem dar tom amarelo ao leite de vaca. A composição do leite de uma espécie pode variar consideravelmente em função da alimentação da lactante e do tempo decorrido desde o início da lactação, já que esta sofre controle hormonal.

O pH do leite fresco fica em torno de 6.6-6.8 e, quando não esterilizado, pode se acidificar pela fermentação por microorganismos.

Vários derivados do leite são produzidos industrialmente ou artesanalmente, cujas propriedades nutricionais dependem das frações do leite que predominam no produto. Na manteiga e no creme de leite predominam as gorduras do leite enquanto em alguns queijos (ex. prato) há enriquecimento de proteínas e gorduras. O processo de fabricação da ricota faz com que ela tenha conteúdo relativamente alto de proteínas e baixo dos outros componentes do leite. Existem tabelas especializadas que discriminam os percentuais da composição de laticínios, informando ainda as cal/g correspondentes.

Componentes do leite

Minerais:

O leite apresenta uma composição de sais minerais distinta da encontrada no plasma, fruto da atividade secretória das glândulas mamárias. As concentrações de Na^+ e Cl^- no leite tem

valores significativamente abaixo dos encontrados no plasma, ao contrário daquelas para Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} e PO_4^{--} , que são consideravelmente superiores.

O leite é a fonte mais abundante de Ca^{++} dentre os alimentos comuns, e a utilização deste elemento é favorecida pela presença de PO_4^{--} no leite em proporções ideais. Lembrar que 99% do Ca^{++} nos vertebrados encontra-se no esqueleto ósseo, cuja composição mineral é predominantemente de $\text{Ca}^{++}_5(\text{PO}_4^{--})_3(\text{OH})$; este fosfato de cálcio é chamado hidroxiapatita. Os conteúdos de Fe^{++} e Cu^{++} no leite são relativamente baixos, talvez insuficientes para suprir as necessidades de crescimento da criança após alguns meses de idade. Crianças e animais de experimentação nutridos exclusivamente com leite desenvolvem anemia característica por falta deste elementos.

Carboidratos

O dissacarídeo lactose (galactose β -1,4 glicose) é o principal carboidrato do leite, atingindo concentrações de ~5% no leite de vaca e ~7% no humano.

Apesar de ser um açúcar encontrado exclusivamente no leite, parece não apresentar valor nutricional superior ao da sacarose, por exemplo. Para serem absorvidos no intestino delgado, os dissacarídeos precisam ser hidrolisados a monossacarídeos; a ausência ou baixa atividade de *lactase* em indivíduos adultos de certas etnias resulta na síndrome de intolerância à lactose (dor de barriga, flatulência, diarreia) após ingestão de leite. Os sintomas são decorrência do acúmulo deste açúcar na luz intestinal, que é acompanhado por retenção osmótica de água (diarreia) e fermentação por microorganismos da flora (flatulência, etc). Obs.: a síndrome de intolerância ao leite é de natureza alérgica, frequentemente associada à sensibilidade a β -lactoglobulina.

Lipídeos

As gorduras do leite são principalmente triacilgliceróis, dispersos na forma de emulsão, correspondendo a 3,5-5 % da composição do leite de vaca e a 3-4 % do humano. No leite de vaca são encontrados nos triacilgliceróis ácidos graxos saturados com cadeias de 4 a 18 carbonos e alguns insaturados, com predominância dos ácidos oleico (insat; 32%), mirístico (20%), palmítico (15%), esteárico (15%) e láurico (6%). O leite humano tem composição semelhante, com exceção dos ácidos graxos de cadeias C4-C10. Pequenas quantidades de

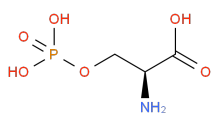
colesterol e fosfolípidos estão presentes no leite. A composição do leite de vaca pode variar com a estação do ano, alimentação e raça do gado.

Vitaminas

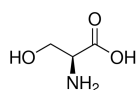
O leite é uma fonte rica em vitamina A e riboflavina (B2) e contém quantidades menores de tiamina (B1), pantotenato, niacina (B3), vitamina D e ascorbato (Vit. C).

Proteínas

Proteínas correspondem a 1-1,5% da composição do leite humano e a 3-4% do leite de vaca. As principais proteínas do leite são caseína (80% do total no leite de vaca e 40% no humano) e β -lactoglobulina, que não são encontradas em outros tecidos ou fluidos biológicos. Estas duas proteínas apresentam características relevantes do ponto de vista nutricional, fornecendo quantidades suficientes de todos os aminoácidos requeridos para o desenvolvimento do recém-nascido, inclusive dos essenciais. Algumas espécies não sintetizam certos aminoácidos, os chamados *essenciais* para a espécie, que devem ser obtidos pela dieta. Consideram-se essenciais para o homem: Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Tyr, Trp e Val. É importante que uma dieta seja balanceada em termos de aminoácidos pois, não sendo estes armazenados na forma livre para uso futuro, todos precisam estar presentes para manter a biossíntese de proteínas. O conteúdo relativamente baixo dos aminoácidos Cys e Met na caseína é compensado pela composição da β -lactoglobulina, rica nestes resíduos. A caseína é uma glicoproteína que contém ~ 5% de carboidrato e resíduos de fosfoserina, estes responsáveis por parte significativa do conteúdo de fosfato do leite.



Fosfoserina



Serina

Notar que, na fosfoserina, a hidroxila da serina encontra-se esterificada com ácido fosfórico. O radical fosfato da cadeia lateral da fosfoserina, que em meio com pH fisiológico apresenta 2 cargas negativas, pode formar sais com íons Ca^{++} .

Em algumas espécies os conteúdos de fosfato e cálcio no leite acompanham o da caseína, refletindo a maneira como estas substâncias inorgânicas são transportadas neste líquido, na forma de caseinato de cálcio. Lembrar que soluções contendo íons Ca^{++} e PO_4^{--} livres

tendem a formar precipitados de fosfato de cálcio, insolúveis. Ligados à caseína através dos resíduos de fosfoserina desta proteína, os complexos de fosfato de cálcio formados no leite são mantidos em solução pelas propriedades da caseína.

Inúmeras outras proteínas são encontradas no leite, em pequenas quantidades, entre as quais anticorpos, albumina e enzimas diversas.

Colostro

O leite colostrado, produzido nos primeiros poucos dias após o parto, difere marcadamente do leite em decorrência de um maior conteúdo de proteína, principalmente imunoglobulinas (anticorpos). O leite de vaca contém ~ 4% de proteína, dos quais 80% corresponde à caseína, enquanto o colostro tem até 20% de proteína devido às imunoglobulinas. Os bovinos adquirem imunidade passivamente por absorverem anticorpos presentes no trato gastrointestinal nos primeiros dias de vida. Esta absorção parece não acontecer com os humanos, que se beneficiariam dos anticorpos do colostro e do leite materno apenas pela proteção conferida pelos anticorpos contra infecções e toxinas no trato gastrointestinal. O aumento no conteúdo de proteínas no colostro humano não é tão pronunciado como nos bovinos. O colostro apresenta 50-100 vezes mais β -caroteno (precursor de vitamina A) que o leite e ainda concentrações aumentadas de riboflavina, niacina e outras vitaminas. A composição do colostro faz com que ele tenha uma aparência amarela-alaranjada, e acredita-se que tal composição contribua para aumentar as chances de sobrevivência do recém-nascido.