

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Curso de Engenharia de Alimentos

**O SORO DE LEITE COMO SUPLEMENTO PROTEICO PARA
ATLETAS**

Andréia Gomes Aires

2010/2

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Curso de Engenharia de Alimentos

**O SORO DE LEITE COMO SUPLEMENTO PROTEICO PARA
ATLETAS**

Andréia Gomes Aires

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia de
Alimentos para obtenção do
Título de Engenheiro de
Alimentos.

Orientadora: Profa. Roberta
Thys

2010/2

O SORO DE LEITE COMO SUPLEMENTO PROTEICO PARA ATLETAS

Andréia Gomes Aires

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Roberta Cruz Silveira Thys
Prof^a. Orientadora

Prof. Dr. Jean Philippe Palma Revillion

Prof^a. Dr^a Simone Hickmann Flores

AGRADECIMENTOS

À minha mãe que é meu exemplo de amor, força, dedicação e perseverança, agradeço pelo apoio e força que sempre me deu em toda minha vida.

A meu pai pela dedicação, carinho e compreensão, e por sempre torcer por mim e me apoiar em todas as minhas decisões.

A meu irmão por ser meu companheiro e amigo, e por me ajudar quando eu precisei, em todas as ocasiões.

À prof. Dra. Roberta Thys, por todo apoio, orientação e principalmente pela motivação e engajamento que sempre demonstrou, e por ser meu referencial acadêmico e profissional.

A todas as minhas colegas, que dividiram comigo idéias, dúvidas, momentos de alegria e tristeza, sem elas esse trajeto teria sido muito difícil.

A meu grande incentivador, Carlos Eduardo Ortiz Jr., que sempre acreditou na minha capacidade e sempre fez com que eu me sentisse capaz de conquistar o mundo.

RESUMO

O soro de leite é um subproduto da indústria láctea, derivado da fabricação de queijos e caseinatos, que muitas vezes é descartado ou utilizado como ração animal. Contudo, devido ao seu grande potencial poluidor, a utilização do soro de leite e seus constituintes têm se tornado uma alternativa muito visada pela indústria. No Brasil, a produção de queijos aumenta progressivamente, aumentando também a necessidade de criar alternativas para utilização do soro e seus constituintes. As aplicações do soro e suas frações são inúmeras, englobando indústrias de lácteos, carnes, aromatizantes, panificação, chocolate, aperitivos, bebidas, suplementos alimentares, entre outros. Um dos métodos mais utilizados para o processamento do soro e separação de suas frações proteicas é a ultrafiltração, processo de separação através de uma membrana. Dentre os inúmeros destinos das proteínas obtidas através da ultrafiltração e outros métodos de separação está a utilização deste produto como suplemento alimentar para atletas. O treinamento de força, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento com cargas, tornou-se uma das formas mais conhecidas de exercício, tanto para o condicionamento de atletas quanto para melhorar a forma física de não atletas. A ingestão de proteína ou aminoácidos, após os exercícios físicos, favorece a recuperação e a síntese muscular, desejável para o condicionamento e desempenho físico de atletas. Isto faz com que as proteínas do soro de leite se tornem uma excelente alternativa no treinamento com pesos por atletas. O presente trabalho tem como objetivo efetuar uma revisão bibliográfica sobre as propriedades funcionais e nutricionais das proteínas do soro de leite, bem como as vantagens e necessidades de sua aplicação como suplemento proteico para atletas.

ABSTRACT

Whey is a byproduct of the dairy industry derived from the manufacture of cheese and casein, which is often discarded or used as animal feed. However, due to its potential pollution, the use of whey and its constituents have become an attractive alternative for the industry. In Brazil, the production of cheese has progressively and significantly increased, leading to the creation of new applications of whey and its constituents. The applications of whey and its fractions are numerous, including dairy products, meat, dry mixes (for flavor), bakery, chocolate, snacks, beverages, food supplements, among others. Ultrafiltration is one of the most common methods for processing and separating serum protein fractions, which is a separation process through a membrane. Among the various destinations of the proteins obtained by ultrafiltration, one of the most important is the use of this product as a food supplement for athletes. Strength training, also known as weight training or training with loads, has become one of the best known forms of exercise with the purpose of conditioning and improving physical form of athletes and non-athletes. The intake of protein after exercise promotes muscle recovery and synthesis, which is desirable for the conditioning and physical performance of athletes. It makes whey protein become an excellent alternative for weight training athletes. The present work aims to make a review on the nutritional and functional properties of whey proteins, as well as on the advantages of their application as protein supplement for athletes.

LISTA DE ABREVIACES

BLG – Beta-lactoglobulina

ALA – Alfa-loctoalbumina

BSA – Albumina do soro bovino

Ig's - Imunoglobulinas

IPS – Isolado proteico de soro

UF – Ultrafiltrao

OI – Osmose Inversa

DF - Diafiltrao

VB – Valor Biolgico

PD – Digestibilidade Proteica

NPU – *Net Protein Utilization*

PER – *Protein Efficiency Ratio*

PDCAAS - *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*

CPS – Concentrados de protenas de soro

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração e distribuição média dos componentes do leite no coalho e no soro.	20
Tabela 2: Composição média do soro doce e ácido.	22
Tabela 3: Quantidades médias de vitaminas e minerais em 100g de soro doce em pó.	24
Tabela 4: Composição média de aminoácidos por grama de proteína do soro	26
Tabela 5: Quantidades em gramas por litro das principais proteínas do soro lácteo no leite bovino.	28
Tabela 6: Principais produtos derivados do soro de leite	38
Tabela 7: Propriedades funcionais conferidas pelos concentrados proteicos aos alimentos.	43

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Fluxograma do processamento do queijo mussarela.35
- Figura 2:** Fluxograma de obtenção de soro de leite em pó.36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	METABOLISMO CELULAR	13
	2.1 <i>Nutrição para desempenho e treinamento atlético</i>	13
	2.2 <i>Treinamento de força e hipertrofia muscular</i>	13
	2.2.1 Recomendações energéticas para atletas de força	14
	2.2.2 Carboidratos e exercícios de força.....	16
	2.2.3 Metabolismo proteico e exercícios de força	17
3	SORO DE LEITE	20
	3.1 <i>Composição do soro</i>	22
	3.1.1 Lactose	23
	3.1.2 Vitaminas e Sais Minerais.....	23
	3.1.3 Proteínas do soro de leite.....	25
	3.2 <i>Propriedades das proteínas do soro de leite</i>	31
	3.3 <i>Processamento do soro de leite</i>	33
	3.3.1 Obtenção do soro	33
	3.3.2 Obtenção das proteínas do soro	39
	3.3.3 Produção do soro de leite no Brasil	41
	3.4 <i>Aplicações do soro na indústria</i>	41
	3.5 <i>Uso do soro de leite como suplemento proteico para atletas</i> 43	
	3.5.1 Regulamento Técnico sobre alimentos para atletas.....	46
	3.6 <i>Mercado de alimentos para atletas</i>	46
	3.6.1 Mercado de suplementos nutricionais no Brasil	47

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A importância da nutrição no desempenho e saúde de atletas já se encontra suficientemente documentada na literatura. Diversos trabalhos têm buscado estabelecer recomendações relativas ao consumo nutricional e estratégias dietéticas que possam aperfeiçoar o desempenho e atenuar o impacto negativo do exercício na saúde.

Neste sentido, a pesquisa por ingredientes capazes de aliar a nutrição ao melhor desempenho atlético vem se intensificando e neste contexto o soro de leite, sendo considerado um subproduto da indústria de laticínios, entra como excelente opção. Entretanto, em particular, o fato do mesmo possuir carga orgânica muito elevada desautoriza o posterior descarte do soro diretamente no efluente, o que torna seu processamento uma escolha rentável e ecologicamente correta. É necessário ressaltar que mais da metade do total de leite utilizado para fabricação de queijo é na verdade soro, sendo sua utilização muito recomendada (PAGNO, 2009).

As proteínas do soro de leite, também conhecidas como *whey protein*, possuem alto valor nutricional e um alto valor de aminoácidos essenciais, especialmente os de cadeia ramificada, além de apresentarem alto teor de cálcio e peptídeos bioativos do soro (ANTUNES, 2003).

A suplementação de atletas utilizando proteínas do soro tem sido uma técnica cada vez mais utilizada por profissionais da área da saúde esportiva. Isto pode ser explicado, pois a *whey protein* tem rápida digestão e absorção intestinal, o que proporciona elevação da concentração de aminoácidos no plasma, que por sua vez estimula a síntese proteica nos tecidos (TERADA, 2009). Pode-se citar também sua influência na liberação de hormônios anabólicos, como a insulina, o que favorece a captação de aminoácidos para o interior da célula muscular, favorecendo a síntese proteica e conseqüentemente a hipertrofia muscular. Outras vantagens da utilização da proteína do soro de leite são seus efeitos benéficos sobre o sistema imune e sobre o processo de redução de gordura corporal (SGARBIERI, 2004).

2 METABOLISMO CELULAR

2.1 Nutrição para desempenho e treinamento atlético

As necessidades nutricionais de um atleta são bastante diferenciadas dos demais indivíduos em função do gasto energético comprovadamente elevado que varia de acordo com o tipo de atividade, a fase de treinamento e o momento da ingestão do alimento (TIRAPEGUI, 2000).

A atividade física eleva as necessidades de ingestão proteica a fim de manter o balanço nitrogenado, ou o balanço positivo em fases de treinamento hipertrófico, quando há efetivo anabolismo de proteínas musculares (LOLLO, 2007). O gasto energético de um atleta pode ser de até quatro vezes mais do que o de um indivíduo sedentário ou moderadamente ativo.

Para que essa necessidade seja suprida é preciso oferecer alimentos energéticos, com bom teor protéico, o que se consegue através da ingestão de alimentos variados, em quantidades adequadas para obtenção de todos os nutrientes necessários, para a geração de energia e o melhor aproveitamento dessa energia (TIRAPEGUI, 2000).

As alterações fisiológicas e os desgastes nutricionais gerados pelo esforço físico podem conduzir o atleta ao limiar da saúde e da doença, por isso o estabelecimento de um adequado consumo energético e nutricional é essencial para a manutenção do desempenho atlético (PANZA, 2007). Além disso, fatores como peso, altura, sexo, idade e metabolismo também irão influenciar.

2.2 Treinamento de força e hipertrofia muscular

O treinamento físico é conhecido por induzir uma série de adaptações bioquímicas e fisiológicas, as quais são creditadas a melhora do rendimento esportivo. O treinamento de força, também conhecido como treinamento com pesos ou treinamento com cargas, tornou-se uma das formas mais conhecidas de

exercício, tanto para o condicionamento de atletas, como para melhorar a forma física de não atletas (FLECK; KRAEMER, 1999).

A diminuição da massa muscular esquelética está associada à idade e à inatividade física. Pesquisas comprovam que a manutenção ou o ganho de massa muscular esquelética, principalmente em pessoas idosas, contribui para uma melhor qualidade e prolongamento da vida. Exercícios físicos, principalmente os resistidos com pesos, são de extrema importância para impedir a atrofia e favorecer o processo de hipertrofia muscular, melhorando a qualidade de vida (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

As pessoas que participam de um programa de treinamento de força esperam que o programa produza alguns benefícios, tais como aumento de força, aumento de massa muscular, melhor desempenho esportivo, diminuição de gordura no corpo e aumento do desempenho esportivo. Um programa de treinamento de força bem planejado e executado de forma consistente pode produzir todos estes benefícios (FLECK; KRAEMER, 1999; MORAIS; MEDEIROS; LIBERALI, 2008).

Segundo os mesmos autores, para que estas alterações sejam otimizadas é necessária a fidelidade a alguns princípios básicos, que se aplicam independentemente da modalidade de força e do sistema de treinamento usado.

Segundo Moraes; Medeiros; Liberali (2008), pode-se definir hipertrofia muscular como o aumento da secção transversa do músculo, isso significa o aumento do tamanho e número de filamentos de actina e miosina e a adição de sarcômeros dentro das fibras musculares já existentes.

O processo de crescimento muscular implica obrigatoriamente o acúmulo de proteínas da musculatura, que pode ocorrer pelo aumento da síntese de proteínas ou pelo aumento do conteúdo de proteínas nas fibras musculares (através da diminuição do processo de degradação das proteínas) (BACURAU, 2009).

2.2.1 Recomendações energéticas para atletas de força

A atividade física causa um aumento das necessidades proteicas no organismo de um atleta de força. O treinamento de força causa a redução na

concentração de insulina, por isso a ingestão de alimentos ajuda a estimular a síntese proteica, pois estimula a produção de insulina e reduz a quebra de proteínas (FISCHBORN, 2009).

O estabelecimento de recomendações nutricionais específicas para atletas representa a disponibilização de um importante instrumento teórico para o planejamento dietético destinado a esta população. A adequação do consumo energético e nutricional é essencial para a manutenção do desempenho, da composição corporal e da saúde desses indivíduos (PANZA, 2007).

O mesmo autor relata que a baixa ingestão de energia pode resultar em fornecimento insuficiente de importantes nutrientes relacionados ao metabolismo energético, à reparação tecidual, ao sistema antioxidante e à resposta imunológica. Na falta da ingestão destes nutrientes, os aminoácidos necessários para produção da proteína muscular são grandemente derivados da quebra de proteínas, assim embora exista um aumento da síntese proteica após o exercício, o equilíbrio proteico é negativo.

A estimativa do dispêndio energético de atletas é baseada no gasto metabólico basal e no tipo, intensidade, duração e frequência do exercício. De uma forma geral, é recomendado que atletas homens e mulheres que se exercitam por mais de 90 minutos por dia, tenham uma ingestão energética acima de 50kcal/kg e 45-50kcal/kg, respectivamente (ECONOMOS; BORTZ; NELSON, 1993).

A hipertrofia muscular ocorre a partir do saldo de síntese de proteínas, ou seja, quando a síntese proteica muscular excede a degradação proteica. O exercício de treinamento de força exerce profundo efeito sobre o metabolismo proteico muscular, resultando em crescimento dos músculos. Sendo assim, os efeitos complementares do exercício de força com diferentes estratégias nutricionais devem ser levados em conta na investigação do metabolismo proteico muscular (ROGERO; TIRAPEGUI, 2004).

O atleta que tem como objetivo aperfeiçoar o seu desempenho deve consumir uma ampla variedade de alimentos na quantidade adequada para cada necessidade (GUERRA, 2004). A necessidade de uma proteína é a quantidade que deve ser ingerida pelo ser humano em um determinado período para contrabalançar os gastos orgânicos nesse mesmo período de tempo (TIRAPEGUI, 2000).

Segundo Lemon (1998), pessoas envolvidas em treinos de resistência necessitam de 1,2 a 1,4g de proteína por quilograma de peso ao dia, enquanto que atletas de força, 1,6 a 1,7g por kg de peso/dia, bem superior aos 0,8-1,0g por kg de peso/dia, estabelecidos para indivíduos sedentários. A ingestão de proteína ou aminoácidos, após exercícios físicos, favorece a recuperação e a síntese protéica muscular.

2.2.2 Carboidratos e exercícios de força

O consumo apropriado de carboidratos é fundamental para a otimização dos estoques iniciais de glicogênio muscular, a manutenção dos níveis de glicose sanguínea durante o exercício e a adequada reposição das reservas de glicogênio na fase de recuperação (LOLLO, 2007).

Segundo Bacurau (2009), o conteúdo de carboidratos que se consome em certa dieta está diretamente relacionado à quantidade produzida de glicogênio hepático e muscular, sendo esta última fundamental durante os períodos de treinamento.

O conteúdo de glicogênio muscular é um componente importante no fornecimento de energia durante a realização do exercício intermitente. Isto se torna evidente à medida que se realizam as repetições do exercício, e que o mesmo vai sendo gradualmente depletado, apresentando o indivíduo sinais de fadiga (GUERRA, 2004). Isto normalmente ocorre em atividades anaeróbias intensas à medida que elas são repetidas. Portanto, é de se esperar que os indivíduos suportem períodos de treinamento mais brandos, sem a necessidade de dietas com alto conteúdo de carboidratos (BACURAU, 2009)

Durante períodos de treinamento de força mais intensos acredita-se que o aumento do conteúdo de carboidratos da dieta seja benéfico. O consumo de carboidratos durante e após o exercício causa alterações hormonais que são benéficas para reposição do glicogênio muscular e promoção de outros processos anabólicos (TIRAPGUI, 2000).

2.2.3 Metabolismo proteico e exercícios de força

As proteínas em nosso organismo estão sendo constantemente sintetizadas e degradadas. Essa rotatividade prevê um mecanismo de manutenção constante das proteínas potencialmente danificadas (PHILLIPS, 2004). Para atletas esse mecanismo é realizado através da ingestão elevada de proteínas quando comparada com a de um indivíduo sedentário. Isso ajuda no reparo de lesões induzidas pelo exercício nas fibras musculares, no uso de pequena quantidade de proteína como fonte de energia durante a atividade e no ganho de massa magra (GUERRA; SOARES, 2001).

As células musculares são compostas de proteína, carboidratos estocados e água. Depois da quebra das proteínas do tecido muscular (durante exercícios com peso), é necessário que seja feita a recomposição das mesmas através de proteínas oriundas da dieta. Para que a reparação ou crescimento de tecido possa ocorrer, a proteína deve ser ingerida em intervalos constantes, durante o dia (TIRAPÉGUI, 2000).

Os três principais destinos das proteínas provenientes da dieta são: anabolismo (síntese de proteínas e polipeptídeos), catabolismo ou degradação, produção de energia e síntese de compostos de pequeno peso molecular. Através destes mecanismos os aminoácidos exercem suas funções na construção e manutenção dos tecidos, na formação de enzimas, hormônios, anticorpos, no fornecimento de energia e na regulação de processos metabólicos (TIRAPÉGUI, 2000).

A importância energética da proteína no exercício de força tem uma contribuição pequena quando comparada aos carboidratos e lipídios. Sua função principal é relacionada ao processo de hipertrofia muscular em decorrência do exercício com sobrecargas, sendo para isto um elemento vital (ROLIM, 2007).

Outra função importante das proteínas no organismo é a de transporte. Associadas aos lipídeos, as lipoproteínas auxiliam no transporte de triglicerídeos, colesterol, fosfolipídios e vitaminas lipossolúveis (PHILLIPS, 2004).

Segundo Lollo (2007), as proteínas também contribuem para a homeostasia, mantendo o equilíbrio osmótico entre os diferentes fluidos do organismo. O mesmo autor comenta que uma proteína importante para essa função é a albumina, que devido à sua estrutura, combina-se com compostos ácidos os básicos e mantém o equilíbrio ácido-base entre o sangue e os diferentes tecidos do organismo.

O exercício de força estimula a renovação de proteínas musculares, resultando tanto no aumento da síntese de proteínas, quanto na sua degradação. A degradação de proteínas permanece elevada até 48 horas após exercícios de força intensos, sendo assim, durante a recuperação pós-exercício os eventos de catabolismo muscular predominam (FISCHBORN, 2009).

Segundo Phillips (2004), a observação de que as taxas de síntese proteica são elevadas após sessões de exercícios de resistência e de que o consumo de aminoácidos aumenta a resposta do exercício, fornece fundamento para o crescimento de músculo esquelético. Além disso, o mesmo autor ressalta que o aumento de massa magra e hipertrofia muscular após os treinos são resultados de períodos em que o balanço nitrogenado foi positivo, isso ocorre somente quando alimentação e exercícios de resistência são combinados.

O balanço nitrogenado ou equilíbrio proteico é a diferença entre a síntese de proteínas musculares e sua degradação (FISCHBORN, 2009). Quando a degradação é maior que a síntese, ocorre o balanço negativo, o que não é desejável em atletas de desejam hipertrofia muscular.

O metabolismo proteico durante o exercício é similar às condições observadas durante períodos de jejum ou restrição alimentar, onde ocorre uma liberação líquida de aminoácidos devido à supressão de síntese proteica, com a constante quebra das proteínas. Essa alteração na renovação de proteínas resulta num aumento nas concentrações teciduais de aminoácidos livres e numa liberação líquida de aminoácidos na maioria dos tecidos. Os tecidos com altas taxas de renovação de proteínas são os mais afetados, incorrendo no fígado e o trato gastrointestinal, a maior perda durante curtos episódios de jejum (ROLIM, 2007).

Os principais subprodutos do metabolismo de proteínas são o dióxido de carbono e a uréia. Durante o exercício a uréia sérica aumenta em 20%, enquanto a produção de uréia urinária diminui (FISCHBORN, 2009).

O aumento da degradação de proteínas é a principal resposta do músculo estriado ao treinamento com pesos. Durante as fases iniciais de recuperação a atenuação dos causadores do catabolismo muscular torna-se essencial para favorecer a hipertrofia muscular, já que a degradação proteica inibe o crescimento muscular (FISCHBORN, 2009).

Segundo Bacurau (2007), o uso máximo das proteínas como fonte energética do exercício não ultrapassa 5% a 15%, e em exercícios intensos esse percentual pode ser menor ainda. No entanto, é atribuída grande importância a estas no que se refere à síntese muscular crônica, decorrente do exercício com sobrecargas. Dessa forma, o papel das proteínas no metabolismo do exercício ocorre principalmente no período da recuperação.

O mesmo autor cita que o trabalho com sobrecargas não promove por si só a deposição de aminoácidos no músculo esquelético. Este processo depende principalmente da ação da insulina e disponibilidade de aminoácidos, sendo que, este primeiro não promove a síntese muscular, mas facilita.

3 SORO DE LEITE

O soro de leite, também conhecido como soro lácteo, soro de queijo ou lacto-soro, é um subproduto da indústria de laticínios obtido principalmente através da produção de queijos. Seu destino principal foi por muito tempo ração animal ou até mesmo descarte direto em efluentes (YORGUN; BALCIOGLU; SAYGIN, 2008).

Apresentando-se na forma líquida com coloração amarelo-esverdeada, o soro de leite contém cerca de 55% dos sólidos presentes no leite integral - e grande quantidade de lactose, sais minerais e vitaminas hidrossolúveis. Representa cerca de 80 a 90% do volume de leite utilizado na fabricação de queijo (ANDRADE; MARTINS, 2002; RAMADAN, 2005; BOSCHI, 2006; CARLOS, 1997).

Com o aumento da produção de queijo ao longo dos anos e um controle mais rigoroso da disposição dos efluentes, a produção do soro é, atualmente, um dos problemas mais críticos para a indústria de laticínios (BALDASSO, 2008).

O leite é um sistema de grande complexidade. Representa a secreção trifásica da glândula mamária, onde se encontram glóbulos de gordura emulsificados, micelas de caseína coloidalmente dispersas e proteínas, lactose, vitaminas e sais orgânicos e inorgânicos dissolvidos na fase contínua (água). (ANTUNES, 2003). A composição do leite, além da concentração e distribuição dos componentes do mesmo no soro e no coalho pode ser observada na Tabela 1:

Tabela 1: Concentração e distribuição média dos componentes do leite no coalho e no soro.

Componente	Leite (g/L)	Coalho (%)	Soro (%)
Água	87,1	6,0	94
Sólidos Totais	12,9	48	52
Caseínas	2,6	96	4
Proteínas do soro	0,7	4,0	96
Gordura	4,0	94	6
Lactose	4,6	6,0	94
Minerais	0,7	62	38
Outros	0,32	-	-

Fonte: Baldasso (2008).

Pode-se observar na Tabela 1 que, em média, 52% dos sólidos totais, 94% da lactose, 96% das proteínas solúveis e 38% dos minerais, permanecem no soro após a fabricação do queijo. No coalho permanecem as caseínas e grande quantidade de gordura.

Por muitos anos esse subproduto da indústria de laticínios foi descartado. Somente a partir da década de 1970, pesquisadores começaram a estudar suas propriedades (PAGNO, 2009). Segundo Pires (2010), apenas 30% do soro produzido na União Européia é utilizado na alimentação humana, mas previsões indicam que este índice irá superar o uso de soro em ração animal em um futuro próximo. É um subproduto de relevante importância na indústria de laticínios, tendo em vista o volume produzido e sua composição nutricional.

O componente mais valioso no soro são as proteínas, mas estas se encontram em concentrações reduzidas no soro líquido. Para tanto, tornam-se necessárias algumas etapas de concentração do soro, para que as propriedades funcionais sejam ressaltadas, como por exemplo, solubilidade, emulsificação e formação de espuma (PAGNO, 2009).

Quando o teor de lactose é reduzido, obtém-se um produto com alto teor de proteínas. O interesse neste tipo de produto vem crescendo, pois as proteínas do soro de leite, também conhecidas como "*whey protein*", possuem qualidade nutricional, propriedades fisiológico-funcionais quando comparadas com outras fontes proteicas (CARLOS, 1997; BORGES, 2000; PAGNO, 2009).

Inicialmente podem ser obtidos dois tipos de soro: soro ácido e soro doce. O soro ácido é um subproduto da fabricação do caseinato ou de queijo tipo Cottage. O ajuste do pH do leite desnatado para 4,6; seja pela adição de ácido, glucona delta lactona ou pela adição de cultura de bactéria láctica, leva à coagulação da caseína, a qual após o corte e aquecimento seguido de drenagem, dá origem ao soro ácido (ANTUNES, 2003).

O soro doce é o tipo predominante de soro. É produzido pela inoculação do leite com cultura de bactérias lácticas, levando o pH para 6,2-6,4, seguida da adição da renina (quimosina) como na produção de queijos amadurecidos duros, semi-duros ou macios (Cheddar, suíço, Provolone, etc.) (ANTUNES, 2003). O pH do soro

doce é ligeiramente menor que o do leite fresco, varia de 5,9 a 6,6 (BALDASSO, 2008).

Os dois tipos de soro apresentam diferenças na acidez e no conteúdo mineral, e são estas diferenças que conferem diferentes propriedades físico-químicas (BOSCHI, 2006). Hoje em dia, com o domínio de novas tecnologias, o soro e suas frações estão se tornando ingredientes alimentares muito diferenciados e valorizados, além de representar uma excelente fonte de proteína, oferecendo uma gama de benefícios funcionais em suas aplicações na indústria alimentícia (BORGES, 2000).

3.1 Composição do soro

O soro contém grandes quantidades de água e lactose, e baixos valores de proteínas e lipídeos residuais, além de conter concentrações significativas de minerais inorgânicos, como íons cálcio, magnésio, citrato, e fosfato derivados das micelas de caseína.

Tabela 2: Composição média do soro doce e ácido.

	Leite (%)	Soro Doce (%)	Soro Ácido (%)
Sólidos Totais (ST)	13	6,4	6,2
Proteína	3,6	0,8	0,75
Gordura	3,9	0,5	0,04
Lactose	4,6	4,6	4,2
Cinza	0,8	0,5	0,8
Ácido Láctico	-	0,05	0,4

Fonte: Antunes (2003).

De acordo com a Tabela 2, pode-se dizer que o soro retém toda ou grande parte da lactose do leite e que cerca de 87% da gordura do mesmo, no caso da obtenção de soro doce, fica retida no coalho. Na fabricação de queijo tipo cottage (obtenção de soro ácido) a retenção de gordura no coalho chega a 99%

A composição dos produtos obtidos de proteínas de soro varia segundo diversos fatores: fonte do leite, método de preparação, tipo de queijo produzido e especificações individuais dos processadores. Todos estes fatores influem de forma

significativa nas características funcionais de diversos produtos de soro (ANTUNES, 2003).

Como observado na tabela 2, o soro doce geralmente é mais rico em lactose, devido ao processo de fermentação, pois no soro ácido uma fração de lactose é transformada em ácido láctico durante a formação do coalho. Por outro lado o soro ácido possui mais cálcio e fósforo, devido à solubilização do complexo cálcio-fósforo, existente nas micelas de caseína, em pH ácido (BALDASSO, 2008).

3.1.1 Lactose

A lactose, também chamada de “açúcar do leite” é um dissacarídeo formado por glicose e galactose. É o carboidrato predominante no leite bovino e corresponde a aproximadamente 50% dos sólidos do leite desengordurado (FOX, 1997).

A presença de lactose no leite é importante, pois esta é a principal fonte de energia para microrganismos que a utilizam para seu desenvolvimento (FOX, 1997), sendo considerada o componente principal dos produtos lácteos em base seca, chegando a 70% no soro de leite em pó (FOX, 1998).

A concentração de lactose no leite e no soro de leite varia amplamente entre as espécies. O conteúdo de lactose do leite bovino varia com a raça, fator de individualidade e principalmente à fase de lactação do animal (BALDASSO, 2008).

3.1.2 Vitaminas e Sais Minerais

Os sais minerais do leite são fosfatos, citratos, cloretos, sulfatos, carbonatos, bicarbonato de sódio, potássio, cálcio e magnésio. Em quantias menores, também são encontrados, aproximadamente 20 outros elementos no leite, inclusive cobre, ferro, silício, zinco e iodo. Os elementos principais são de importância para a nutrição, na preparação, processamento e armazenamento de produtos de leite devido à influência na conformação e estabilidade das proteínas do leite (FOX, 1998).

O cálcio e o fósforo são minerais importantes na formação de ossos e dentes. O cálcio é vital para o crescimento, manutenção de funções do organismo e reprodução durante toda a vida. Ajuda também na prevenção da osteoporose, uma doença caracterizada por perda de massa óssea e deterioração do tecido ósseo. O fosfato e o magnésio mantêm, juntamente com o cálcio, a integridade estrutural do esqueleto (CALDAS, 2007).

Vitaminas são substâncias químicas orgânicas requeridas pelo organismo, mas que não podem ser sintetizadas por ele (TIRAPÉGUI, 2000). O soro contém a maioria das vitaminas presentes no leite (e solúveis em água), como vitamina B12, vitamina B6, ácido pantotênico, riboflavina, tiamina, vitamina C, retinol (vitamina A). As quantidades destes compostos presentes no soro estão listadas na tabela 3:

Tabela 3: Quantidades médias de vitaminas e minerais em 100g de soro doce em pó.

Constituinte	Quantidade
<i>Vitaminas</i>	
Vitamina A	44 IU
Vitamina C	1,5 mg
Vitamina E	0,03 mg
Tiamina (B1)	0,5 mg
Riboflavina (B2)	2,2 mg
Piridoxina (B6)	0,6 mg
Vitamina B12	2,4 mcg
Ácido Pantotênico	5,6 mg
Niacina	1,3 mg
<i>Minerais</i>	
Cálcio	796 mg
Fósforo	931 mg
Sódio	1079 mg
Potássio	2080 mg
Magnésio	176 mg
Zinco	1,97 mg

Fonte: Baldasso (2008).

De acordo com a Tabela 3, o soro é uma boa fonte de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Na indústria de alimentos, o soro ou seus ingredientes podem ser incorporados a produtos fortificados, aumentando o teor de nutrientes minerais do produto final (BALDASSO, 2008).

3.1.3 Proteínas do soro de leite

As proteínas são formadas por combinações de 20 aminoácidos em diversas proporções e cumprem funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte nos fluidos biológicos. Podem ser exógenas, provenientes das proteínas ingeridas pela dieta, ou endógenas, derivadas da degradação das proteínas celulares do próprio organismo (TIRAPEGUI, 2000).

Do ponto de vista nutricional há dois tipos de aminoácidos: os não-essenciais, que podem ser sintetizados pelo organismo sadio a partir de alimentos consumidos diariamente e os essenciais, que devido à incapacidade do organismo em sintetizá-los, devem ser obtidos através da dieta. Os aminoácidos essenciais são: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (ANTUNES, 2003).

Estas macromoléculas estão presentes em todas as células dos organismos vivos. São consideradas nutrientes importantes, pois fornecem os aminoácidos essenciais, que devem ser fornecidos pela dieta. Sua falta ocasiona alterações bioquímicas, fisiológicas e diminuição acentuada da síntese protéica (TIRAPEGUI, 2000).

As principais funções biológicas das proteínas são: reparação celular, construção e reparação de músculos e ossos, provimento de energia e regulação de uma série de importantes processos metabólicos do corpo (ANTUNES, 2003).

Quando a caseína é retirada do leite por algum método de precipitação, em solução resta um grupo de proteínas que são chamadas proteínas do soro, proteínas solúveis, soroproteínas ou não caseínas. A quantidade de proteínas encontradas no soro varia de 0,7 a 1,2% da sua composição média e equivale a

cerca de 20 a 25% do total de proteínas encontradas no leite (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006; ANTUNES, 2003).

As proteínas solúveis do soro do leite apresentam um excelente perfil de aminoácidos, caracterizando-as como proteínas de alto valor biológico. De acordo com Haraguchi; Abreu; Paula; 2006, cada 100g de concentrado protéico de soro de leite possui em média 414 kcal, 80g de proteínas, 7 g de gordura e 8 g de carboidrato. A composição média de aminoácidos presente por grama de proteína do soro de leite está descrita na Tabela 4.

Tabela 4: Composição média de aminoácidos por grama de proteína do soro

Aminoácido	Quantidade mg/g
<i>Não Essencial</i>	
Alanina	4,9
Arginina	2,4
Asparagina	3,8
Ácido Aspártico	10,7
Cisteína	1,7
Glutamina	3,4
Ácido Glutâmico	15,4
Glicina	1,7
Prolina	4,2
Serina	3,9
Tirosina	3,4
<i>Essencial</i>	
Histidina	1,7
Isoleucina	4,7
Leucina	11,8
Lisina	9,5
Metionina	3,1
Fenilalanina	3
Treonina	4,6
Triptofano	1,3
Valina	4,7

Fonte: Haraguchi, Abreu, Paula (2006)

A quantidade de aminoácidos essenciais de proteínas do soro é maior do que quaisquer outras fontes e correspondem a 60% do valor proteico total do soro, na qual contém níveis elevados de leucina e lisina em comparação ao isolado proteico de soja ou clara de ovo desidratada, ainda possui uma boa fonte de aminoácidos contendo enxofre, tais como cisteína e metionina (RICHARDS, 2002).

Possuem peptídeos bioativos do soro, que conferem a essas proteínas diferentes propriedades funcionais. Os aminoácidos essenciais, com destaque para os de cadeia ramificada, favorecem o anabolismo, assim como a redução do catabolismo protéico, favorecendo o ganho de força muscular e reduzindo a perda de massa muscular durante a perda de peso (SGARBIERI, 2004).

As proteínas do soro do leite apresentam uma estrutura globular contendo algumas pontes dissulfeto, que conferem certo grau de estabilidade estrutural. As frações, ou peptídeos do soro são constituídas de: beta-lactoglobulina (BLG), alfa-lactoalbumina (ALA), albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (Ig's) e lactoferrina. Essas frações podem variar em tamanho, peso molecular e função, fornecendo às proteínas do soro características especiais (SGARBIERI, 2004; HARAGUCHI, ABREU, PAULA, 2006).

As proteínas do soro podem exibir diferenças na sua composição de macronutrientes e micronutrientes, dependendo da forma utilizada para sua obtenção. (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006)

Cerca de 80% das proteínas do soro consistem em BLG e ALA, correspondendo a 55% e 25%, respectivamente. A BLG é a principal proteína do soro de leite bovino, ovino e caprino (ANTUNES, 2003).

Na Tabela 5 estão listadas as proteínas do soro, bem como suas quantidades no leite bovino.

Tabela 5: Quantidades em gramas por litro das principais proteínas do soro lácteo no leite bovino.

Proteínas do soro	Quantidade no leite Bovino (g/L)
Beta-lactoglobulina	3,2
Alfa-lactoalbumina	1,2
Soroalbumina	0,4
Imunoglobulinas	0,7
Lactoferrina	0,1

Fonte: Adaptado de Sgarbieri (2004).

3.1.3.1 BETA-LACTOGLOBULINA (BLG)

A BLG é o peptídeo presente em maior quantidade no soro, de 45% a 57%, além de representar 10% da proteína total do leite, quantificando no leite bovino, cerca de 3,2 g/L. Seu peso molecular varia de 18,4 a 36,8 kDa, o que lhe confere resistência à ação de ácidos e enzimas proteolíticas presentes no estômago, sendo portanto, absorvida no intestino delgado (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

BLG é produzida especificamente na glândula mamária. O leite de todo ruminante contém esta proteína, enquanto que a maior parte do leite dos não ruminantes, o leite humano, por exemplo, não possui (BALDASSO, 2008).

Sendo produzida na glândula mamária de animais ruminantes (BALDASSO, 2008), a BLG apresenta o maior teor (cerca de 25,1%) de aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA), o que a torna uma importante carreadora de retinol materno para o filhote (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

As suas duas variantes, A e B diferem em apenas dois aminoácidos, o aspartato (posição 674) e a valina (posição 118), que na variante B são substituídos pela glicina e alanina (BORGES, 2000).

A cadeia da BLG possui vários pontos de ligação para minerais, vitaminas lipossolúveis e lipídios. Estes pontos de ligação podem ser usados para incorporar compostos lipofílicos desejáveis como tocoferol e retinol. Também pode se ligar ao cálcio e ao zinco (BALDASSO, 2008).

A BLG possui um grupo sulfídrico, que normalmente está ligado dentro da molécula e não é reativo. Quando ocorre a desnaturação por volta dos 75°, o grupo -SH da BLG é exposto e reage com a caseína (e provavelmente com a ALA) com efeitos muito significativos em algumas das propriedades físico-químicas tecnologicamente importantes do leite (BORGES, 2000).

Devido à abundância desta proteína no leite bovino, em uma grande extensão as propriedades dos concentrados protéicos do soro são, na verdade, as propriedades da BLG (BALDASSO, 2008).

3.1.3.2 A ALFA – LACTOALBUMINA (ALA)

A alfa-lactoalbumina é a segunda proteína mais abundante no soro, representando de 15% a 25% da proteína total do mesmo e, aproximadamente 2% da proteína total do leite, sendo considerada a principal proteína do leite humano. Com peso molecular de 14,2 kDa, caracteriza-se por ser de rápida e fácil absorção. Contém o maior teor de triptofano (6%) entre todas as fontes protéicas alimentares, sendo também rica em lisina, leucina, treonina e cistina (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

Segundo Baldasso (2008), a ALA existe principalmente como uma molécula globular quase esférica, sendo compacta em meio neutro e alcalino. Sua molécula consiste de 123 aminoácidos e possui estrutura globular compacta, contendo quatro ligações de dissulfeto e nenhum grupo fosfato. A ALA possui um alto grau de renaturação, e é esta propriedade a responsável pela aparente resistência desta proteína ao calor (BORGES, 2000).

A ALA é a molécula mais estável termicamente dentre todas as proteínas do soro. A maioria das proteínas aumenta a sensibilidade ao calor na presença de cálcio, isto corre provavelmente devido à habilidade do cálcio de promover a formação de ligações iônicas intermoleculares com a maioria das proteínas. Estas ligações mantêm as moléculas próximas, aumentando a probabilidade de agregação com o aquecimento. Por outro lado, a ALA utiliza o cálcio para formar laços iônicos intramoleculares que tendem a fazer a molécula resistente ao desdobraimento

térmico. Em condições favoráveis de concentrações de cálcio e pH, a ALA pode permanecer solúvel depois de exposição a 100°C (BALDASSO, 2008).

Os alimentos que contêm ALA suficientemente pura e em uma quantidade elevada não coagulam por aquecimento, o que confere uma importante propriedade para o desenvolvimento de novos produtos UHT com altas concentrações de proteínas do soro (CALDAS, 2007).

A sua absorção pode ser afetada positivamente devido ao fato da mesma ser precursora da biossíntese de lactose no tecido mamário e possuir a capacidade de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco. Além disso, a fração ALA apresenta atividade antimicrobiana contra bactérias patogênicas, como por exemplo, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae* (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

3.1.3.3 ALBUMINA DE SORO BOVINA (BSA)

A BSA corresponde a cerca de 10% das proteínas do soro do leite. É um peptídeo de alto peso molecular (66 kDa), caracterizado pelo baixo número de triptofano e metionina, porém rico em cistina (aproximadamente 6%), asparina (ácido aspártico) e ácido glutâmico, lisina e arginina. É uma relevante precursora da síntese de glutatona. Contém 17 dissulfetos e um grupo sulfídrico livre (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

A BSA não é sintetizada na glândula mamária, mas está presente na circulação sanguínea. Este peptídeo é idêntico à molécula do soro sanguíneo. Possui afinidade por ácidos graxos livres e outros peptídeos, favorecendo seu transporte na corrente sanguínea (BALDASSO, 2008).

3.1.3.4 IMUNOGLOBULINAS (IG'S)

As Ig's são proteínas de alto peso molecular (150-1000 kDa). Representam pelo menos 2% do teor de proteína total do leite. Quatro das cinco classes das Ig's

estão presentes no leite bovino (IgG, IgA, IgM e IgE), sendo a IgG a principal, constituindo cerca de 80% do total (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

O colostro (leite obtido imediatamente após o parto) pode conter até 100 vezes o nível de Ig's do leite do meio da lactação. As ig's provêm imunidade para os recém nascidos através do colostro, esta proteção ocorre até que o animal seja adulto o bastante para sintetizar seus próprios anticorpos (SGARBIERI, 2004).

3.1.3.5 LACTOFERRINA

A lactoferrina é a mais notável proteína que se liga ao ferro (2 mols de ferro/mol de proteína). É produzida na glândula mamária e, segundo estudos recentes, mostrou-se útil na inibição do crescimento de bactérias. Sua atividade bacteriostática está sendo estudada visando o uso potencial da substância como conservante natural. A lactoferrina possui ainda outras características, incluindo efeitos antioxidantes e fortalecimento do sistema imunológico (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006).

3.2 *Propriedades das proteínas do soro de leite*

As proteínas do soro possuem importantes propriedades funcionais e nutricionais, que muitas vezes superam as proteínas aplicadas na indústria de alimentos.

As proteínas do soro contêm quase todos os aminoácidos essenciais acima das recomendações da FAO/WHO, exceto pelos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina), que atendem às recomendações para todas as idades (SGARBIERI, 2004). O teor de aminoácidos essenciais da proteína do soro é maior do que qualquer outra fonte e corresponde a 60% do valor proteico total do soro (RICHARDS, 2002).

A qualidade da proteína pode ser expressa pelos seguintes parâmetros: valor biológico (VB), que significa a porção da proteína que é retida e absorvida pelo

organismo; digestibilidade proteica (PD), que é a porção da proteína do alimento absorvida; utilização proteica líquida (*Net Protein Utilization*- NPU), que representa a porcentagem de nitrogênio ou proteína dietética que é retida; coeficiente de eficácia proteica (*Protein Efficiency Ratio* – PER), que é o ganho em massa obtido por grama de proteína consumida e PDCAAS (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*) que é a medida da digestibilidade de aminoácidos essenciais (BALDASSO, 2008).

Quando comparadas às proteínas do leite e à caseína, as proteínas do soro possuem valores superiores de VB, PD, NPU e PER, além de valores comparáveis de PDCAAS, o que confirma a sua qualidade nutricional para aplicação em produtos alimentícios (BALDASSO, 2008).

Segundo Borges (2000) e Antunes (2003), as proteínas do soro são conhecidas pela versatilidade de suas propriedades funcionais tecnológicas como ingredientes em produtos alimentícios, principalmente pela elevada solubilidade e propriedades emulsificantes.

Os mesmos autores declaram que, quando comparadas com outras proteínas, as proteínas do soro apresentam viscosidade baixa, o que permite sua incorporação na produção de produtos dietéticos. Além disto, quando concentradas, são geralmente muito solúveis, e com tratamento térmico são desnaturadas, o que aumenta a sua capacidade de retenção de água, bem como sua viscosidade (ANTUNES, 2003; BALDASSO, 2008).

A capacidade das proteínas do soro quando em solução, de formar géis estáveis depois do aquecimento é uma importante propriedade funcional, sendo diferenciada da caseína por serem insensíveis à coagulação ácida assim como a ação da quimosina (CALDAS, 2007).

A sua atuação como agente emulsificante é normalmente observada devido ao fato de conterem, regiões hidrofóbicas e hidrofílicas. A propriedade emulsificante é descrita usualmente como a quantidade máxima de óleo emulsionado, sob condições específicas, por uma quantidade conhecida de proteína que permaneça estável, por certo período de tempo, a uma dada temperatura. Isto permite a aplicação das proteínas do soro em molhos para saladas, café e formulações para crianças (BORGES, 2000; ANTUNES, 2003).

A capacidade de formação de espuma das soluções de proteínas de soro aumenta com o tratamento térmico, uma vez que as proteínas são melhores espumantes quando desnaturadas. Esta propriedade é desejável em alguns produtos como merengues e sorvetes, e indesejável em produtos como fiambres e sucos de frutas (BALDASSO, 2008).

As proteínas do soro são altamente digeríveis e rapidamente absorvidas pelo organismo, estimulando a síntese de proteínas sanguíneas e teciduais. Devido a este fato alguns pesquisadores as classificaram como proteínas de metabolização rápida, muito adequadas para situações de estresses metabólicos em que a reposição de proteínas no organismo se torna emergencial, como no caso de exercícios com pesos (SGARBIERI, 2004).

3.3 Processamento do soro de leite

Um dos principais problemas do soro é seu alto poder poluente, representado pela lactose e proteínas. O soro possui uma DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) que varia entre 30.000 e 60.000 mg de O₂/L, dependendo do processo utilizado na elaboração do queijo. Em média cada tonelada de soro não tratado despejado por dia no sistema de tratamento de esgoto, equivale à poluição diária de cerca de 470 pessoas (ANDRADE; MARTINS, 2002).

Com o contínuo desenvolvimento de tecnologias e a crescente responsabilidade ambiental, por parte das indústrias, a imagem do soro está mudando rapidamente de efluente para uma valiosa fonte de nutrientes (BALDASSO, 2008).

3.3.1 Obtenção do soro

A industrialização do soro pode ser realizada de diversas maneiras, entre elas, filtração, centrifugação, evaporação, secagem, ultrafiltração, osmose inversa, tratamento térmico, fermentação, desmineralização, cristalização, entre outras. Um

dos métodos mais utilizados na indústria é a evaporação, mas o elevado consumo energético e o elevado teor de sais e açúcares no produto concentrado são uma desvantagem na aplicação deste método (BALDASSO, 2008).

Após o processamento, o soro se apresenta sob três formas: soro concentrado, soro seco e soro modificado. O soro concentrado é a substância obtida pela remoção parcial da água, deixando todos os outros constituintes nas mesmas proporções relativas do soro original, enquanto que o soro seco difere do soro concentrado pela remoção total da água. Já o soro modificado constitui uma classe de produtos obtidos do soro por vários processos e procedimentos. Tais alimentos devem ser submetidos à pasteurização, ou devem ser manufaturados a partir de soro pasteurizado, ou submetidos a tratamentos térmicos para que ocorra a destruição dos microrganismos (BOSCHI, 2006).

Na alimentação humana o soro pode ser utilizado na forma líquida, condensada ou em pó. Contudo, devido ao alto teor de lactose presente no soro de leite, o mesmo deve ser evitado para o consumo direto, pois pode provocar problemas de intolerância a determinados indivíduos. Outro problema apresentado é a dificuldade de aceitação sensorial do produto que possui alto teor de cinzas (BALDASSO, 2008).

A Figura 1 apresenta o fluxograma da produção de queijo mussarela. Nesta produção o soro líquido é obtido nas etapas de coagulação do leite e posteriormente na etapa de prensagem da massa.



Figura 1: Fluxograma do processamento do queijo mussarela.

Fonte: BOSCHI (2006).

O processo de produção do soro em pó consiste basicamente em cinco etapas: filtração, pasteurização, concentração, cristalização e secagem. A Figura 2 ilustra o fluxograma de obtenção do soro de leite em pó.

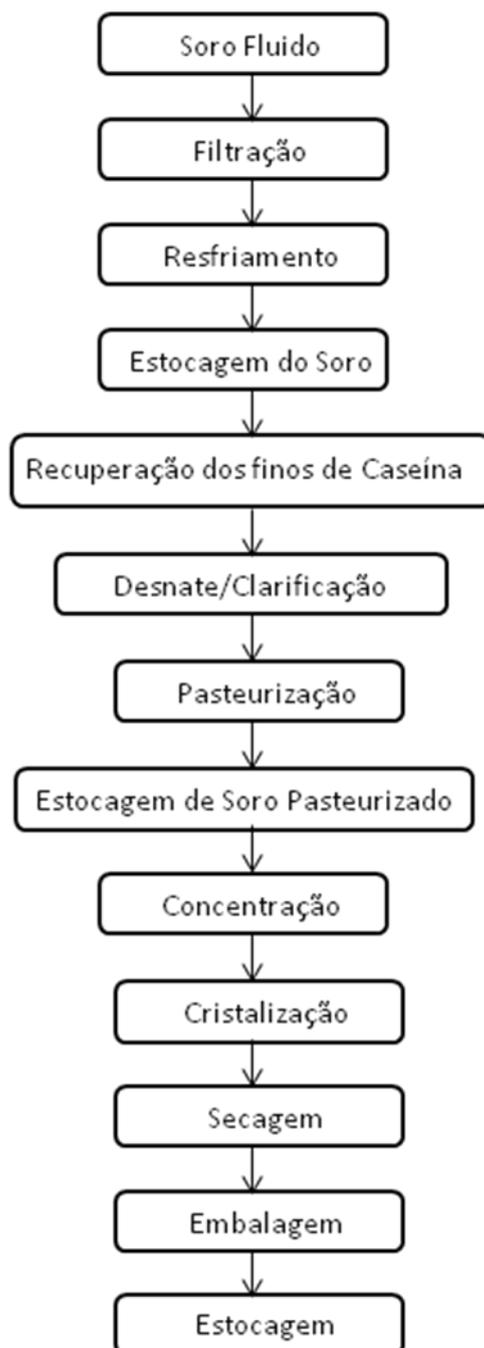


Figura 2: Fluxograma de obtenção de soro de leite em pó.

Fonte: Boschi (2006).

O soro em pó é a forma mais popular do produto para uso em alimentos. É obtido removendo-se aproximadamente 95% da umidade do soro, mantendo todos os outros constituintes nas mesmas proporções do soro original. Isto faz com que os custos para transporte e armazenamento sejam reduzidos com aumento da qualidade (BALDASSO, 2008).

O soro fluido é centrifugado e filtrado para recuperar a gordura e a caseína residuais. Após a filtração, o soro é pasteurizado, para que os microrganismos patogênicos sejam inativados, fazendo com que a conversão da lactose em ácido láctico seja interrompida (BOSCHI, 2006).

A concentração do soro acontece tradicionalmente através de evaporadores de dois ou mais estágios, mas plantas de OI (osmose inversa) também são utilizadas para a pré-concentração. Depois da evaporação do fluido até atingir 45-65% de sólidos totais, o concentrado é resfriado rapidamente para 30°C em um trocador de calor de placas. Após, o concentrado é transferido para um tanque de resfriamento com agitação por 6 a 8 horas, até atingir entre 15 e 20°C. O resfriamento deve ser lento, para que se formem cristais finos e seja evitada a formação de um produto higroscópico na etapa da secagem. Quando se deseja a produção de soro de leite com teor de lactose reduzido, a centrifugação remove os cristais de lactose formados (BYLUND, 1995).

A secagem do soro é praticamente a mesma que a usada para a fabricação de leite em pó, onde são utilizados secadores de tambor ou *spray dryers*. O uso de secadores gera uma dificuldade nesta etapa: a difícil raspagem da camada de soro que se adere à superfície do secador. O *spray dryer* é amplamente utilizado para este fim, mas o elevado custo para a desidratação do soro limita sua adoção como prática comum em estabelecimentos de pequeno porte (BYLUND, 1995).

A aplicação do soro em pó bruto em alimentos possui algumas limitações, pois o conteúdo de lactose e sais minerais é muito elevado. Devido a isso, a melhor alternativa para o processamento em soro é o seu fracionamento (ZYDNEY, 1998).

A utilização do soro através do fracionamento e concentração dos seus componentes (lactose e proteínas principalmente) possui a vantagem de eliminar a necessidade de tratamento deste material como resíduo pela indústria e surgem novos produtos, como os concentrados de proteínas do soro (CPS) ou isolados de proteínas do soro (IPS) (CARLOS, 1997). A Tabela 6 mostra os principais produtos que podem ser obtidos do soro de leite.

Os CPS são geralmente classificados de acordo com o seu conteúdo de proteína. Como apresentado na Tabela 6, o CPS 35 possui aproximadamente 35% de proteína, o CPS 50 possui 50% de proteína e assim sucessivamente.

Tabela 6: Principais produtos derivados do soro de leite

Produto	Proteína(%)	Lactose (%)	Gordura (%)	Sais (%)	Umidade (%)
Soro em pó	10-15	63-75	1,0-1,5	8,2-8,8	3,5-8,0
Soro em pó deslactosado	18-24	52-58	1,0-4,0	11,0- 22,0	3,0-4,0
Soro em pó desmineralizado	11-15	70-80	0,5-1,8	1,0-1,7	3,0-4,0
CPS 35	34-36	46-52	3,0-4,5	6,5-8,0	3,0-4,5
CPS 50	50-52	33-37	5,0-6,0	7,5-8,5	3,0-4,5
CPS 65	63-65	20-23	5,0-6,5	3,0-7,0	3,0-4,5
CPS 80	80-82	4-8	4,0-8,0	3,0-4,0	3,0-4,5
IPS	>90	0,5-1,0	0,5-1,0	2,0-3,0	3,0-4,5
Lactose	-	>99	-	0,3	1

Fonte: Baldasso (2008).

O soro em pó deslactosado ou soro em pó com teor de lactose reduzido é obtido quando a quantidade original de lactose no soro é reduzida. No processamento deste produto emprega-se a enzima beta-galactosidase que hidrolisa a lactose em galactose e glicose. A adição da enzima pode ser realizada antes do processo de ultrafiltração. Outra alternativa é a redução da lactose pelo processo de diafiltração, dando origem a um CPS com 85% de proteína (ANTUNES, 2003).

Como o soro de leite em pó possui elevado teor de sais, aproximadamente 8%, o seu uso em produtos alimentícios é limitado. O soro desmineralizado é obtido com processos como a eletrodialise, processos de troca iônica ou técnicas de filtração em membranas, usados para reduzir o conteúdo mineral do soro (BYLUND, 1995).

Os concentrados protéicos de soro de leite são obtidos pela remoção dos constituintes não-protéicos do soro de tal modo que o produto final seco contenha, pelo menos, 25% de proteína. Em geral, o teor protéico dos concentrados varia entre 25 e 89% (ANTUNES, 2003).

Quando CPS contém em torno de 53% de proteína tem em média 35% de lactose, 5% de gordura e 7% de cinzas. Quando a concentração de proteína aumenta para 80%, o conteúdo de lactose cai para aproximadamente 7% e o teor de gordura e cinzas fica entre 4 e 7%, diminuindo gradativamente a medida que aumentam as lavagens com água no processo de diafiltração (DF) (ANTUNES, 2003; SGARBIERI, 2004).

O isolado protéico de soro de leite é a forma comercial mais pura das proteínas do soro, pois contém entre 90 e 95% de proteína, e quantidades muito pequenas de gordura e lactose, sendo muitas vezes isento desses dois componentes. Combinando-se duas operações, microfiltração e diafiltração, para remover a gordura, e hidrólise de lactose, para remover a lactose, é possível produzir um isolado contendo mais de 90% de proteína (ANTUNES, 2003).

A proteína de soro hidrolisada é obtida quando durante o processamento as moléculas de proteínas são hidrolisadas formando segmentos protéicos menores chamados peptídeos. Os hidrolisados são mais facilmente digeridos e tem potencial reduzido em termos de alergenicidade, se comparados com os concentrados e isolados. Esse processo de hidrólise protéica não prejudica seu valor nutricional, o qual continua elevado. São empregados sobretudo em alimentos para praticantes de esportes e em fórmulas infantis (ANTUNES, 2003).

3.3.2 Obtenção das proteínas do soro

Os componentes mais valiosos do soro são as proteínas, mas como sua concentração neste líquido é muito reduzida são necessárias etapas de concentração, para que as propriedades funcionais das mesmas sejam realçadas (BALDASSO, 2008).

Sendo assim, um dos métodos mais utilizados para o processamento do soro e separação de suas frações proteicas é a ultrafiltração (UF), processo de separação através de uma membrana que retém moléculas na ordem de kDa (BOSCHI, 2006).

De acordo com Brans (2004) desde 1981 a UF se tornou uma das técnicas mais utilizadas para recuperar as proteínas solúveis no soro, além disso, a diafiltração (DF), um modo de operação da UF, onde ocorre a adição de água em algumas etapas do processo de concentração, foi um fator significativo para intensificação do uso desse processo na purificação e concentração das proteínas.

A UF era considerada até muito pouco tempo uma técnica de laboratório muito sofisticada, somente aplicada em pesquisas e na medicina. A técnica consiste na passagem de uma solução através de uma membrana, na qual diferentes macromoléculas movem-se em velocidades diferentes, conseguindo-se assim a separação efetiva de alguns deles (VICENTE; CENZANO, 2001).

Com a ultrafiltração do soro de leite é possível concentrar as proteínas do soro em diferentes teores, além de conseguir reduzir a lactose e as cinzas. A indústria de laticínios é uma das pioneiras no desenvolvimento de técnicas e equipamentos de ultrafiltração. A aplicação de ultrafiltração na indústria de queijos pode ser usada para fracionar as proteínas do soro de leite e fazer queijo de leite ultra filtrado (RAMADAN et al., 2005).

No processamento para obtenção das proteínas do soro, deve-se ter cuidado de separar a gordura e as partículas de caseína previamente. Para posteriormente realizar a ultrafiltração propriamente dita (VICENTE; CENZANO, 2001).

Quando comparados aos diversos processos de separação convencionais usados industrialmente, os processos de separação por membranas se destacam devido ao baixo consumo energético, pois a operação ocorre à temperatura ambiente, o que favorece o fracionamento de substâncias termolábeis, como as proteínas do soro (BOSCHI, 2006).

Outra técnica utilizada para fracionamento dos componentes do soro é a Diafiltração (DF), normalmente empregada após a microfiltração, ultrafiltração ou nanofiltração que permite maior separação de lactose e sais minerais, elevando a proporção de proteínas no retido ou concentrado (BOSCHI, 2006).

3.3.3 Produção do soro de leite no Brasil

De acordo com dados divulgados pela Embrapa Gado de Leite, em 2004 no Brasil, foram produzidos aproximadamente 445 milhões de quilos de queijo. Partindo do princípio que são necessários 10 litros de leite para produzir 1 quilo de queijo, e que o restante é soro, a produção de soro de leite em 2004 foi de aproximadamente 4.005 milhões de litros (BRASIL, 2010).

3.4 Aplicações do soro na indústria

No Brasil, o soro de leite fluido é utilizado principalmente na fabricação de ricota e bebida láctea, enquanto que os produtos derivados do soro desidratado têm sido utilizados em diversos alimentos como sorvetes, iogurtes, carnes processadas, embutidos, massas para tortas, pães e bolos, doces em barras, balas, bombons, achocolatados, bebidas para esportistas e suplementos nutricionais (USDEC, 2000).

A utilização de proteínas de soro como ingredientes em alimentos funcionais lácteos e não lácteos está aumentando progressivamente conforme tem aumentado a capacidade tecnológica da indústria para produzir concentrados de proteínas de soro, isolados de proteínas ou, mais recentemente, frações enriquecidas em proteínas de soro individuais (RICHARDS, 2002).

As proteínas do soro são as únicas usadas na sua forma nativa em aplicações alimentícias, devido à baixa força iônica, o que as torna solúveis em larga faixa de pH, sendo consideradas de alta qualidade nutricional e com propriedades funcionais (ANTUNES, 2003).

As aplicações do soro são inúmeras, englobando as indústrias de lácteos, carnes, aromatizantes, panificação, chocolate, aperitivos e bebidas, entre outras. Ainda assim, apenas cerca de 50% do soro produzido nos Estados Unidos e na Europa são utilizados na formulação de produtos, o restante é tratado como despejo (ANDRADE; MARTINS, 2002).

O soro em pó pode ser usado como aditivo em vários gêneros alimentícios destinados ao consumo humano. O soro em pó não higroscópico é um excelente veículo não-aglutinante de fácil dispersão, muito usado nas misturas secas, para produtos de panificação, salgadinhos, sorvetes e sobremesas lácteas (BALDASSO, 2008).

Em produtos de panificação a utilização do soro de leite em pó intensifica o desenvolvimento de cor durante o cozimento e forneamento sob altas temperaturas. Além disso, aumenta o volume dos pães, sendo também uma fonte econômica de sólidos lácteos. Em produtos como sorvetes e sobremesas lácteas, o soro ajuda na formação de espuma e facilita a aeração (BYLUND, 1995).

O soro em pó deslactosado é empregado principalmente em queijos processados, molhos e carnes industrializadas como alternativa para o soro em pó, nos casos em que não são desejadas altas concentrações de lactose, e sim maiores concentrações de proteína. O uso de soro deslactosado também é uma alternativa de aplicação em produtos onde o público alvo seja os intolerantes à lactose (BALDASSO, 2008).

O soro em pó desmineralizado é utilizado amplamente em fórmulas infantis, bem como em coberturas aeradas, sobremesas congeladas e em produtos de confeitaria. Nestas condições a lactose é utilizada como fonte conveniente de carboidratos. O soro desmineralizado também acrescenta *flavor* lácteo agradável sem interferir no equilíbrio de minerais do produto final (BYLUND, 1995).

O uso de proteínas do soro como ingredientes em alimentos lácteos e não-lácteos está aumentando progressivamente, conforme aumenta a capacidade tecnológica da indústria para produzir CPS e IPS. A Tabela 7 resume as propriedades funcionais e as principais aplicações industriais dos CPS.

Tabela 7: Propriedades funcionais conferidas pelos concentrados proteicos aos alimentos.

Propriedade Funcional	Setor Alimentar	Percentual de proteína no Concentrado Proteico (%)
Viscosidade	Sobremesas	35
Solubilidade, estabilidade coloidal	Bebidas	35
Emulsificação	Café, sopas, alimentos infantis	85
Formação de espumas	Confeitaria	35
Geleificação	Produtos lácteos	65
Elasticidade	Panificação	65
Coesão e adesão	Produtos em pasta	85
Absorção de água e gordura	Produtos cárneos	85

Fonte: Baldasso (2008)

O IPS possui excelentes propriedades de geleificação, aeração, emulsificação, retenção de água e gordura. As principais aplicações de IPS incluem produtos lácteos, de panificação e de confeitaria, *snacks*, salgadinhos, aperitivos e carnes processadas. (BALDASSO, 2008).

3.5 *Uso do soro de leite como suplemento proteico para atletas*

Terada (2009) define suplementação nutricional como o consumo pontual de um nutriente, objetivando determinado efeito. Normalmente, o indivíduo não consegue, através da alimentação, atender suas necessidades nutricionais. O que pode ocorrer com indivíduos que realizam atividade física, para manutenção da saúde e/ou aumento ou perda de peso, para portadores de doenças, pois as necessidades nutricionais são modificadas pelas características da patologia, para atletas, para cobrir deficiências impostas pelo grande período ativo e, por fim, para prevenção de doenças.

O treinamento de força induz a um aumento na captação de proteínas principalmente pelo tecido muscular. A alimentação equilibrada pode suprir parte dessa demanda, contudo a suplementação com proteínas pode melhorar a recuperação desse tecido e conseqüentemente o desempenho físico e o ganho de massa magra (ROLIM, 2007).

Exercícios intermitentes, moderados ou de alta intensidade, causam a redução do glicogênio muscular. Como este é o combustível essencial para o desempenho do exercício, são necessárias estratégias nutricionais que maximizem o armazenamento de glicogênio antes do exercício, bem como otimizem sua síntetização após o mesmo (FISCHBORN, 2009).

Após o exercício físico ocorre um aumento da síntese de proteínas e mesmo assim o equilíbrio proteico pode ser negativo. Isso pode acontecer se somente os aminoácidos da quebra de proteínas forem utilizados como precursores para a síntese proteica, pois alguns destes aminoácidos serão oxidados e indisponibilizados para incorporação em novas proteínas. Portanto, para que o equilíbrio seja positivo, a ingestão correta das quantidades de nutrientes se faz necessária (FISCHBORN, 2009).

A utilização de suplementos nutricionais para alcançar resultados mais satisfatórios em fases especiais do treinamento esportivo, relacionado à força muscular é uma boa estratégia para suprir as necessidades corretas de ingestão de nutrientes por praticantes de atividade física.

Entre muitos dos suplementos utilizados por atletas, a *whey protein*, ou proteína do soro de leite, melhora as reservas hepáticas e cardíacas de glutathione, bem como o sistema imune, melhorando a mobilidade dos linfócitos. Elevadas concentrações de glutathione diminuem a ação dos agentes oxidantes no músculo esquelético, melhorando assim o desempenho muscular (FISCHBORN, 2009). Isso faz com que este suplemento seja um dos mais aplicados nas estratégias nutricionais.

Existem diferentes vias pelas quais as proteínas do soro favorecem a hipertrofia muscular e o ganho de força, otimizando dessa forma, o treinamento e o desempenho físico. A quantidade e o tipo de proteína ou de aminoácido, fornecidos após o exercício, influenciam a síntese proteica (LEMON, 1998).

O *whey protein* contém altas concentrações de aminoácidos essenciais em relação a outras fontes proteicas, além de ser rapidamente absorvido. Sua suplementação resulta em uma maior síntese de aminoácidos e proteínas, em comparação com a caseína, por exemplo (FISCHBORN, 2009).

O perfil de aminoácidos das proteínas do soro, principalmente ricas em leucina, pode, desta forma, favorecer o anabolismo muscular. Além disso, Ewan; Zemel (2003) destaca que o perfil de aminoácidos das proteínas do soro é muito similar ao das proteínas do músculo esquelético, fornecendo quase todos os aminoácidos em proporção similar às do mesmo, classificando-as como um efetivo suplemento anabólico.

Estudos demonstram que as proteínas do soro são absorvidas mais rapidamente que outras, como a caseína, por exemplo. Essa rápida absorção faz com que as concentrações plasmáticas de muitos aminoácidos, inclusive a leucina, atinjam altos valores logo após a sua ingestão. Pode-se, dessa forma, hipotetizar que, se essa ingestão fosse realizada após uma sessão de exercícios, as proteínas do soro seriam mais eficientes no desencadeamento do processo de síntese protéica (LEMON, 1998; SGARBIERI, 2004).

Além da relação com o processo de hipertrofia muscular, alguns estudos demonstram os efeitos benéficos das proteínas do soro de leite sobre o sistema imune e sobre o processo de redução de gordura corporal, além de amenizar a fadiga muscular (SGARBIERI, 2004).

A ingestão de proteína ou aminoácidos, após os exercícios físicos, favorece a recuperação e a síntese muscular. Além disso, quanto menor o intervalo entre o término do exercício e a ingestão proteica, melhor será a resposta anabólica ao exercício (HARAGUCHI; ABREU; PAULA, 2006). Por esta razão a suplementação com proteínas do soro do leite se mostra tão importante no alcance dos objetivos dos atletas de força para hipertrofia muscular.

3.5.1 Regulamento Técnico sobre alimentos para atletas

No Brasil a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) estabelece normas e regula o mercado de suplementos alimentares. As proteínas do soro de leite são regulamentadas pela Portaria nº 222, de 24 de março de 1998.

Segundo a ANVISA (1998), os alimentos especialmente formulados e elaborados para praticantes de atividade física, incluem formulações contendo aminoácidos oriundos da hidrólise de proteínas, aminoácidos essenciais quando utilizados em suplementação para alcançar alto valor biológico e aminoácidos de cadeia ramificada, desde que estes não apresentem ação terapêutica ou tóxica.

As proteínas do soro de leite são classificadas como alimentos proteicos, que segundo a ANVISA (1998), são produtos com predominância de proteínas, hidrolisadas ou não, constituída de, no mínimo, 65% de proteínas de qualidade nutricional equivalente às proteínas de alto valor biológico.

O objetivo da Portaria nº 222 é fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os alimentos para atletas, definidos como praticantes de atividade física com o objetivo de rendimento esportivo. A ANVISA acredita que há necessidade de orientações precisas quanto à suplementação alimentar de pessoas que praticam atividade física.

A mesma portaria permite a adição de aminoácidos específicos para repor as concentrações dos mesmos níveis do alimento original, perdidos em função do processamento, desde que o produto final atinja alto valor biológico, no mínimo comparável ao das proteínas do leite, carne ou ovo (ANVISA, 1998).

3.6 Mercado de alimentos para atletas

A procura por suplementos nutricionais cresceu significativamente durante a década de 1990, devido ao aumento da expectativa de vida e a conscientização da população sobre estilo de vida saudável. Atualmente, o interesse por suplementos

alimentares cresce juntamente com a preocupação estética, saúde, desempenho e um envelhecimento saudável (ABENUTRI, 2010).

O mercado de suplementos nutricionais tem um crescimento anual em média de 20-25%. No ano de 2007 o mercado mundial fechou em US\$ 59,8 bilhões, aumentando para US\$ 78,5 bilhões em 2008, com previsão de atingir US\$ 150 bilhões em 2011 (ABENUTRI, 2010).

3.6.1 Mercado de suplementos nutricionais no Brasil

O mercado de suplementos no Brasil está muito atrasado se comparado ao mercado americano, europeu ou asiático. Uma possível explicação para este atraso se deve a atual regulamentação, que prevê medidas antiquadas e proibitivas, indo contra as tendências mundiais dos alimentos funcionais e suplementos para melhorar a qualidade de vida da população, contribuindo negativamente para o crescimento financeiro, econômico e industrial do país.

Segundo a Abenuutri (2010), o faturamento estimado do mercado brasileiro de suplementos alimentares é de R\$ 500 milhões, ficando muito atrás dos EUA com seu faturamento de US\$ 10 bilhões.

Isto acontece devido a muitos fatores, entre eles o número de empresas cadastradas. No Brasil a quantidade de indústrias de suplementos nutricionais cadastradas é menor do que 50. Além disso, o número de pontos de vendas especializados não ultrapassa 1.200 lojas (ABENUTRI, 2010).

Esta quantidade muito abaixo da média mundial deve-se a fatores como o pequeno número de substâncias, ingredientes e formas de apresentação aprovadas em legislação específica. Além disso, a demora nos processos de registros enfrentados pelas empresas faz com que muitos desistam do lançamento de novos produtos.

Muitas vezes os produtos brasileiros são taxados como inferiores aos importados, isto acontece, pois muitas vezes devido às restrições impostas pela legislação a qualidade dos produtos nacionais fica afetada. Muitos dos ingredientes

e substâncias já permitidas na maioria dos países ainda são proibidos no Brasil (ABENUTRI, 2010).

Outro problema enfrentado pelas indústrias de suplementos alimentares é a falta de conhecimento da população sobre os benefícios e os cuidados com estes produtos. Com todas estas restrições e atrasos no mercado de suplementos, o Brasil perde em muitos segmentos, mas é principalmente o quadro econômico o mais atingido. O país perde quando deixa de arrecadar impostos que seriam cobrados se o faturamento fosse aumentado e a abertura de novas empresas também fica prejudicada, afetando a geração de empregos diretos e indiretos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a literatura revisada, a ingestão de proteínas do soro de leite por atletas que visam hipertrofia, através de exercícios com pesos, é uma excelente alternativa no alcance deste objetivo. O treinamento de força induz um aumento na captação de proteínas principalmente pelo tecido muscular, a ingestão proteica eleva os níveis de glutathione, ajudando assim na diminuição da ação dos agentes oxidantes nos músculos esqueléticos. Os aminoácidos essenciais encontrados em grandes quantidades nas proteínas do soro de leite favorecem o anabolismo muscular e reduzem a perda de massa magra durante o emagrecimento. Uma alimentação equilibrada pode suprir parte da necessidade proteica dos atletas, mas a suplementação com proteínas do soro de leite pode melhorar a recuperação deste tecido e conseqüentemente o desempenho desejado. A ultrafiltração mostrou-se a técnica mais utilizada na recuperação de produtos como as proteínas do soro de leite e seu fracionamento. Estas proteínas apresentam um excelente valor biológico, superior a outras fontes de proteínas, tais como ovos, leite, carne bovina, soja e caseína, devido ao seu perfil de aminoácidos. Este estudo revelou o grande potencial que a utilização de proteínas de soro possui como suplemento alimentar para atletas, mas mostrou também a necessidade de uma atenção maior dos órgãos regulamentadores deste segmento, na aprovação de novos produtos e ingredientes, para que assim os suplementos nacionais sejam competitivos frente aos importados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENUTRI, Associação Brasileira Das Empresas de Produtos Nutricionais. **Mercado de suplementação nutricional**. Disponível em: <<http://www.abenuutri.org>>. Acesso em: 11 out. 2010.
- ANDRADE, Rafael Leite Pinto de; MARTINS, José Francisco Pereira. Influência da adição da fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p.249-253, dez. 2002.
- ANTUNES, Aloísio José. **Funcionalidade de Proteínas do Soro de Leite Bovino**. Barueri: Manole, 2003. 137 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 222, de 24 de março de 1998**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/222_98.htm>. Acesso em: 18 out. 2010.
- BACURAU, Reury Frank Pereira. **Nutrição e suplementação esportiva**. São Paulo: Phorte, 2009. 284 p.
- BALDASSO, Camila. **Concentração, purificação e fracionamento das proteínas do soro lácteo através da tecnologia de separação por membranas**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- BORGES, Patrícia Zinsly. **Avaliação nutricional de concentrados protéicos obtidos do leite bovino**. 2000. 97 f. Tese (Mestre) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- BOSCHI, Jaqueline Rodrigues. **Concentração e purificação das proteínas do soro de queijo por ultrafiltração**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BRANS, G. et al. Membrane fraction of milk: state of the art and challenges. **Journal Of Membrane Science**, p.263-272, 2004.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção brasileira de queijos**. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br>>. Acesso em: 01 nov. 2010.
- BYLUND, G. **Dairy Processing Handbook**. Tetra Pak Processing Systems: 427p., 1995.
- CALDAS, Mayk Charles Silva. **Aproveitamento de soro de leite na elaboração de pão de forma**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

CARLOS, Márcio Rezende Evaristo. **Avaliação das propriedades funcionais de hidrolisados de proteínas do soro de leite**. 1997. 97 f. Tese (Mestre) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

ECONOMOS, C.d.; BORTZ, S.s.; NELSON, M.e.. Nutritional practices of elite athletes. Practical recommendations. **Sports Med.**, Sffsaf, v. 16, n. 6, p.381-399, 1993.

FISCHBORN, Simone Cristina. A influência do tempo de ingestão da suplementação de Whey protein em relação à atividade física. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 3, n. 14, p.132-143, abr. 2009.

FLECK, Steven J.; J.KRAEMER, William. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. Porto Algegre: Artmed, 1999. 247 p.

FOX, P.f. **Advanced Dairy Chemistry**. Londres: Chapman & Hall, 1997. 520 p.

FOX, P.f.; MCSWEENEY, P.I.h. (Ed.). **Dairy chemistry and biochemistry**. Massachusetts: Kluwer Academic, 1998. 266 p.

GUERRA, Isabela. Importância da alimentação e da hidratação do atleta. **R. Min. Educ. Fís.**, Viçosa, v. 12, n. 2, p.159-173, 2004.

GUERRA, Isabela; SOARES, Eliane de Abreu; BURINI, Roberto Carlos. Aspectos nutricionais do futebol de competição. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 7, n. 6, p.200-206, dez. 2001.

HARAGUCHI, Fabiano Kenji; ABREU, Wilson César de; PAULA, Herberth de. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p.479-488, 2006.

LEMON, P.w.. Effects of exercise on dietary protein requirements. **Journal Of Sports Nutrition**, v. 8, n. 4, p.426-447, 1998.

LOLLO, Pablo Christiano Barboza. **Influência da suplementação de proteínas do soro de leite na composição corporal, desempenho físico e parâmetros bioquímicos de atletas juvenis de futebol**. 2007. 204 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MORAIS, Rodrigo; MEDEIROS, Rodrigo Russo; LIBERALI, Rafaela. Eficácia da suplementação de proteínas no treinamento de força. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 2, n. 10, p.265-276, ago. 2008.

PAGNO, Carlos Henrique et al. Obtenção de concentrados proteicos de soro de leite e caracterização de suas propriedades funcionais tecnológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p.231-239, 2009.

PANZA, Vilma Pereira et al. Consumo Alimentar de atletas: reflexões sobre recomendações nutricionais, hábitos alimentares e métodos para avaliação do gasto

e consumo energéticos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 6, p.681-692, 2007.

PHILLIPS, Stuart M.. Protein requirement and supplementation in strength sports. **Nutrition**, p.689-695, 2004.

PIRES, Murilo Hadad. Alternativas para o aproveitamento do soro. **Indústria de Laticínios**, São Paulo, p.24-29, jun. 2010.

RICHARDS, Neila. Soro lácteo: perspectivas industriais e proteção ao meio ambiente. **Food Ingredients**, São Paulo, v. 3, n. 17, p.20-27, abr. 2002.

RAMADAN et al. Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. **Jornal Of Food Engineering**, p.325-352, 2005.

ROGERO, Marcelo Macedo; TIRAPÉGUI, Julio. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, p.563-575, 2008.

ROLIM, Anacarina. Ação de misturas de suplementos proteicos pós exercício de força para o ganho de massa muscular: estudo de caso. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, n. , p.11-22, dez. 2007.

SGARBIERI, Valdemiro Carlos. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p.397-409, 2004.

TERADA, Lilian Canassa et al. Efeitos metabólicos da suplementação do whey protein em praticantes de exercícios com pesos. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 3, n. 16, p.295-304, ago. 2009.

TIRAPÉGUI, Julio. **Nutrição: fundamentos e aspectos atuais**. São Paulo: Atheneu, 2000.

USDEC. Ingredientes lácteos para uma alimentação saudável. **The United States Dairy Export Concil**. V.2, n.4, p. 1-3, 2000.

VICENTE, Antonio Madrid; CENZANO, Javier Madrid. **Nuevo Manual de Industrias Alimentarias**. 3ª Madrid: Mundi-prensa, 2001.

YORGUN, M.s.; BALCIOGLU, Akmehmet; SAYGIN, O.. Performance comparison of ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis on whey treatment. **Desalination**, p.204-216, 2008.