



PROTEÍNA DO SORO DO LEITE: COMPOSIÇÃO E SUAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Cristine Couto de Almeida^{1*}, Carlos Adam Conte Júnior², Adriana Cristina de Oliveira Silva², Thiago Silveira Alvares³

¹Mestranda, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil (*cristine_almeida@id.uff.br)

²Professor adjunto, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil.

³Pesquisador Doutor, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

As proteínas do soro do leite têm sido alvo de inúmeros estudos nos últimos anos, em razão da descoberta do elevado valor biológico de seus peptídeos, fonte de aminoácidos essenciais, os quais os seres humanos não são capazes de sintetizar. Diversos estudos vêm sendo realizados com estas proteínas com o intuito de testar os inéditos benefícios à saúde. Este trabalho tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre as propriedades inerentes às frações proteicas, suas propriedades fisiológicas e funcionais, diferenciar a bioatividade das proteínas do soro com as caseínas, descrever os principais métodos empregados para a recuperação destas proteínas presentes no soro do leite e apresentar as técnicas analíticas utilizadas para avaliação da qualidade proteica destas frações.

PALAVRAS-CHAVE: compostos funcionais, peptídeos, resíduo lácteo, derivados lácteos, alimentos funcionais.

WHEY PROTEIN: COMPOSITION AND FUNCTIONAL PROPERTIES

ABSTRACT

Whey proteins have been the subject of numerous studies in recent years because of the discovery of the high biological value of its peptides, source of essential amino acids, which are not able to synthesize. Several studies have been conducted with these proteins in order to test the unprecedented health benefits. This paper aims to conduct a literature review on the inherent properties of the protein fractions, their physiological properties and functional differentiation bioactivity of whey proteins with caseins, describe the main methods used to recover these proteins in whey and present analytical techniques used to evaluate the quality of these protein fractions.

KEYWORDS: functional compounds, peptides, dairy waste, dairy products, functional foods

INTRODUÇÃO

O interesse da população por uma vida mais saudável vem crescendo nos últimos anos (HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007; TERADA et al., 2009). Esta tendência está acompanhada do aumento da procura por alimentos com propriedades funcionais. Entre os mais recentes, encontram-se os suplementos nutricionais à base da proteína do soro do leite bovino, mais conhecidos como *whey protein*, cujo efeito, segundo alguns autores, ocorre através do estímulo à síntese protéica devido ao maior aporte de aminoácidos essenciais (SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006).

O soro do leite é o líquido residual extraído a partir da coagulação do leite destinado à fabricação de queijos ou de caseína e pode ser obtido através de três processos principais: coagulação enzimática, resultando na precipitação de caseínas, matéria-prima para a produção de queijos; precipitação ácida ao atingir o pH isoeletrico da caseína; separação física das micelas de caseína por microfiltração; obtendo-se independentemente do processo um concentrado de micelas e as proteínas do soro, na forma de concentrado ou isolado protéico (BRASIL, 2005; ; SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007).

A qualidade nutricional de uma proteína depende da sua composição, digestibilidade, absorção, biodisponibilidade de aminoácidos essenciais e de nitrogênios totais (PIRES et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2012), sendo a digestibilidade o primeiro fator que reflete a eficiência da utilização protéica na dieta sendo considerada um condicionante de qualidade (SGARBIERI, 2005).

As frações do soro são constituídas de: β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas, caseína do soro, lipoproteínas, lactoferrina, lactoperoxidase e glico-macropéptídeos. Essas frações, no entanto, podem variar em tamanho, peso molecular e função (ANTUNES, 2003; SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006). Apesar de existir uma elevada variedade de proteínas presente no soro do leite, as propriedades dos concentrados protéicos do soro são principalmente relacionadas com as propriedades da β -lactoglobulina (ANTUNES, 2003).

As principais funções biológicas das proteínas do soro do leite bovino incluem: reparação celular, construção e reparação de músculos e ossos, geram energia, essencial para quem pratica atividades físicas, além de outros benefícios que estão ligados a processos metabólicos do corpo, como atividade imunoestimulante, proteção ao sistema cardiovascular e atividade antimicrobiana e antiviral (SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006).

Este trabalho propõe através de uma revisão de literatura abordar as principais particularidades inerentes aos constituintes protéicos presentes no soro do leite, suas propriedades fisiológicas e funcionais; diferenciar a bioatividade das proteínas do soro com as caseínas; descrever os principais métodos empregados na recuperação destas proteínas no soro do leite; e apresentar as técnicas analíticas utilizadas para avaliação da qualidade protéica destas frações.

COMPOSIÇÃO DO LEITE E DO SORO

O leite é o fluido secretado das glândulas mamárias das fêmeas de todas as espécies de mamíferos, sendo um líquido de composição complexa, cuja as

propriedades físicas variam de uma espécie para outra (OLIVEIRA, 2009). O leite de vaca é composto de água (87,3%) e sólidos totais (12,7%), assim distribuídos: proteínas totais (3,3 a 3,5%), gordura (3,5 a 3,8%), lactose (4,9%), além de 0,7% de minerais e vitaminas (SGARBIERI, 2005; YÜKSEL & ERDEM, 2009).

As proteínas do leite constituem ingredientes dos mais valorizados pelas suas excelentes propriedades nutritivas, tecnológicas e funcionais. Suas propriedades nutritivas e tecnológicas derivam da composição dos aminoácidos que atendem a maioria das exigências fisiológicas do ser humano (HUFFMAN, 1996; SGARBIERI, 2005). A composição do soro de leite fresco liberada do coágulo durante a fabricação de queijo possui cerca de 94,25% de água, 0,8% de proteínas do soro, 4,30% de lactose, 0,55% de minerais e 0,10% de gordura. Ou seja, 5,75% de sólidos, dos quais aproximadamente 13% são proteínas contendo em média 50% de β -lactoglobulina, 25% de α -lactoalbumina e 25% de outras frações (OLIVEIRA 2009; OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com ANTUNES (2003), na produção de queijos, a obtenção de soro de leite varia entre 80% a 90% do volume de leite utilizado. O Brasil produz algo em torno de 1,72 milhões de toneladas de soro/ano, das quais 1,58 milhões de toneladas são simplesmente descartadas. Isto significa uma perda de 11,7 mil toneladas de proteína/ano.

FRAÇÕES PROTEICAS DO SORO DO LEITE E SUAS PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FUNCIONAIS

A composição do soro varia de maneira substancial, dependendo da variedade de queijo produzido, dos processos tecnológicos empregados e do tipo de leite utilizado na produção de queijo ou de caseína. A maior parte da água contida no leite faz parte do soro, onde também se encontram compostos como lactose, proteínas solúveis, sais minerais e gordura, sendo que 70% dos sólidos totais deste soro são constituídos por lactose e 20% pelas proteínas do soro (RÉVILLION et al., 2000; OLIVEIRA, 2009; ZIEGLER & SGARBIERI, 2009).

As proteínas solúveis do soro possuem peptídeos bioativos contendo alto teor de aminoácidos essenciais, especialmente os de cadeia ramificada, tais como leucina, isoleucina e valina, que estão relacionados com fatores de crescimento, reconstrução e reparação muscular (HARAGUCHI et al., 2006; RENHE, 2008; SOUSA et al., 2012).

A composição média de aminoácidos (mg aa/g proteína) é: triptofano (1,3), cisteína (1,7), glicina (1,7), histidina (1,7), arginina (2,4), fenilalanina (3,0), metionina (3,1), glutamina (3,4), tirosina (3,4), asparagina (3,8), serina (3,9), prolina (4,2), treonina (4,6), isoleucina (4,7), valina (4,7), alanina (4,9), lisina (9,5), ácido aspártico (10,7), leucina (11,8) e ácido glutâmico (15,4) (HARAGUCHI et al., 2006).

As proteínas do soro do leite apresentam uma estrutura globular contendo algumas pontes de dissulfeto, que conferem um grau de estabilidade estrutural. As frações, ou peptídeos do soro, podem ser divididos de acordo com a sua concentração no soro, em proteínas majoritárias, que correspondem a β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas, glico-macropéptídeos (GMP), peptona e proteases e em proteínas minoritárias ou sub-frações, como é o caso da lactoferrina e da lactoperoxidase. Essas frações podem variar em tamanho, peso molecular e função, fornecendo às proteínas do soro características especiais que serão descritas a seguir (HARAGUCHI et al., 2006; YÜKSEL & ERDEM, 2009; SOUSA et al., 2012).

PROTEÍNAS MAJORITÁRIAS

β -LACTOGLOBULINA

A β -lactoglobulina (β -LG) é a proteína mais abundante no soro do leite bovino, ovino e caprino, representando aproximadamente 50% dos constituintes do soro. É a proteína que apresenta maior teor de aminoácidos de cadeia ramificada, com cerca de 25,1%. Estes peptídeos contêm usualmente de 3 a 20 resíduos de aminoácidos por molécula, e a sua função é definida pela sua sequência primária. Sua molécula contém 162 aminoácidos dispostos em uma cadeia simples de peptídeos, sendo sensíveis a pH ácido e elevadas temperaturas; apresenta peso molecular entre 18-36 KDa, o que lhe confere resistência à ação de ácidos e enzimas estomacais, sendo, portanto, absorvida no intestino delgado (SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007; HERNÁNDEZ et al., 2008; RENHE, 2008).

Foram descobertos cinco e quatro variantes genéticas da β -LG de origem bovina e ovina, respectivamente, onde os fenótipos A e B são os mais predominantes. A variante β -LG A difere da variante β -LG B em apenas dois aminoácidos: aspartato-64 e valina-118. A β -LG de origem caprina apresenta uma única variante genética (HERNÁNDEZ et al., 2008).

As principais propriedades biológicas dos peptídeos derivados da β -LG são: anti-hipertensiva, antioxidante, antimicrobiana, imunoestimulante e hipocolesterolêmico (WIT, 1998; STEIJNS & HOOIJDONK, 2000; RODRIGUES, 2001; SGARBIERI, 2005; HERNÁNDEZ et al., 2008).

α -LACTOALBUMINA

A α -lactoalbumina (α -LA) é a segunda maior fração protéica presente no soro do leite. Constitui cerca de 13% das proteínas totais sendo a única fração capaz de se ligar a certos minerais, como cálcio e zinco, afetando positivamente sua absorção. É rica em aminoácidos essenciais, principalmente o triptofano, um aminoácido precursor de niacina, vitamina hidrossolúvel, cujos derivados desempenham um importante papel no metabolismo energético celular. Sua molécula é formada por 123 resíduos de aminoácidos e tem um peso molecular de aproximadamente 14 KDa. São resistentes termicamente, pois conseguem renaturar-se a baixas temperaturas (SGARBIERI, 2005; HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007; RENHE, 2008).

Segundo ZIEGLER & SGARBIERI (2009), o fato do perfil aminoacídico da α -LA se assemelhar ao do presente no leite humano, permite a recomendação na formulação de produtos para nutrição infantil.

As propriedades biológicas dos peptídeos derivados da α -LA são: anticancerígenos, antimicrobiano contra bactérias patogênicas como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae*, além de serem ricos em triptofano, precursor da serotonina (JOVANOVIĆ et al., 2005; HARAGUCHI et al., 2006; SANTOS et al., 2011).

ALBUMINA DO SORO BOVINO (BSA)

É um polipeptídeo simples contendo cerca de 582 aminoácidos, com alto peso molecular (66KDa). A BSA possui afinidade por ácidos graxos livres e outros lipídeos favorecendo seu transporte na corrente sanguínea, por isto, têm importante papel nas atividades fisiológicas e funcionais. É uma das precursoras da síntese de glutatona, peptídeo que aumenta a atividade imune de indivíduos com HIV, além de conferirem atividade anticancerígena (HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007; RENHE, 2008; SANTOS et al., 2011).

IMUNOGLOBULINAS

Entre as cinco classes de imunoglobulinas presentes no leite bovino (IgG, IgA, IgM e IgE), a IgG é a principal, constituindo cerca de 80% do total, e a única que permanece presente no leite mesmo depois da fase do colostro. As imunoglobulinas apresentam um elevado peso molecular variando de 150-1.000 KDa (HARAGUCHI et al., 2006; GEORGE et al., 2013). Suas principais ações biológicas residem na imunidade passiva e atividade antioxidante, oferecendo proteção contra infecções, pois estimulam a produção de linfócitos. Segundo SANTOS e colaboradores (2011), também são responsáveis pela indução da apoptose de células tumorais e atividade antiviral.

GLICO-MACROPEPTÍDEO

O glico-macropéptídeo (GMP) é um peptídeo derivado da digestão da kapa-caseína, pela ação da quimosina durante a coagulação do queijo. Esta fração está presente em um tipo de proteína do soro, conhecida como *whey rennet*. Apresenta peso molecular aproximado de 6-7 KDa. É um peptídeo com alto teor de aminoácidos essenciais, são resistentes ao calor, assim como a mudanças de pH. Apresenta alta carga negativa, que favorece a absorção de minerais pelo epitélio intestinal. Oferecem proteção contra infecções, pois estimulam a produção de linfócitos, efeito inibidor sobre as secreções de ácido gástrico e atividade imunossupressora (RODRIGUES, 2001; HARAGUCHI et al., 2006; KRISSANSEN, 2007).

PROTEÍNAS MINORITÁRIAS

LACTOFERRINA

A lactoferrina é uma glicoproteína multifuncional a qual pertence à família da transferrina. São formados por 689 aminoácidos, com peso molecular variando de 78-80 KDa. Ela aparenta ser responsável por vários papéis biológicos, como na atividade imunomoduladora, ação antiviral, antioxidante, anti-inflamatória e antibacteriana e com o aumento da absorção de ferro na dieta (WIT, 1998; STEIJNS & HOOIJDONK, 2000; RODRIGUES, 2001; KRISSANSEN, 2007).

LACTOPEROXIDASE

As lactoperoxidasas consistem de uma única cadeia polipeptídica contendo 612 resíduos de aminoácidos, tendo médio peso molecular (78 KDa). Faz parte da família das peroxidases, grupo de enzimas responsáveis por catalisar a oxidação de

certas moléculas, responsáveis pela ação antimicrobiana, atividades antioxidante e antiviral, porém estudos demonstraram que esta enzima pode ser desnaturada quando alcançam temperaturas acima de 70°C (WIT, 1998; RODRIGUES, 2001; KUSSENDRAGER & HOOIJDONK, 2010; SANTOS et al., 2011).

QUADRO 1: Propriedades e composição das frações protéicas:

Frações Protéicas	Aminoácidos	Peso Molecular (KDa)	Total de Proteínas no Leite (%)
β-lactoglobulina	162	18	12
α-lactoalbumina	123	14	3,5
Albumina do Soro Bovino	582	66	1
Imunoglobulinas	--	1000-1430	2
Glico-macropéptido	689	7	--
Lactoferrina	612	80	--
Lactoperoxidase	64	78	--

Fonte: Adaptado de GARCÍA-GARIBAY et al., (2009)

VALOR NUTRICIONAL DAS PROTEÍNAS DO SORO X CASEÍNA

Comparando-se o teor protéico do leite de diferentes espécies animais, observa-se através da literatura que o leite de ovelha e búfala apresenta teores de proteína maior quando comparado ao leite de vaca e de cabra, ficando por último o leite da égua. Entretanto ainda não existem estudos que especifiquem a intrínseca diferença entre as frações protéicas do soro do leite nas diferentes espécies (OLIVEIRA, 2009). O que se sabe, é que esta diferença está relacionada ao conteúdo geral de proteínas presentes no leite. De acordo SGARBIERI (2005), a concentração de proteína total e a relação entre caseína e proteína do soro apresentam uma variação de 1,4 a 12% de proteína em leites de diversas espécies.

Trabalhos recentes têm demonstrado que as proteínas do soro apresentam algumas vantagens em relação às caseínas. Uma das explicações para tais vantagens pode estar relacionado à própria estrutura da caseína, pois, diferentemente das soroproteínas, as caseínas sofrem alteração conformacional, ou seja, se desnaturam na presença dos ácidos estomacais e acabam perdendo parte de suas propriedades funcionais e, para ter função fisiológica, os peptídeos têm que ser absorvidos pelo intestino na sua forma ativa (PACHECO et al., 2005; RENHE, 2008).

Outro ponto a ser questionado, é o valor aminoacídico das proteínas do soro em relação às caseínas. Estas últimas possuem quantidades limitadas de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), o que lhe confere menor valor biológico. Por outro lado, as proteínas do soro possuem todos os aminoácidos essenciais, além de boa digestibilidade e serem rapidamente absorvidas pelo organismo (HUFFMAN, 1996; SGARBIERI, 2004; OLIVEIRA et al., 2012).

TÉCNICAS UTILIZADAS PARA SEPARAÇÃO DAS PROTEÍNAS DO SORO

As proteínas nativas do soro podem ser separadas da caseína do leite bovino por algumas técnicas, dentre elas, coagulação enzimática, resultando na

precipitação de caseínas, precipitação ácida ao atingir o pH isoeletrico da caseína (pH 4,6) e por separação física das micelas de caseína por microfiltração, resultando no concentrado de micelas e nas proteínas do soro (ABECIA-SORIA, 2010).

As proteínas do soro podem exibir diferenças na sua composição de macronutrientes e micronutrientes, dependendo da forma utilizada para sua obtenção. Segundo SALZANO (2002), 100g de concentrado protéico do soro do leite possui, em média, 414 kcal, 80 g de proteína, 7 g de gordura e 8 g de carboidratos. Em relação aos micronutrientes, possuem, em média, 1,2 mg de ferro, 170 mg de sódio e 600mg de cálcio por 100 g de concentrado protéico oferecendo uma vantagem sobre o leite como fonte de cálcio. Em um trabalho realizado por CAPITANI et al., (2006), o autor utilizou em seu experimento, a técnica da complexação com carboximetilcelulose. Esta técnica é baseada na interação eletrostática entre proteínas e polissacarídeos aniônicos, e tem como princípio afetar o balanço de cargas, que leva a formação de coacervados insolúveis, tornando fácil a separação do meio aquoso.

Os produtos obtidos a partir do soro são designados de acordo com o seu processamento. Sendo denominados de soro líquido, soro em pó, soro em pó parcialmente deslactosado, soro em pó parcialmente desmineralizado (< 7% cinzas), soro em pó deslactosado e desmineralizado, soro em pó desmineralizado (< 1,5% cinzas), isolados proteicos de soro (>90% proteína seca) e concentrados proteicos de soro (> 25% proteína seca) (RODRIGUES, 2001).

As tecnologias de processamento de soro têm crescido exponencialmente nos últimos 10 anos devido ao desenvolvimento dos processos membranares (microfiltração e ultrafiltração) e dos métodos de troca iônica, descritos a seguir:

(1) troca iônica, que separa a proteína baseando-se na sua carga elétrica. Duas substâncias químicas podem ser usadas: ácido clorídrico e hidróxido de sódio. Porém, devido a utilização de produtos químicos, algumas frações da proteína que são sensíveis a mudança de pH e alguns aminoácidos são danificados, dentre eles os glicomacropéptídeos, imunoglobulinas e α -lactalbumina. Um dos benefícios da troca iônica é que este processo resulta num produto com maior quantidade de proteína e geralmente menos gordura e lactose.

(2) micro filtração, onde são utilizadas placas de cerâmica para filtrar o leite. Não são usados reagentes químicos e, portanto, a maioria das frações biológicas fica intacta. A ultra-filtração é similar à micro-filtração, porém usa poros ainda menores e com maior pressão. Estas membranas filtram os componentes indesejados do soro do leite como a lactose e a gordura. As partículas são separadas de acordo com sua forma e tamanho. As vantagens deste processo são: mínimo de proteína desnaturada; frações biológicas preservadas e um melhor perfil de aminoácidos (RODRIGUES, 2001; PACHECO et al., 2005; BHUSHAN & ETZEL, 2009).

Como descrito por RODRIGUES (2001), os concentrados proteicos (CP), podem ser classificados com base na sua composição. Geralmente são agrupados de acordo com o seu conteúdo em proteína, como demonstrado no quadro a seguir.

QUADRO 2: Composição típica de concentrados protéicos (CP) de soro. (Adaptado de RODRIGUES, 2001).

Componente (%)	CP35 ¹	CP50	CP80	α -lactalbumina ²	Isolado Proteico ³
Proteína	34-35	53	80	85-90	> 90
Lactose	53	35	7	-	1
Gordura	4	5	4-7	-	1
Cinzas	8	7	4-7	-	3

(1) Composição semelhante à do leite em pó sem gordura;

(2) Tipo especial de concentrado proteico que foi termicamente desnaturado, pelo que tem propriedades diferentes;

(3) Corresponde virtualmente a toda proteína do soro.

PROPRIEDADES FISIOLÓGICAS E FUNCIONAIS

Estudos realizados em diferentes modelos experimentais (animais, humanos e células *in vitro*), utilizando a proteína do soro do leite, têm comprovado a eficácia deste produto no aumento da capacidade imunomoduladora, ação antibacteriana e antiviral, ação anticancerígena, aumento no combate a infecções e processos inflamatórios, ação no sistema cardiovascular, além de outros benefícios (SGARBIERI & PACHECO, 1999; PACHECO et al., 2005).

Segundo SGARBIERI (2004), as frações protéicas estão atribuídas a suas propriedades fisiológicas e funcionais, responsáveis por produzir importante controle na regulação do metabolismo, retardamento de processos patológicos ou do envelhecimento precoce.

As proteínas do soro do leite modulam a função imune através da produção de glutathione (GSH), substrato essencial do sistema imunológico. A partir da digestão dessas proteínas, são formados peptídeos com a sequência glutamyl-cystine, substratos para a síntese da glutathione, que exercem poder estimulatório sobre os linfócitos que sintetizam as imunoglobulinas. No entanto para que isto ocorra, a estrutura nativa das proteínas deverá estar intacta, preservando a atividade biológica original (CRIBB et al., 2002; SGARBIERI, 2004; PACHECO et al., 2005).

FÉLIX (2009) considera o soro de leite como o “soro da memória” pelo fato desse subproduto concentrar componentes que atuam sobre os neurônios na formação de suas redes e das sinapses.

O efeito antimicrobiano é proveniente principalmente das lactoferrinas e das lactoperoxidasas. As lactoferrinas inibem a proliferação e o crescimento de bactérias gram-positivas e gram-negativas, assim como leveduras, fungos e protozoários por sequestrarem o ferro disponível no ambiente, enquanto as lactoperoxidasas têm propriedade bactericida através da oxidação de tiocianatos em presença de peróxido de hidrogênio. As frações de β -LG e α -LA, após hidrólise enzimática, também apresentam atividade bactericida (SGARBIERI, 2004).

Dados epidemiológicos indicam que a dieta é um fator principal na origem do câncer, pois assim como na ação imunoestimuladora, a glutathione também é responsável pelas atividades anticancerígenas (CRIBB et al., 2002; HERNÁNDEZ et al., 2008). Em levantamento realizado por SGARBIERI (2004), foi verificado que em estudos experimentais com dietas de roedores contendo proteínas do soro do leite ocorreu inibição no aparecimento e no crescimento de tumores de

cólon de forma mais significativa que a caseína, as proteínas de carne bovina e as da soja. Após a avaliação desses dados foi possível concluir que as proteínas do soro atuaram de maneira mais eficaz no combate a tumorigênese induzida em roedores, que as demais proteínas testadas.

As proteínas do leite atuam também no sistema cardiovascular, inibindo a agregação plaquetária, reduzindo a pressão sanguínea e os níveis de colesterol no sangue, diminuindo assim os riscos de patologias cardiovasculares. Esta ação se deve à liberação, após hidrólise enzimática, de peptídeos com ação hipotensora ou anti-hipertensiva. Estes são capazes de inibir a ação da enzima conversora de angiotensina I em angiotensina II (ECA). Além da ação hipertensora, a angiotensina II estimula a produção do hormônio aldosterona que age diminuindo as excreções renais de fluido e de sais, aumentando a retenção de água e o volume de fluido extracelular. Atividade anticoagulante também é vista em peptídeos derivados da lactoferrina, que inibem a agregação de plaquetas (SGARBIERI, 2004).

Sabe-se que o excesso de gordura corporal é considerado no mundo todo um problema de saúde. De acordo com OLIVEIRA et al., (2012), é comprovado cientificamente que o alto teor de aminoácidos essenciais das proteínas do soro afeta os processos metabólicos da regulação energética, de forma a favorecer o controle e a redução da gordura corporal. Segundo pesquisa realizada pelo mesmo autor, foi constatado que as dietas que apresentam maior relação proteína/carboidrato são mais eficientes para o controle da glicemia e da insulina pós-prandial, situação que favorece a redução da gordura corporal e a preservação da massa muscular durante a perda de peso.

Conforme descrito por SGARBIERI (2005), nos últimos anos tem-se verificado um avanço importante da nutrição esportiva, com base em princípios fisiológicos e bioquímicos. Uma alimentação especial pode promover melhor saúde e otimizar os benefícios do treinamento. O exercício físico tem profundo efeito no metabolismo das proteínas, no consumo de O₂ acima dos níveis de repouso, no transporte de aminoácidos e de glicose, bem como na concentração de lactato muscular. De acordo com HARAGUCHI et al., (2006), o estresse oxidativo produzido durante a atividade física contribuiu para o desenvolvimento da fadiga muscular de atletas, diminuindo o desempenho físico. Por ser considerada uma excelente fonte de proteínas e proporcionar ótima retenção de nitrogênio, o soro do leite tem sido inserido na alimentação de atletas.

Logo, 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, reduzindo a perda de massa muscular, além de afetar os processos metabólicos da regulação energética, favorecendo assim o controle e a redução de gordura corporal (HARAGUCHI et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2012). Contudo, é necessário que haja mais pesquisas sobre exercício físico e metabolismo protéico para elucidar qual é a quantidade de proteína que o esportista deverá consumir para alcançar esses objetivos.

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS PROTEÍNAS DO SORO

A análise físico-química da composição protéica do leite pode ser realizada por diferentes técnicas, dentre elas, a eletroforese em gel e a cromatografia líquida de alta eficiência, técnicas mais amplamente utilizadas para análise de proteínas no leite.

A eletroforese em gel é uma técnica, relativamente simples, rápida e de grande poder informativo. Nessa metodologia, as proteínas migram pela ação de um campo elétrico através de uma matriz porosa de poliacrilamida e são separadas de acordo com sua massa molecular (PETERS et al., 2012).

A cromatografia líquida de alta eficiência é o método mais amplamente utilizado para a recuperação e purificação de proteínas, por ser um método sensível. É basicamente um processo de separação (Figura 1) por migração diferencial entre duas fases: a fase móvel e a fase estacionária, sendo estabelecidas interações entre os solutos e a fase estacionária (ELGAR et al., 2000).

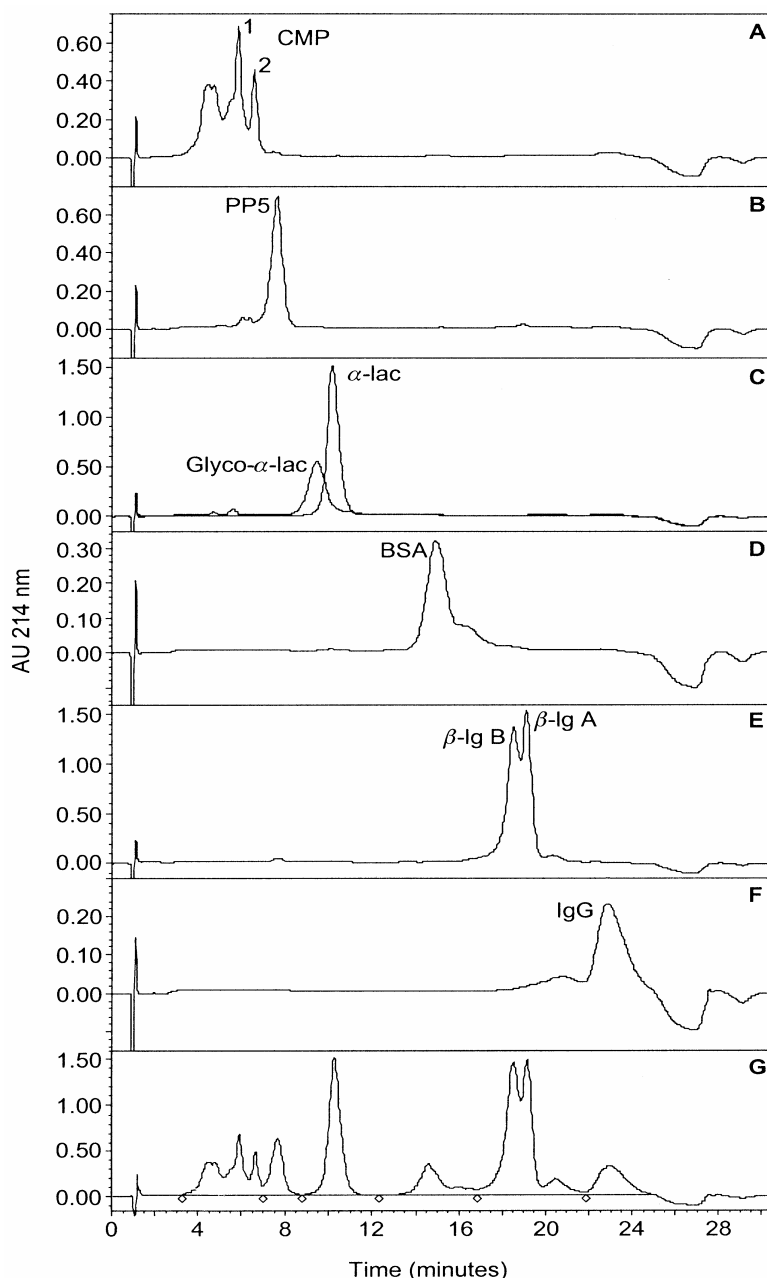


FIGURA 1: Separação simultânea e quantificação das proteínas majoritárias do soro do leite bovino por cromatografia líquida de alta eficiência (ELGAR et al., 2000).

De acordo com VELOSO (2001), a cromatografia por permuta iônica constitui um dos métodos cromatográficos mais utilizados na purificação de proteínas. As cromatografias por permuta aniônica e catiônica têm sido utilizadas com sucesso na separação das várias proteínas do leite. Segundo o mesmo autor, a cromatografia clássica de interações hidrofóbicas é normalmente aplicada na purificação das proteínas menos abundantes presentes no soro do leite, sendo também utilizada na separação das proteínas dos glóbulos de gordura.

AVALIAÇÃO DA BIODISPONIBILIDADE

O valor nutritivo de uma proteína depende principalmente da capacidade desta em suprir as necessidades do organismo, de todos os aminoácidos dieteticamente indispensáveis, sendo que o aproveitamento biológico destes (biodisponibilidade) depende também da digestibilidade da proteína (LEVESQUE et al., 2010). Ao se determinar o valor protéico de uma mistura de alimentos deve ser levado em consideração o cálculo químico, o teor total de nitrogênio e a digestibilidade. A digestibilidade é a medida da porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou de qualquer outro composto nitrogenado (PIRES et al., 2006).

De acordo com SIMÕES (2003) a avaliação da qualidade das frações proteicas pode ser realizada pelo Escore de Aminoácidos Corrigido pela Digestibilidade Verdadeira das Proteínas (PDCAAS), este estudo, considera o escore químico de aminoácidos e sua digestibilidade, que possibilita a determinação do primeiro aminoácido limitante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das inúmeras pesquisas mostrando os benefícios do soro do leite para a saúde, a maioria delas realizadas com animais, pouco se conhece sobre as funções e os benefícios de inúmeros componentes menores (natureza protéica ou não-protéica) presentes no soro e recuperados em maior ou menor proporção. Portanto, o conhecimento ainda é muito limitado sobre esses efeitos no organismo humano. Muito há que se pesquisar sobre os verdadeiros mecanismos de ação dessas proteínas e peptídios e das quantidades que devem participar da dieta para produzir seus efeitos benéficos.

O conhecimento ao redor da qualidade das frações proteicas de outras espécies ainda é desconhecido, logo, é necessário que haja estudos que detalhem o perfil protéico nas diferentes espécies e, a partir destas informações será possível informar o valor biológico dos peptídeos presentes nos diferentes soros e a importância de se obter concentrados de soro a partir do leite de outras espécies além do concentrado de soro do leite bovino.

Muitas das propriedades funcionais fisiológicas estão condicionadas à manutenção da integridade estrutural dessas proteínas, significando que é necessário otimização nas metodologias de obtenção para a preservação das estruturas das proteínas e de suas propriedades.

REFERÊNCIAS

ABECIA-SORIA, M.I. **Efeitos metabólicos induzidos pelo consumo de dietas com caseína (padrão) e proteínas de soro de leite bovino (isolado e hidrolisado) usadas como única fonte protéica em ratos (Wistar) submetidos a treinamento físico em esteira.** Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino.** São Paulo: Ed. Manole, p.142, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº16 de 23 de agosto de 2005. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebidas lácteas.** Brasília, DF, 2005.

BHUSHAN, S.; ETZEL, M.R. Charged ultrafiltration membranes increase the selectivity of whey protein separations. **Journal of Food Science.** Vol. 74, Nr. 3, 2009.

CAPITANI, C.D.; PACHECO, M.T.B.; PILOSO, A.M.; PÉREZ, O.E. Caracterização e Comportamento Dinâmico dos Complexos de Carboximetil Celulose com Proteínas do Soro de Leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, jan, 2006.

CRIBB, P.J.; WILLIAMS, A.D.; HAYES, A.; CAREY, M.F. The effect of whey isolate on strength, body composition and plasma glutamine. **Medicine and science in sports and exercise**, 34(5):S299, 2002.

ELGAR, D.F.; NORRIS, C.S.; AYERS, J.S.; PRITCHARD, M.; OTTER, D.E.; PALMANO, K.P. Separation and quantitation of the major bovine whey proteins including proteose peptone and caseinomacropeptide by reversed-phase high-performance liquid chromatography on polystyrene–divinylbenzene. **Journal of Chromatography**, 2000.

FÉLIX, P. A. S. Secagem do soro do leite. **Leite & Derivados**, v.18, n.111, p.6, 2009.

GARCIA-GARIBAY, M.; JIMÉNEZ-GUZMÁN, J.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, H. **Whey Proteins: Bioengineering and Health.** Chapter in: Food Engineering: Integrated Approaches. Springer, pp. 415-430, New York, 2009.

GEORGE, P.; KASAPIS, S.; BANNIKOVA, A.; MANTRI, N.; PALMER, M.; MEURER, B.; LUNDIN, L. Effect of high hydrostatic pressure on the structural properties and bioactivity of immunoglobulins extracted from whey protein. **Food Hydrocolloids.** Ed Elsevier, vol.32, 286-293, 2013.

HARAGUCHI F.K.; ABREU W.C.; PAULA H. Proteínas do soro do leite: composição,

propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista Brasileira de Nutrição**, 19(4):479-488, jul./ago., Campinas, 2006.

HERNÁNDEZ, L.B.; RECIO, I.; AMIGO, L. β -lactoglobulin as Source of Bioactive Peptides. **Journal Amino Acids**, v. 35, n. 2, p. 257-265, 2008.

HUFFMAN, L.M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology Journal**, Feb, 1996.

KRISSANSEN, G.W. Emerging health properties of whey proteins and their clinical implications. **Journal of the American College of Nutrition**, Vol. 26, No. 6, 713S–723, 2007.

KUSSENDRAGER, K.D.; HOOIJDONK, A.C.M.V. Lactoperoxidase: Physico-chemical properties, occurrence, mechanism of action and applications. **British Journal of Nutrition**, 84, Suppl. 1, S19±S25, 2010.

LEVESQUE, C.L.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P.B.; BALL, O.B. Review of advances in metabolic bioavailability of amino acids. **Livestock Science Journal** (133)4–95, 2010.

OLIVEIRA M.N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. Livro: Ed. Atheneu. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA D.F.; BRAVO C.E.C.; TONIAL I.B. Soro de leite: Um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 67(385):64-71, Mar./Abr., 2012.

PACHECO, M.T.B.; DIAS, N.F.G.; BALDINI V.L.S.; TANIKAWA C.; SGARBIERI V.C. Propriedades funcionais de hidrolisados obtidos a partir de concentrados protéicos de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(2): 333-338, abr./jun. 2005.

PETERS, M.D.P.; SILVEIRA, I.D.B.S.; PEGORARO, C.; PEDROSO, C.E.S.; LOURENÇO, L.A.; CASAGRANDE, M. Perfil eletroforético das proteínas do leite de vacas submetidas a manejo aversivo. **Revista Thema**, 09(1), 2012.

PIRES, C.V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ROSA, J.C.; COSTA, N.M.B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26(1): 179-187, jan./mar, 2006.

RENHE, I.R.T. O papel do leite na nutrição. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, nº363, 63: 36-43, Jul./Ago., 2008.

RÉVILLION, J.P.; BRANDELLI, A.; AYUB M.A.Z. Produção de extratos de leveduras de uso alimentar a partir do soro de queijo: abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.20 nº2, Mai/Ago., 2000.

RODRIGUES, L.R.M. **Valorização da fração proteica do soro de queijo**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Portugal, 2001.

SALZANO, J.I. Nutritional supplements: practical applications in sports, human performance and life extension. **Symposium Series 007**, p.75-202, São Paulo, 2002.

SANTOS, M.J.; TEIXEIRA, J.A.; RODRIGUES, L.R. Fractionation and recovery of whey proteins by hydrophobic interaction chromatography. **Journal of Chromatography**, 2011.

SGARBIERI, V.C., Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1, p. 43-56, jan./mar., 2005.

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

SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B., Revisão: Alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2 (12), p. 7-19, Campinas, São Paulo, 1999.

SIMÕES, M.G.; **Avaliação da qualidade protéica pelo escore de aminoácidos corrigido pela digestibilidade da proteína calculado com o conteúdo fecal e ileal**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2003.

SOUSA, G.T.; LIRA, F.S.; ROSA J.C.; OLIVEIRA, E.P.; OYAMA, L.M.; SANTOS, R.V.; PIMENTEL, G.D. Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: a review. **Lipids in Health and Disease**, 2012.

STEIJNS J.M., HOOIJDONK A.C.M.V. Occurrence, structure, biochemical properties and technological characteristics of lactoferrin. **British Journal of Nutrition**, 84, Suppl. 1, S11±S17, 2000.

TERADA, L.C.; GODOI, M.R.; SILVA, T.C.V.; MONTEIRO, T.L. Efeitos metabólicos da suplementação do whey protein em praticantes de exercícios com pesos. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. v.3. nº16. p.295-304. Jul./Ago, 2009.

VELOSO, A.C.A. **Análise das caseínas de leite e queijos por HPLC/UV e por Ureia-PAGE**. Dissertação (Mestrado em controle de qualidade). Faculdade de farmácia, Porto, 2001.

WIT, J.N. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 3, p. 597-608, 1998.

ZIEGLER, F.L.F.; SGARBIERI, V.C. Caracterização químico-nutricional de um isolado proteico de soro de leite, um hidrolisado de colágeno bovino e misturas dos dois produtos. **Revista de Nutrição**, Campinas, 22(1):61-70, jan./fev., 2009.

YÜKSEL, Z.; ERDEM, Y.K. Detection of the milk proteins by RP-HPLC. **Research Araştırma**, 2009.