

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

**CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE CONCENTRADOS
PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS**

**Júlia Geracila de Mello e Carneiro
Farmacêutica Industrial e de Alimentos**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por JÚLIA GERACILA DE MELLO E CARNEIRO aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de dezembro de 1997.

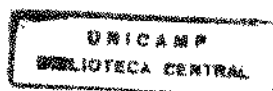
**Prof. Dr. Aloísio José Antunes
Orientador**

Campinas, 17 de dezembro de 1997.


Prof. Dr. ALOÍSIO J. ANTUNES
Presidente da Banca

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas para a obtenção do título de Doutor em Ciência de
Alimentos**

**Campinas, SP
1997**



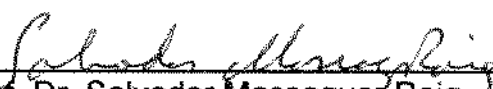
442096

BANCA EXAMINADORA

Tese defendida e aprovada em _____ de _____ de 1997, pela banca examinadora constituída pelos professores



Prof. Dr. Aloísio José Antunes
Orientador



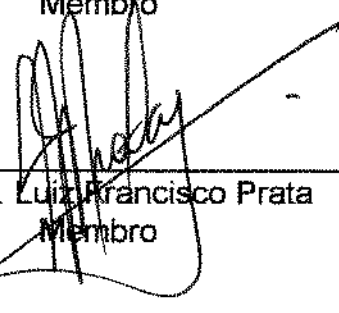
Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig



Profª Drª Hélia Harumi Sato
Membro



Profª Drª Marise Aparecida Rodrigues Pollonio
Membro



Prof. Dr. Luiz Francisco Prata
Membro

Profª Drª Glaucia Maria Pastore
Membro

Prof. Dr. Yong Kun Park
Membro

*Ao Luiz e ao Júlio,
pelo apoio, compreensão e amor,
que me permitiram terminar este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, pela minha liberação e à Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Aloísio José Antunes, pela orientação.

Aos técnicos de laboratório Francisco Carraro, Liana, Soely, Cláudia e Beth, pela colaboração e amizade.

À Eliana e Nadeje, meus anjos-da-guarda, sempre presentes nos momentos certos.

Ao amigo Carlos Grosso sempre solícito e prestativo.

À Henelyta pela ajuda prestimosa.

Aos novos amigos desta jornada, Ana Cláudia, Marta, Márcia Cristina, Márcia, Márcio, Rosângela, Mírian, Mariazinha, Mabel, Mara, Ruth, Erna e Gersislei, pelo incentivo.

Aos amigos Samuel e Lili, Alfredo e Nagela, pelo apoio e amizade.

Aos membros da banca examinadora, pela correção e sugestões valiosas.

À todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMO.....	X
SUMMARY.....	XI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO LEITE DE CABRAS.....	2
2.2 PROTEÍNAS DO SORO.....	4
2.3 CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	6
2.4 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	7
2.5 MODIFICAÇÕES DAS PROTEÍNAS DO SORO.....	8
2.5.1 <i>Tratamento térmico</i>	8
2.5.2 <i>Tratamento enzimático</i>	10
2.6 SOLUBILIDADE DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	12
2.7 CAPACIDADE GELATINIZANTE DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	13
2.8 TEXTURA DOS GÉIS DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	19
2.9 COMPORTAMENTO ELETROFORÉTICO DAS PROTEÍNAS DO SORO.....	20
2.10 APLICAÇÕES E USOS DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO.....	23
3 ESTUDO 1 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. I.	
OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E SOLUBILIDADE.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 <i>Matéria Prima</i>	28
2.2 <i>Equipamentos usados na obtenção dos concentrados</i>	29
2.2.1 <i>Pasteurização</i>	29

2.2.2 Ultrafiltração.....	29
2.2.3 Retirada da gordura.....	29
2.2.5 Liofilização.....	29
2.2.6 Preparo do inóculo.....	29
2.3 Preparo do Inóculo.....	29
2.4 Obtenção do Soro.....	29
2.5 Ultrafiltração.....	30
2.6 Diafiltração.....	30
2.7 Métodos Analíticos.....	30
2.7.1 Caracterização do leite de cabras cru, soro magro e retentado.....	30
2.7.2 Composição centesimal dos concentrados.....	30
2.7.3 Grupos SH total e reativo.....	31
2.7.4 Composição em aminoácidos.....	31
2.7.5 Solubilidade dos concentrados.....	31
2.7.6 Cor.....	31
2.8 Fluxograma de obtenção dos concentrados protéicos de soro de leite de cabra.....	32
3 RESULTADOS.....	33
4 DISCUSSÃO.....	39
5 CONCLUSÕES.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
4 ESTUDO 2 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. II.	
EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA NO PERFIL DE TEXTURA E NA	
PERCENTAGEM DE UMIDADE ESPREMÍVEL DE SEUS GÉIS.....	46
1 INTRODUÇÃO.....	46
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1 Material.....	49
2.2 Gelatinização.....	49
2.3 Umidade Espremível dos géis.....	49
2.4 Análise Estatística.....	50
3 RESULTADOS.....	51

4 DISCUSSÃO.....	58
5 CONCLUSÕES.....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
5 ESTUDO 3 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. III. EFEITO DA INTERAÇÃO CONCENTRAÇÃO DE PROTEÍNA /pH NO PERFIL DE TEXTURA DOS GÉIS.....	63
1 INTRODUÇÃO.....	63
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1 <i>Material</i>	65
2.2 <i>Gelatinização</i>	65
2.3 <i>Umidade Espremível dos géis</i>	65
2.4 <i>Análise Estatística</i>	65
3 RESULTADOS.....	66
4 DISCUSSÃO.....	81
5 CONCLUSÕES.....	82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
6 ESTUDO 4 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. IV. EFEITO DO TEMPO DE HIDRÓLISE TRÍPTICA NO PERFIL DE TEXTURA E NA PERCENTAGEM DE UMIDADE ESPREMÍVEL DE SEUS GÉIS.....	85
1 INTRODUÇÃO.....	85
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	87
2.1 <i>Material</i>	87
2.2 <i>Grau de hidrólise (%)</i>	87
2.3 <i>Gelatinização</i>	88
2.4 <i>Umidade espremível dos géis</i>	88
2.5 <i>Preparo dos hidrolisados</i>	88
2.6 <i>Eletroforese</i>	88
2.7 <i>Densitometria</i>	89
2.8 <i>Análise Estatística</i>	89
3 RESULTADOS.....	90
4 DISCUSSÃO.....	105

5 CONCLUSÕES.....	106
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
7 CONCLUSÕES GERAIS.....	109
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

ÍNDICE DE TABELAS

3 ESTUDO 1 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. I

Obtenção , caracterização e solubilidade.....24

Tabela 1. Quantidade da matéria prima e dos produtos obtidos, utilizada e gerados durante os processamentos.....	33
Tabela 2. Teor de proteína(%) do leite de cabras cru, soro gordo, soro magro, permeado, permeado diafiltrado e retentado.....	33
Tabela 3. Análises realizadas no leite cru, soro magro e retentado obtidos nos processamentos	33
Tabela 4. Composição química média dos concentrados protéicos do soro de leite de cabras(CPSLC) obtidos nos processamentos 1,2 e 3.....	34
Tabela 5. Composição em aminoácidos dos CPSLCs.....	35
Tabela 6. Percentagem da solubilidade dos CPSLCs em função do pH	35
Tabela 7. Cor dos CPSLCs obtida em colorímetro COLORQUEST II através das medidas de L, a e b.....	36

4 ESTUDO 2 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. II.

Efeito da concentração de proteína no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de seus géis.....46

Tabela 1. Composição química média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras.	51
Tabela 2. Efeito da concentração de proteína no perfil de textura de géis dos CPSLCs.....	51
Tabela 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína no perfil de textura de géis dos CPSLCs.....	52
Tabela 4. Efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs.....	53
Tabela 5. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs.....	53

5 ESTUDO 3 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS.

III . Efeito da interação concentração de proteína/pH no perfil de textura dos géis.....63

Tabela 1. Composição química média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras.....	66
Tabela 2. Efeito da concentração de proteína e pH no perfil de textura de géis dos CPSLCs	67
Tabela 3. Efeito da concentração de proteína e pH na coesividade dos CPSLCs	68
Tabela 4. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH no perfil de textura de géis dos CPSLCs	69
Tabela 5. Efeito do pH na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs com 3 e 8% de proteína.....	70
Tabela 6. Efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs nos pHs 3, 7 e 8.....	70
Tabela 7. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs.....	71

6 ESTUDO 4 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS.

IV. Efeito do tempo de hidrólise trípica no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de seus géis.....85

Tabela 1. Composição média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras	90
Tabela 2. Nível de hidrólise obtido no tratamento dos CPSLCs com tripsina durante 2 e 4 horas	90
Tabela 3. Efeito do tempo de hidrólise trípica sobre a percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLC 1 e 3.....	90
Tabela 4. Efeito do tempo de hidrólise trípica no perfil de textura de géis dos CPSLCs..	92

ÍNDICE DE FIGURAS

3 ESTUDO 1 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. I.	
Obtenção, caracterização e solubilidade.....	24
Figura 1: Fluxograma de obtenção dos CPSLCs.....	32
Figura 2: Perfil de solubilidade dos CPSLCs em função do pH.....	36
Figura 3: Medida do valor de L das soluções dos CPSLCs	37
Figura 4: Medida dos valores de a e b de soluções dos CPSLCs	37
Figura 5: Espectro de Reflectância do CPSLC1	38
Figura 6: Espectro de Reflectância do CPSLC2	38
Figura 7: Espectro de Reflectância do CPSLC3	39
4 ESTUDO 2 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. II.	
Efeito da concentração de proteína no perfil de textura e na percentagem de	
umidade espremível de seus géis.....	46
Figura 1. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína nas	
características dureza, mastigabilidade e gomosidade dos géis dos	
CPSLCs.....	54
Figura 2. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína nas	
características elasticidade, coesividade e adesividade dos géis dos	
CPSLCs.....	55
Figura 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína na percentagem	
de umidade espremível dos géis dos CPSLCs.....	56
Figura 4. Géis do CPSLC3 nas concentrações de 3 e 2 % de proteína	57
Figura 5. Géis do CPSLC3 nas concentrações de 8 e 6% de proteína	57
5 ESTUDO 3 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. III.	
Efeito da interação concentração de proteína/pH no perfil de textura dos	
géis.....	63
Figura 1. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na dureza	
dos géis dos CPSLCs	72

Figura 2. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na mastigabilidade dos géis dos CPSLCs	73
Figura 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na gomosidade dos géis dos CPSLCs.....	74
Figura 4. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na elasticidade dos géis dos CPSLCs	75
Figura 5. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na coesividade dos géis dos CPSLCs	76
Figura 6. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na adesividade dos géis dos CPSLCs.....	77
Figura 7. Géis do CPSLC1 com 8 e 3 % de proteína no pH 3	78
Figura 8. Géis do CPSLC1 com 8 e 3% de proteína no pH 8	78
Figura 9. Géis do CPSLC2 com 8 e 3% de proteína no pH 3.....	79
Figura 10. Géis do CPSLC2 com 8 e 3% de proteína no pH 8	79
Figura 11. Géis do CPSLC3 com 8 e 3% de proteína no pH3	80
Figura 12. Géis do CPSLC3 com 8 e 3% de proteína no pH 8	80

6 ESTUDO 4 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS.

IV. Efeito do tempo de hidrólise triptica no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de seus géis.....85

Figura 1. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (2 horas) sobre as características dureza, mastigabilidade e gomosidade dos géis dos CPSLCs.....	92
Figura 2. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (2 horas) sobre as características elasticidade, coesividade e adesividade dos géis dos CPSLCs.....	93
Figura 3. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (4 horas) sobre as características dureza, mastigabilidade e gomosidade dos géis dos CPSLCs.....	94
Figura 4. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (4 horas) sobre as características elasticidade, coesividade e adesividade dos géis dos CPSLCs.....	95

Figura 5. Estudo comparativo do efeito da hidrólise trípica (2 e 4 horas) sobre a percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLCs 1 e 3	96
Figura 6. SDS-PAGE do CPSLC1	97
Figura 7. SDS-PAGE do CPSLC2.....	97
Figura 8. SDS-PAGE do CPSLC3.....	98
Figura 9. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC1 com duas horas de hidrólise trípica.....	99
Figura 10. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC1 com quatro horas de hidrólise trípica.....	100
Figura 11. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC2 com duas horas de hidrólise trípica.....	101
Figura 12. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC2 com quatro horas de hidrólise trípica	102
Figura 13. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC3 com duas horas de hidrólise trípica.....	103
Figura 14. Perfil densitométrico do gel de SDS-PAGE do CPSLC3 com quatro horas de hidrólise trípica.....	104

RESUMO

A indústria de alimentos moderna tem utilizado concentrados protéicos de soro de leite bovino como ingrediente em sistemas de alimentos (sobremesas, bebidas, salsichas, como substituto do ovo, leite e carne). A falta de informações sobre concentrados protéicos de soro de leite de cabras motivou nosso trabalho, cujos principais objetivos foram a produção de concentrados protéicos obtidos por ultrafiltração e diafiltração, e a avaliação de algumas de suas propriedades funcionais como solubilidade e gelatinização. Três concentrados diferentes foram produzidos, os quais apresentaram a seguinte faixa de composição química - proteína: 55.87 - 72.01%; umidade: 3.45 - 3.64%; gordura: 9.45 - 14.14; lactose: 14.23 - 26.73%; cinzas: 2.09 - 3.38; cálcio: 0.07 - 0.39%; nitrogênio não protéico: 0.50 - 1.31%; SH_{TOTAL} ($\mu M/g$): 10.48 - 15.96; $SH_{REATIVO}$ ($\mu M/g$): 8.53 - 14.31; teor calórico (Kcal): 543.35 - 634.80. A composição de aminoácidos foi comparada favoravelmente com o padrão da FAO. Os concentrados foram solúveis na faixa de pH de 2.0 - 8.0, com pequenas diferenças entre eles. A menor solubilidade foi observada a pH 5.0 e a maior a pH 8.0. A mínima concentração de proteína requerida para a formação de gel foi de 3% a pH 7.0. A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada para o estudo das características reológicas dos géis. A influência da concentração de proteína foi investigada durante a formação do gel e pode ser detectada uma correlação positiva entre concentração de proteína e dureza do gel. As características elasticidade, coesividade, adesividade, gomosidade e mastigabilidade seguiram o mesmo padrão obtido para dureza. Detectou-se ainda, forte interação dos parâmetros concentração de proteína e pH nas características de textura dos géis. O efeito da hidrólise da proteína com tripsina foi avaliado em relação à propriedade gelatinizante dos concentrados.

SUMMARY

The modern food industry has utilized whey protein concentrates (WPC) from bovine milk as an useful ingredient in many food systems (desserts, beverages, sausages, egg substitute, dairy and meat products). The lack of information on WPC from goat's milk has motivated our work in which the main objectives were the production of whey protein concentrates obtained by ultrafiltration and diafiltration and the evaluation of some of their functional properties such as solubility and gelation. Three different WPCs were produced which showed the following chemical composition - protein: 55.87 - 72.01%; moisture: 3.45 - 3.64%; fat: 9.45 - 14.14; lactose: 14.23 - 26.73%; ash: 2.09 - 3.38; calcium: 0.07 - 0.39%; non-protein-nitrogen: 0.50 - 1.31%; SH_{TOTAL} (μ M/g): 10.48 - 15.96; SH_{REACTIVE} (μ M/g): 8.53 - 14.31; calories (Kcal): 543.35 - 634.80. The amino acid composition compares favorably with FAO standards. All three concentrates were soluble in the range from 2.0 - 8.0, with minor differences among them. The lowest solubility was observed at pH 5.0 and the highest at pH 8.0. Texture Profile Analysis (TPA) was carried out to study the rheological properties of the gels. The influence of protein concentration was investigated during gel formation and could be observed a positive correlation between protein concentration and gel hardness. It was observed strong correlation between protein concentration and pH to textural characteristics of the gels. The effect of protein hydrolysis by trypsin was investigated in relation to gelation properties of the concentrates.

1 INTRODUÇÃO

A Tecnologia de Alimentos moderna requer uma gama de ingredientes, que uma vez adicionados a um sistema alimentar, conferem-lhe propriedades funcionais nutricionais, organolépticas e superiores.

Produtos protéicos oriundos do leite de vaca têm sido usados devido a propriedades funcionais tais como: emulsificação, formação de espuma, absorção e retenção de água, gelatinização e viscosidade, que resultam da interação da proteína com outros constituintes como a água, carboidratos, gordura e o próprio ar. Dentre essas propriedades a habilidade dos concentrados protéicos de soro em formar géis tem levado o produto a ser aplicado como ingrediente na indústria de alimentos, principalmente na de carne.

A necessidade da redução da poluição ambiental e o aspecto econômico e nutricional, contribuíram para o surgimento de inúmeras pesquisas que visam o aproveitamento do soro resultante do processamento do queijo. Várias técnicas como a eletrodialise, filtração em gel, formação de complexos, precipitação com etanol, osmose reversa e ultrafiltração têm sido utilizadas visando recuperar a proteína do soro.

A aplicação funcional de concentrados protéicos de soro de leite requer o conhecimento de suas propriedades quando submetidos a diferentes condições físicas, químicas e térmicas. Estudos têm sido realizados visando a caracterização de concentrados protéicos do soro de leite de vacas e a determinação de sua funcionalidade, por outro lado, poucas pesquisas foram feitas utilizando o leite de cabras.

Como o Brasil apresenta grande potencial para o aumento da produção de cabras leiteiras, possuindo um rebanho caprino de 10.618.531 cabeças segundo dados do IBGE (1995), direcionamos o nosso trabalho para o estudo da obtenção, caracterização e determinação da funcionalidade de concentrados protéicos de soro de leite de cabras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Composição e características do leite de cabras*

A composição do leite de cabras sofre a influência de fatores como raça, estágio de lactação, clima, estação do ano e alimentação (FIL-IDF,1981; RAMOS e JUÁREZ , 1981; GRAPPIN, 1986 e HEAPE, 1990). Considerando os dados de diversos países a FIL-IDF (1981) apresentou a seguinte faixa para a composição química média para o leite de cabras: gordura - 3.27 a 6.8 (%); proteína - 3.1 a 5.84 (%); cinzas - 0.51 a 2.76 (%) e lactose - 3.91 a 4.72 (%).

Os glóbulos de gordura no leite de cabras são menores que no de vacas, mas a composição lipídica e as propriedades da membrana dos glóbulos são semelhantes em ambas as espécies. A composição e distribuição dos lipídeos no leite de cabras é parecida com a das vacas, mas apresenta valores para $C_{8:0}$, $C_{10:0}$ e $C_{12:0}$ duas vezes maiores. Com respeito as frações nitrogenadas, o conteúdo de caseína é mais baixo, com baixa proporção ou ausência de α_{s1} -Caseína e alta proporção de β -Caseína. O conteúdo de nitrogênio não protéico é maior do que no leite de vacas. É também mais sensível a lipólise espontânea, provavelmente devido a diferente distribuição da lipase (JUÁREZ e RAMOS, 1986).

O quadro 1 traz a composição em aminoácidos do leite de cabras elaborado por OLMEDO et al. (1980) baseados em dados referenciados por PARKASH e JENESS (1968):

Quadro 1: Composição aminoacídica do leite de cabras

Aminoácidos	g/16gN
Arginina	2.2
Histidina	2.0
Isoleucina	5.0
Leucina	8.7
Cisteína	0.7
Lisina	6.3
Metionina	2.2
Fenilalanina	4.4
Tirosina	-
Treonina	4.3
Triptofano	1.3
Valina	5.8

Na região nordeste do Brasil o consumo de leite de cabras faz parte da rotina alimentar mas nas demais regiões é consumido pela população de baixa renda e por crianças alérgicas ao leite de vacas, ou ainda no caso da ausência do leite materno, mas inúmeros estudos vêm comprovando a importância da cabra como produtora de leite e carne para alimentação humana (STEHLLING e SOUZA, 1987).

Para HEAPE (1990) alguns fatores contribuíram para o aumento do interesse pela produção de leite de cabras no Reino Unido: (1) o fato de que cotas de leite de vacas tem liderado a escassez de leite para processar certos produtos lácteos; (2) o aumento da popularidade do leite de cabras entre um maior número de pessoas que passam as férias em lugares onde esses produtos são consumidos diariamente; (3) por razões de saúde: um importante setor do mercado do leite de cabras é para crianças e outras pessoas alérgicas ao leite de vacas. Tem sido demonstrado que 60-70% destas crianças que apresentam sintomas alérgicos ao leite de vacas não são alérgicas ao de cabras.

RENEUF (1992), citando diversos pesquisadores, menciona a baixa capacidade do leite de cabra para a produção de queijo quando comparada a do leite de vaca, e demonstra que os principais parâmetros físico-químicos que explicam esta variação seriam: o conteúdo de caseína, a concentração de cálcio total e coloidal, o tamanho

médio das micelas de caseína e a relação α_s -CN / β -CN. Recomenda ainda, que a transposição de tecnologias do leite de vaca para o de cabra, deve ser adaptada a suas particularidades, buscando desenvolver produtos e/ou tecnologias próprios para produtos do leite caprino.

2.2 Proteínas do soro

O soro do leite de vacas é um líquido que contém de 4 a 6 g de proteínas por litro. Estas proteínas possuem excelentes propriedades funcionais e um alto valor nutricional devido ao seu conteúdo em aminoácidos sulfurados, em lisina e em triptofano. COSSEDU e PISANU (1979) estudando o teor protéico do soro de leite de cabras mencionam valores entre 0,86 e 1,13g de proteína/100mL.

Para EVANS (1989) as proteínas do soro são solúveis em água, sua concentração varia com a raça e estágio de lactação. São moléculas globulares compactas com substancial conteúdo helicoidal, aminoácidos ácidos/básicos e hidrofóbicos/hidrofílicos distribuídos igualmente ao longo da cadeia polipeptídica. Os grupos sulfidrilas e dissulfídicos do interior da moléculas são expostos com a desnaturação.

A mais abundante das proteínas do soro (54%) a β -Lactoglobulina (β -Lg) é, segundo LEMAN e KINSELLA (1989), em pH entre 5 e 7, um dímero formado de duas subunidades idênticas, cada uma com peso molecular de 18.400 Da. Em temperaturas acima de 40°C este dímero se dissocia em monômeros. A principal fração da β -Lg em sistemas aquecidos contém duas ligações dissulfídicas e um grupo tiol, sendo este último capaz de interagir para formar novas ligações dissulfídicas a uma velocidade de reação que em pH acima de 6.8 aumenta repentinamente por causa das mudanças de conformação da molécula, que expõe os grupos tiol livres. Durante os tratamentos térmicos isso resulta em reações de troca intra e intermoleculares da própria β -Lg ou com outras proteínas (K e α -caseínas). Isso pode ter um efeito adverso sobre a solubilidade e funcionalidade destas proteínas. JENESS (1980), em revisão feita sobre as características e composição do leite de cabras, descreve a β -Lactoglobulina como tendo uma cadeia com 162 resíduos de aminoácidos, sendo diferente da homóloga

bovina em seis posições incluindo os resíduos terminais. O N-terminal Leu da β -Lactoglobulina bovina é substituído pela Ile, o Asp 53 $\rightarrow$ Asn, Asp 130 $\rightarrow$ Lys, Ser 150 $\rightarrow$ Ala, Glu 158 $\rightarrow$ Gly e Ile 162 $\rightarrow$ Val. Assim, a β -Lactoglobulina caprina tem menos três grupos carregados negativamente e mais um grupo carregado positivamente que a bovina, o que explica a diferença que tem sido notada na curva de titulação das duas proteínas e a menor mobilidade eletroforética da β -Lactoglobulina caprina em géis alcalinos.

A segunda fração mais importante das proteínas do soro (21%) a α -Lactalbumina (α -La) é uma proteína globular compacta, estável a pH entre 5.4 e 9, contém quatro ligações dissulfídicas intramoleculares, e possui peso molecular em torno de 14.000 Da. Segundo FOX (1989) seu ponto isoelétrico é $\cong 4.8$ e não se trata de uma albumina verdadeira. Três variantes genéticas foram identificadas: A, B e C. A α -lactalbumina é uma metaloproteína ligadora de cálcio, que também é capaz de ligar zinco e outros metais. Por muitos anos foi considerada a mais estável das proteínas do soro mas, segundo MORR e HA (1993), evidências recentes indicam que é susceptível à desnaturação pelo calor e que, provalvemente, a sua capacidade de readquirir a estrutura nativa pelo resfriamento, seja responsável pela sua aparente alta resistência ao calor. Para FOX (1989) sua estabilidade ao calor é reduzida pela remoção do cálcio e a apo- α -lactalbumina não é renaturada depois da desnaturação térmica. Ela pode também sofrer desnaturação irreversível devido à formação de ligações dissulfídicas intermoleculares. A α -La caprina, semelhante a de origem ovina, é isenta de metionina sendo diferente de todas as demais, que contêm de um a três resíduos de metionina. A sua sequência de aminoácidos completa revela doze diferenças, em relação a bovina, na cadeia de 123 resíduos. Uma delas, na posição 10, α -La caprina possui Gln enquanto que a bovina apresenta Arg (JENESS, 1980).

As demais frações protéicas componentes do soro (soroalbumina (SA), imunoglobulinas (Ig), lactotransferrina, etc) não serão abordadas, uma vez que não exercem efeitos significativos sobre as propriedades funcionais das preparações com proteínas do soro.

2.3 Concentrados protéicos de soro

Existem dois tipos principais de soro disponíveis como fontes de proteína, os soros ácido e doce resultantes da fabricação de caseína e queijo, respectivamente. Nos últimos anos com o desenvolvimento das membranas de ultrafiltração, uma nova indústria surgiu para preparar diversos produtos de proteína de soro (MAUBOIS, 1984).

De acordo com KINSELLA (1984) e EVANS (1989) os processos com membranas como a ultrafiltração ou a osmose reversa são usados para redução da concentração de sais e lactose, fornecendo proteínas com boa solubilidade e propriedades funcionais.

O processo de ultrafiltração utiliza membranas para promover a separação de componente de um líquido, que pode ser seletiva com base no peso e tamanho moleculares. Sua utilização na obtenção de concentrados protéicos de soro de leite de vacas tem sido muito estudada (McDONOUGH et al., 1971, McDONOUGH et al. 1974, MATTHEWS, 1979, MAUBOIS, 1984, MORR, 1992).

A composição dos concentrados protéicos obtidos dependerá do nível de extração de permeado, que afeta diretamente a relação proteína/lactose. Valores teóricos para redução de volume de 80, 90 e 95%, prevêm concentrados com 36, 53 e 69% de proteína. McDONOUGH et al. (1974) relatam para concentração de proteínas nos níveis de extração do permeado mencionados, valores experimentais de 30, 42 e 55%.

A diafiltração que envolve adição de água e ultrafiltração simultâneas, remove água e solutos de baixo peso molecular e, é empregada para produzir concentrados protéicos de soro com concentração de proteína $\geq 50\%$, evitando também o aumento excessivo da viscosidade do retentado, que resulta na redução do fluxo da membrana (MORR, 1989).

O autor menciona ainda, que os concentrados protéicos do soro fabricados a partir de uma grande variedade de fontes de soro, usando diferentes processos e condições de

fabricação, possuem diferente composição o que influencia suas propriedades funcionais. Eles devem apresentar uma série de requisitos para seu sucesso como fonte alternativa de proteínas, como ingredientes para a indústria de alimentos, entre eles: composição uniforme e consistente, cor e sabor, livre de agentes químicos e microbiológicos tóxicos, alta qualidade nutricional, disponível a um preço acessível, e ser compatível com os outros ingredientes nas condições de processamento dos produtos alimentícios. Dentre os fatores de funcionalidade devem apresentar: dispersibilidade; reidratação e solvatação; solubilidade a determinadas temperaturas, pH e força iônica; habilidade de sofrer interações controladas para proporcionar viscosidade, estabilidade e estrutura de gel; habilidade de coagular, assim como fornecer estrutura e textura a produtos de padaria e bolos; funções como surfactantes para estabilizar emulsões e espuma; fornecer elasticidade, coesão e adesão a alimentos; possuir estabilidade ao calor para uso em produtos alimentícios pasteurizados e esterilizados.

2.4 Propriedades funcionais dos concentrados protéicos de soro

A maneira como a proteína interage com os outros componentes do alimento e com ela mesma é que determina sua funcionalidade. Estas interações requerem que a proteína esteja livre para mover-se através do sistema ou para alterar sua estrutura, de maneira tal que permita sua interação com os outros componentes. Geralmente, para que isto aconteça, é necessário que uma dada energia seja fornecida ao sistema, para garantir uma mistura adequada. Esta energia pode alterar a natureza física da molécula da mistura, por exemplo, a diminuição do tamanho dos glóbulos de gordura, e também mudar a conformação molecular da proteína (MANGINO, 1984).

WIT (1989) e MORR e HA (1993) definem as propriedades funcionais das proteínas do soro como manifestações de suas propriedades físico-químicas, as quais contribuem para características específicas em produtos alimentícios, relacionadas com sua superfície ativa como ligação de água, solubilidade, dispersibilidade, viscosidade, gelatinização, e com suas propriedades hidrodinâmicas, afetadas pela forma e tamanho das macromoléculas e de seus complexos macromoleculares. Ao contrário ,

as propriedades de superfície ativa são influenciadas pela proporção e sequência dos resíduos de aminoácidos hidrofóbicos e hidrofílicos e pela flexibilidade da cadeia.

Já, PANYAM e KILARA (1996) chamam de propriedades funcionais das proteínas as propriedades físico-químicas que governam sua performance e comportamento em sistemas de alimentos durante a preparação, processamento, armazenamento e consumo, sendo influenciadas pela natureza e extensão das interações das proteínas entre si, com outros componentes e com a água no sistema de alimentos. Citando como fatores que afetam estas propriedades fatores intrínsecos (composição da proteína, mistura de proteínas, rigidez e flexibilidade, hidrofobicidade ou hidrofiliabilidade, carga superficial, concentração de proteína, ponto isoelétrico da proteína), fatores extrínsecos (temperatura, pH, estado de oxidação ou redução, sais, íons, água, carboidratos, lipídeos, gomas, surfactantes, tanino), condições de estocagem e modificações físicas, químicas e enzimáticas.

2.5 Modificações das proteínas do soro

Modificações das proteínas do soro que melhoram ou alteram suas propriedades funcionais, podem ampliar suas aplicações em alimentos. Estas modificações podem ser realizadas por técnicas químicas (acetilação, succinilação, esterificação, amidação, fosforilação e tiolação), enzimáticas ou físicas. As modificações químicas podem induzir a alterações significativas de estrutura e comportamento funcional das proteínas, as enzimáticas ocasionam hidrólise proteolíticas parciais, incorporação de ligações cruzadas dentro da conformação da proteína, ou união de grupos funcionais específicos à proteína. Entre as técnicas físicas que alteram as proteínas do soro estão incluídos o tratamento térmico, a complexação de biopolímeros, a texturização (KESTER e RICHARDSON, 1984), e a aplicação de tecnologia de alta pressão (IAMETTI et al., 1997; GEZIMATI et al., 1997).

2.5.1 Tratamento térmico

O tratamento térmico do soro ao qual é submetido durante seu processamento, ou no curso de sua aplicação como ingrediente, é o fator mais avaliado sobre a

funcionalidade das proteínas do soro. Tratamentos térmicos moderados resultam em desenrolamento da estrutura das proteínas (NIELSEN et al. 1973; MORR, 1975; RUEG et al., 1977) . A altas temperaturas, dependendo da composição ocorre agregação (SAWYER, 1968; MORR, 1975; BERNAL e JELEN, 1985). Processamento térmico de proteínas do soro podem levar a uma variedade de ingredientes modificados, dependendo das condições usadas durante o tratamento (BRITTEN e GIROUX, 1994).

Estudando o efeito dos tratamentos térmicos nas proteínas do soro de leite de vacas WIT e KLARENBECK (1983) concluíram que a estrutura e solubilidade das proteínas são governadas por efeitos de temperatura, pH e composição. Abaixo de 150°C distinguíram três faixas de temperatura para o comportamento das proteínas: (1) entre 40-60°C causam mudanças físico-químicas como associações hidrofóbicas e desdobramentos parciais observados principalmente por alterações de solubilidade e formação de espuma; (2) entre 60-100°C provocam modificações físico-químicas irreversíveis induzidas pela desnaturação das proteínas, resultando na mudança de propriedades durante o tratamento térmico, depois de pequenas variações de pH; (3) entre 100-150°C levando a alterações químicas irreversíveis como a reação de Maillard e a quebra de cisteína, com conseqüências funcionais desconhecidas.

A ordem de susceptibilidade das proteínas do soro do leite de vacas à desnaturação térmica tem sido reportada como sendo Ig>BSA> β -Lg> α -La. Comparativamente, poucas informações estão disponíveis sobre o nível de sensibilidade térmica das proteínas do soro de leite de cabras. LAW (1995) utilizou permeação em gel (FPLC) para estudar o conteúdo e composição das proteínas do soro de leite de vacas, cabras e ovelhas, e para determinar a velocidade de desnaturação das proteínas do soro individualmente, nas três espécies, e verificou que o conteúdo das proteínas do soro de leite de cabras foi de 11.5% para Ig, 12.8% para SA/Lactoferrina, 54.2% para β -Lg e 21.4% para α -La, e que independente do maior ou menor nível de desnaturação, elas apresentaram a mesma ordem de sensibilidade à desnaturação térmica que as proteínas bovinas. Entretanto, diferenças foram observadas com relação a velocidade de desnaturação das proteínas do soro das três espécies. A 70°C, para tempos entre 0.25-30 minutos, a velocidade de desnaturação das proteínas do soro de leite de

vacas e ovelhas foi semelhante e maior que a de cabras. A 80°C, por pequenos períodos, a velocidade apresentou a seguinte ordem: ovina>caprina>bovina. A 90°C as diferenças entre as espécies foram pequenas.

MANGINO et al. (1987) e MORR (1987) estudando o efeito do calor durante o processamento dos concentrados protéicos de soro sobre a sua funcionalidade, constataram que a pasteurização do soro (HTST) não correlacionou-se significativamente com as propriedades funcionais como solubilidade, formação e estabilidade de espuma, emulsificação e gelatinização.

2.5.2 Tratamento enzimático

Enzimas proteolíticas têm sido muito utilizadas para melhorar a funcionalidade de uma série de proteínas em alimentos. A hidrólise das ligações peptídicas pode resultar no aumento do número de grupos carregados e hidrofiliidade, decréscimo no peso molecular e alteração na configuração molecular. Geralmente, com o aumento do grau de hidrólise um aumento da solubilidade e decréscimo na viscosidade são constatados. Outros fatores são freqüentemente observados e incluem alterações na propriedade gelatinizante, aumento da estabilidade térmica, aumento na habilidade de formação de espumas e capacidade emulsificante e decréscimo na estabilidade das espumas e emulsões formadas (NAKAI e LI-CHAN, 1989). As propriedades dos hidrolisados são dependentes do tipo de enzima usado, do grau de hidrólise (GH), das condições do meio e do tratamento do substrato (BRITTEN e GIROUX., 1994).

As proteínas globulares são caracterizadas pelas estruturas secundária e terciária envolvendo ligações dissulfídicas e interações hidrofóbicas entre resíduos de aminoácidos dentro de uma molécula ou entre moléculas. A hidrólise enzimática das proteínas é acompanhada por três efeitos distintos: diminuição do peso molecular, aumento do número de grupos ionizáveis e exposição de grupos hidrofóbicos até então ocultos (PANYAN e KILARA, 1996).

JOST e MONTI (1977) verificaram que a hidrólise enzimática parcial das proteínas do soro com tripsina aumenta a solubilidade da proteína em água e torna as proteínas

insolubilizadas pelo calor completamente solubilizadas pela ação da tripsina. Concentrados protéicos de soro hidrolisados com tripsina foram estáveis ao aquecimento a 134°C por cinco minutos, tendo boa propriedade emulsificante (MODLER, 1985).

SCHMIDT e POLL (1991) hidrolisaram as principais proteínas do soro de leite de vacas, a α -La e a β -Lg, com diferentes enzimas (serina proteases, cisteína proteases e metaloproteases) e observaram que a ação das mesmas enzimas em ambas as proteínas diferiu e foi demonstrado ser dependente da composição do meio (por exemplo a presença de cálcio), temperatura de incubação e grau de desnaturação da proteína. A α -La é rápida e parcialmente hidrolisada pela tripsina enquanto a β -Lg não. A β -Lg diminui com o aumento do tempo de hidrólise mas os peptídeos resultantes são aparentemente pequenos para permanecerem no gel.

De acordo com SATO et al. (1995 e 1996) as soluções de isolados protéicos de soro desnaturadas pelo calor podem formar gel depois da digestão proteolítica a 37°C com tripsina, pronase, papaína e protease. A gelatinização induzida pela digestão proteolítica foi considerada resultante da hidrólise de agregados solúveis e da interação entre eles. Descobriram também que ocorre agregação preferencial da β -Lg durante o aquecimento a 90°C por 10 minutos de hidrolisados tripticos de isolados protéicos de soro, e que embora não tenha ficado claro nesses estudos, assumiram que as ligações dissulfídicas e os grupos tiol exercem importante papel na agregação.

No estudo do efeito da hidrólise enzimática sobre a microestrutura de géis formados de soluções de isolado protéico de soro com 12% de proteína a pH 7, OTTE et al. (1996) verificaram que, como esperado, os géis formados das soluções protéicas não hidrolisadas quando a pH 3 e 7 e, particularmente a pH 5,2, apresentaram-se como finas estruturas, e que os tratamentos enzimáticos (tripsina, neutrase, protease de *Bacillus licheniformes*) causaram alterações na microestrutura, pequenas a pH 3, marcantes a pH 5,2 e fortes a pH 7. Sendo, portanto, a hidrólise limitada uma maneira de mudar a microestrutura dos géis a pH fracamente ácido e neutro, mudanças estas necessárias para a produção de muitos alimentos.

2.6 Solubilidade dos concentrados protéicos de soro

As moléculas de água tendem a associar-se através de redes de ligações tipo ponte de hidrogênio. Quando as moléculas do soluto são dispersas em água sua solubilidade dependerá de que a energia livre de interação soluto-solvente seja menor do que a necessária para separar soluto-soluto e solvente-solvente (MANGINO, 1984).

A determinação da solubilidade das proteínas é usada, segundo KINSELLA (1976), para selecionar as condições ótimas para extração de proteínas de fontes naturais, servindo também como índice para aplicação e limitação do potencial dessas proteínas, oferecendo ainda informações para o estudo dos efeitos dos tratamentos térmicos que podem afetar as aplicações reais e potenciais das mesmas.

Para CHEFTEL et al. (1989), a solubilidade das proteínas em água depende de vários fatores como o pH, força iônica, tipo de solvente e temperatura. Como as proteínas em pH outro que não o isoelétrico, apresentam carga positiva ou negativa, as moléculas reagem com essas cargas aumentando a solubilidade das mesmas. Com relação à força iônica, sabe-se que a solubilidade das proteínas é aumentada na presença de soluções salinas neutras em concentrações de 0.5 e 1 M, fenômeno conhecido como "salting in". Em concentrações salinas acima de 1M o fenômeno é inverso e ocorre a precipitação das proteínas ("salting out").

Dentre os vários termos utilizados para designar a solubilidade das proteínas encontramos: proteínas solúveis em água (WPS), proteínas dispersas em água (WDP), índice de dispersibilidade da proteína (PDI) e índice de solubilidade do nitrogênio (NSI). MORR et al. (1985 a) padronizaram uma metodologia para determinação da solubilidade protéica pela modificação do NSI, visando sua aplicação a inúmeros produtos protéicos e a eliminação dos erros quando o método é usado por diferentes laboratórios.

MUTILANGI e KILARA (1985) estudando a solubilidade de um concentrado de soro de leite de vaca tratado termicamente, obtiveram solubilidade mínima de 40% a pH 4.6 e

máxima de 91% a pH 7, relatando valores de solubilidade relativamente altos em toda a faixa de pH estudada.

RINN et al. (1990) produziram nove concentrados protéicos de soro e os submeteram a diferentes pré-tratamentos, obtendo valores de solubilidade que oscilaram entre 91.3 a 101.6% a pH 3 e entre 96-100.3% a pH 7.

A solubilidade das proteínas do soro tratadas termicamente foi estudada por diferentes pesquisadores (HIDALGO e GAMPER, 1977; LI-CHAN, 1983; WIT e KLARENBECK, 1984; BEUSCHELL et al. 1992a), que concluíram que o aumento da temperatura e pH, diminuem a solubilidade destas proteínas.

2.7 Capacidade gelatinizante dos concentrados protéicos de soro

O mecanismo de gelatinização de proteínas globulares proposto por FERRY (1948) é, segundo CLARK e LEE-TUFFNELL (1989), pioneiro e envolve dois estágios: proteína nativa → proteína desnaturada → associação, sendo esses géis redes formadas pela associação que ocorre em partes ao longo da molécula, em vez de pontos de atração fortemente separados, sendo essencial um balanço entre forças atrativas e repulsivas para a formação de géis estáveis.

Os concentrados protéicos de soro de leite têm despertado o interesse de indústrias de alimentos pelo valor nutritivo e pelas propriedades funcionais e principalmente pela sua habilidade, sob condições adequadas, de formar géis induzidos pelo calor (LEE et al. (1980), KORNHORST e MANGINO (1985), MULVIHILL e KINSELLA (1988), KUHN e FOEGEDING (1991a e 1991b), TANG et al. (1993), TAYLOR et al. (1994) e SATO et al. (1995).

BEVERIDGE et al. (1984) dividiram em três as fases do processo de gelatinização dos concentrados protéicos de soro: 1ª fase - desenvolvimento de turbidez nos primeiros 3-10 minutos de aquecimento, resultando na formação de agregados esféricos provavelmente decorrentes de interações hidrofóbicas modificadas pelas cargas da molécula protéica; 2ª fase - onde ocorrem mudanças nos grupos

sulfidrilas/disulfídicos e oxidação de sulfidrilas, fortalecendo os agregados e talvez aumentando a aderência entre eles; 3ª fase - súbito aumento da elasticidade que ocorre com o resfriamento devido a rápida formação de pontes de hidrogênio, causando acentuado aumento da rigidez dos agregados.

Géis protéicos são compostos por uma rede tridimensional na qual ocorrem associações proteína-proteína ordenadas e formando uma matriz que efetivamente retém um grande volume de água KORNHORST e MANGINO (1985), ZIRBEL e KINSELLA (1988) e MANGINO (1992). Se a rede é fraca, a viscosidade aumentará mas o fluxo do fluido será possível e o gel não se forma. Por outro lado, se as interações proteína-proteína são muito fortes, a rede colapsará e a água será expelida da estrutura. Um balanço entre as forças atrativas necessárias para manter a rede e repulsivas para prevenir o colapso é requerido para a formação do gel (MANGINO, 1992).

Segundo AGUILERA (1995) as proteínas globulares possuem uma única conformação no estado nativo (N) e são transformadas sob certas condições (por exemplo o uso do calor) para o estado desnaturado (D) ou aberto. A obtenção de um estado de gel (G) nas proteínas globulares parece envolver transições (T) entre o estado nativo e um estado agregado (A). A seqüência de eventos dá origem às seguintes reações para a formação de gel induzido pelo calor: Fase I : $N \rightarrow D$; Fase II: $D \rightarrow A$; Fase III: $A \rightarrow T$ (cachos ou fios de agregados); Fase IV: $T \rightarrow G$.

As propriedades gelatinizantes das proteínas do soro dependem de inúmeros fatores tais como concentração da proteína, temperatura, método de isolamento da proteína, pH, concentração de sais, presença de lipídeos e lactose (MULVIHILL e KINSELLA, 1987; MORR, 1992). Estudando suspensões de concentrados e isolados protéicos de soro tratadas com diálise e/ou ácido etilenoglicol-bis/(beta-aminoetileter)N,N,N',N'-tetraacético (EGTA), KUHLE e FOEGEDING (1991b) observaram que o tratamento removeu a diferença de força do gel entre os produtos analisados. A remoção de cálcio livre pela diálise ou a redução na sua disponibilidade pela quelatação (EGTA), pode ter sido responsável. Existe provavelmente um nível ótimo de cálcio para a formação do gel, mas isto depende do sistema. BEUSCHEL et al. (1992b) verificaram

que o calor utilizado durante a preparação de concentrados protéicos de soro influencia sua propriedade gelatinizante, e pode levar ao aumento da textura e rendimento, quando utilizados em produtos cárneos processados próximos a 65°C.

Nos concentrados protéicos de soro, a β -Lg é a principal fonte de grupos sulfidrilas e é lógico que a concentração desta proteína deve ser relacionada com a capacidade gelatinizante destes concentrados (ZIEGLER e FOEGEDING, 1990) e com a força do gel (MANGINO, 1992).

LANGLEY e GREEN (1989) estudaram o efeito das forças de compressão e impacto em géis de proteína fracionada de soro em relação a composição e microestrutura, e verificaram que com o decréscimo do conteúdo de β -Lg, a estrutura dos géis muda de uma fina rede para uma grossa rede de grandes agregados. Essa fina rede resultando de um alto grau de interligações entre moléculas, que por sua vez, determina a elasticidade e força do gel. Em geral, a rede se rompe pela quebra de fios nos pontos fracos, pontos estes que foram evidentes entre os agregados protéicos fracos, mas que ocorrem aleatoriamente nos géis fortes. Por isso, os géis fracos apresentaram-se mais quebradiços.

A menor concentração de proteína necessária para a formação de um gel pode ser usada como uma medida da sua capacidade gelatinizante, tendo na concentração da proteína e nas condições de aquecimentos usadas na obtenção do gel, os fatores que mais influenciam as características de textura do mesmo. SCHMIDT et al. (1978) verificaram que o aumento da concentração de proteína leva ao aumento da força dos géis e que concentrações iguais ou maiores que 7.5% são requeridas para obtenção de géis fortes, e indicam a faixa de 2.5 a 5% para a mínima concentração de proteína que forma gel quando o mesmo é submetido a temperatura de 100°C durante 10 minutos.

Para BEUSCHEL et al. (1992b) a força e a percentagem de umidade espremível de géis de concentrados protéicos de soro com 80 e 98% de solubilidade não foram diferentes ($p < 0.05$) no pH 6,7 e 8, e a dureza do gel aumenta com o aumento da concentração de proteína.

No estudo do comportamento de géis de concentrados protéicos de soro induzidos pelo calor frente a diferentes valores de pH, SCHMIDT et al. (1978) constataram que o aumento do pH de 7 para 9 diminui a força do gel dos concentrados protéicos de soro. DUNKERLEY e ZADOW (1981) observaram que géis de concentrados protéicos, oriundos de soro proveniente da precipitação ácida da caseína e de queijo "Cheddar", submetidos a pré-tratamento a 72°C/15s, apresentaram-se firmes a pH 5 e 8, mas com menor firmeza a pH 3. Quando o pré-tratamento foi 80°C/15s os concentrados de queijo "Cheddar" apresentaram-se menos firmes a pH 3 e 5, e com boa firmeza a pH 8. Os géis obtidos de concentrados de soro resultantes da precipitação ácida da caseína apresentaram firmes a pH 5, havendo redução da firmeza a pH 3 e 8. Trabalhando com géis de concentrados protéicos de soro formados após aquecimento a pH 6, SCHMIDT et al. (1984) constataram que estes se apresentaram mais coagulados e menos elásticos do que os formados a pH 7 e 9, e que a força do gel decresce com o aumento do pH da solução de 7 para 10. MANGINO et al. (1987) baseados em trabalhos de vários pesquisadores e em seus próprios dados, explicaram a força de géis de concentrados protéicos de soro com 10% de proteína e pH 8, como sendo decorrente do conteúdo de β -Lg e da alta reatividade dos grupos SH neste pH, e que a baixos valores de pH, os géis apresentaram uma aparência semelhante a um coágulo, e que nestas circunstâncias a quantidade de proteína agregada e as interações hidrofóbicas são mais importantes para prever a força do gel. Para ZIRBEL e KINSELLA (1988) as proteínas do soro formam géis viscoelásticos quando aquecidas sob certas condições, entretanto algumas preparações formam coágulos em vez de géis viscoelásticos verdadeiros. MANGINO (1992) verificou que acima do pH 7,5 os géis são translúcidos e viscoelásticos, apresentando-se opacos e menos viscoelásticos abaixo do pH 7,5. TANG et al. (1995) observaram que géis brancos são formados na faixa de pH entre 4 - 6, e que abaixo e acima desses valores géis de fios finos transparentes são formados. AGUILERA (1995) menciona que para géis de proteínas globulares existe transição opaco $\rightarrow$ transparente, e que isolados e concentrados protéicos de soro formam géis opacos no pH intermediário e com alta força iônica, e que a faixa de pH da transição pode ser mais ampla que para géis de β -Lg pura.

Os grupos sulfidrilas (SH) e disulfídicos (S-S) têm sido relacionados como importantes grupos funcionais de proteínas alimentares (BEVERIDGE et al., 1974) e que desempenham um papel primordial na gelatinização de proteína induzida pelo calor. As ligações covalentes de moléculas protéicas podem ser formadas pela oxidação de grupos SH em ligação S-S e/ou por reações de troca S-S induzindo a formação de SH. Vários estudos foram realizados mas nenhum deles indica se a rede formada na gelatinização depende de uma ou da outra reação (SHIMADA e CHEFTEL, 1989). O efeito dos grupos sulfidrilas na força dos géis é fortemente dependente do pH. Nos valores abaixo do pH 7 o conteúdo de grupos sulfidrilas exerce pequeno efeito. Nos pHs altos este efeito torna-se significativo (KOHNHORST e MANGINO (1985), MANGINO et al. (1987), MANGINO (1992) e TANG et al. (1995)).

No soro, as estruturas globulares nativas da β -Lg, α -La, BSA e Ig são estabilizadas por ligações disulfídicas intramoleculares, no caso da β -Lg, α -La e BSA, 2, 4 e 17, respectivamente. Além disso, β -Lg e BSA possuem cada uma delas um grupo sulfidrilas livre. Tratamentos que desestabilizem e provoquem a abertura da estrutura nativa das proteínas do soro, facilitam o aumento das interações proteína-proteína entre elas, e levam a trocas intra ou intermoleculares tiol/disulfídicas (SH/S-S) ou a reações de oxidação (SH/SH). Polimerizações disulfídicas das proteínas do soro têm ocorrido em resposta ao aquecimento, ao aumento de pH e ao tratamento com uréia e agentes redutores (MONAHAM et al., 1995).

HARDHAM (1981) desenvolveu um método específico para determinação do conteúdo de sulfidrilas em concentrados protéicos de soro, usando o reagente de Ellman. Para reduzir o efeito da turbidez desenvolvida por amostras de concentrados menos solúveis, centrifugação e filtração foram testadas para clarificar as amostras, e um maior sucesso foi obtido com filtração em membranas Millipore imediatamente antes da leitura da absorbância. O valor médio da curva de absorbância a 540nm contra 412nm foi de 2.248, com intercepto Y de 0.007. Em triagem semelhante, usando tampão TRIS-GLI contendo uréia 8M para determinação de SH total, o valor médio da curva de absorbância foi de 2.366 com intercepto Y de 0.007. A aplicação dessas correções tem um efeito substancial nos valores dos resultados obtidos com soluções

turvas. Como resultado, tem favorecido correlações úteis entre conteúdo sulfidril e outros parâmetros envolvendo propriedades funcionais dos concentrados.

Em 1987, LIAO e MANGINO analisando a composição e propriedades físico-químicas e funcionais de concentrados ácidos de proteínas do soro, reportaram para conteúdo de grupos sulfidrilas livres em $\mu\text{M SH/g}$ valores que oscilaram entre 7.04 e 30.1. Já em 1992, LEE et al. apresentaram para isolados protéicos de soro valores entre 17.7 $\mu\text{M SH/g}$ a pH 8 e 65°C e 28.5 $\mu\text{M SH/g}$ a pH 7 e 55°C.

Em géis de isolados protéicos de soro induzidos pelo calor a polimerização das proteínas via ligações disulfídicas intermoleculares (S-S) foi dependente do pH das soluções e temperatura. A medida do conteúdo de sulfidrilas totais das soluções gelatinizadas revelaram que no pH 9 e 11 ocorreram significantes oxidações de SH-SH para S-S, mesmo à temperatura ambiente. Ao contrário, nos pH 3 e 5 o conteúdo de SH não mudou com o aquecimento, indicando que predominaram as reações de polimerização SH/S-S em vez de oxidação SH/S (MONAHAM et al., 1995).

Baseados na relação força de ruptura do gel e nível total de sulfidrilas, KALESKIND et al. (1995) confirmaram que ligações disulfídicas são importantes na gelatinização, e que outros componentes como lipídeos, lactose, cálcio e sódio interagem simultaneamente afetando a formação do gel.

URBIENÉ e LESKAUSKAITÉ (1996) investigaram as mudanças no conteúdo de grupos sulfidrilas em um concentrado protéico de soro e em misturas de leite com concentrado, provocadas por fatores tecnológicos como pH e temperatura, e verificaram que a concentração mínima de grupos SH foi encontrada a pH 4. O aumento do pH resultou em proporcional aumento do conteúdo sulfidrilas nas soluções do concentrado. O decréscimo do conteúdo a pH 4 pode ter sido resultante da formação de octômeros da proteína.

2.8 Textura dos géis dos concentrados protéicos de soro

Um dos principais fatores de qualidade de um alimento é sua textura. SZCZESNIAK (1963) definiu textura como a composição de elementos estruturais do alimento e a maneira pela qual ela é indicada pelo sentido fisiológico. Sendo o termo “elementos estruturais” usado para se referir à estrutura microscópica e molecular, tanto quanto à estrutura macroscópica, que pode ser sentida visualmente. Estas características podem ser agrupadas em três classes: características mecânicas (dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade, adesividade); características geométricas (aquelas relacionadas ao tamanho e forma das partículas e àquelas referentes a forma e orientação); e outras características como aquelas que relatam a percepção de conteúdo de umidade e de gordura de um alimento.

Numerosos métodos para medir objetivamente as propriedades de textura de um alimento são classificados com base na variável ou variáveis que são usadas na medida. Métodos de medida física são classificados sob o título de medida de força, de distância, de tempo, de energia, de proporção, medida múltipla e instrumentos de variáveis múltiplas. A grande variedade dos métodos serve para enfatizar os inúmeros problemas que o tecnologista de alimentos encontra para medir a textura de alimentos por métodos objetivos. O perfil de textura para sólidos requer a medida de três diferentes forças (dureza, fraturabilidade e gomosidade), duas de trabalho (adesividade e mastigabilidade), uma de distância (elasticidade) e uma de proporção (coesividade) (BOURNE, 1966).

Devido à semelhança entre a aplicação de força do texturômetro e o processo de mastigação, ele tem sido usado para ampliar a classificação desenvolvida para as características de textura instrumental. O texturômetro é um instrumento de gravação e as curvas força/tempo traçadas refletindo o movimento de mastigação do êmbolo na amostra, foram interpretadas em termos dos parâmetros mecânicos de dureza, coesividade, fraturabilidade, adesividade e elasticidade. Sendo as características mastigabilidade e gomosidade derivadas matematicamente dos valores de dureza e coesividade. A descrição resultante da análise no texturômetro dá uma “impressão

digital" das características texturais do alimento (SZCZESNIAK , 1975, BOURNE, 1978).

As características de textura de géis de proteínas do soro são normalmente medidas através de testes de compressão ou penetração. O analisador de textura TA-XT2 mede força, distância e tempo, dando uma análise tridimensional do produto. Esses parâmetros quando quantificados permitem especificar as características de dureza, adesividade, coesividade e elasticidade, fornecendo o perfil de textura dos géis.

2.9 Comportamento eletroforético das proteínas do soro

Eletroforese em gel de poliacrilamida com dodecilsulfato de sódio (SDS-PAGE) é uma técnica muito utilizada para a separação efetiva de proteínas e para a determinação de seus pesos moleculares. Nesta técnica as proteínas são desnaturadas pelo detergente SDS e o gel de SDS-PAGE equilibrado com uma solução tampão contendo SDS, que então são submetidas a um campo elétrico onde os peptídeos-SDS carregados negativamente movem-se para o ânodo a uma velocidade que depende do seu peso molecular (SVASTI e PANIJAN, 1977).

SCHÄGGER e VON JAGOW (1987) desenvolveram modificações na técnica eletroforética SDS-PAGE usando tricina no lugar de glicina como carregador de íons, permitindo a resolução de pequenas proteínas, a baixas concentrações de poliacrilamida. Uma resolução superior das proteínas especialmente as pertencentes a faixa de 5-20 KDa foi obtida sem o uso de uréia. Proteínas com peso molecular acima de 30 KDa são logo separadas dentro do gel da amostra. Assim, uma passagem suave das proteínas da amostra pelo gel de separação é garantida, e o efeito de sobrecarga é reduzido. Isso é de especial importância quando grandes quantidades de proteínas estão para serem carregadas no gel preparatório. A omissão de glicina e uréia previnem distúrbios que podem ocorrer no uso da subsequente sequência de aminoácidos.

A técnica de eletroforese SDS-PAGE tem sido utilizada por vários pesquisadores para monitorar as desnaturações sofridas pelas proteínas do soro durante o processamento.

Trabalhando com concentrados protéicos produzidos a partir de soro obtido da produção de caseína ácida (com e sem pasteurização) e de queijo "Cheddar" (com e sem pasteurização), MORR (1985) conduziu análise do perfil eletroforético (SDS-PAGE) e verificou que os mesmos apresentaram concentração e componentes protéicos semelhantes, com uma proteína em maior quantidade com peso molecular na faixa de 20-30 KDa. Revelaram também três bandas adicionais com alto peso molecular, as quais podem indicar se tratar de imunoglobulinas ou proteínas agregadas. O concentrado padrão utilizado apresentou várias bandas adicionais confirmando observação de que estas proteínas sofreram importante agregação/desnaturação. Dando seqüência aos estudos sobre o efeito da pasteurização (HTST) sobre os concentrados protéicos de soro MORR (1987) constatou através da análise eletroforética que o referido tratamento não causou alterações marcantes sobre as proteínas dos concentrados.

Em 1989, KIM et al. estudando a composição e funcionalidade de concentrados protéicos de soro obtidos por ultrafiltração/diafiltração/spray dryer com/sem pré-tratamento, que constou da adição de cloreto de cálcio com ajuste de pH para 7,3, com ligeiro aquecimento a 50°C por oito minutos e remoção do precipitado insolúvel, usaram a eletroforese para acompanhar as mudanças na concentração das principais proteínas do soro e verificaram que esta técnica não foi efetiva como a técnica HPLC para monitorar as alterações de concentração das proteínas.

MORR e FOEGEDING (1990) trabalhando com oito concentrados protéicos de soro (72-76.6% de proteína) e analisando-os com relação ao perfil eletroforético em SDS-PAGE usando géis com gradiente de 9 -18% de acrilamida, constataram diferenças qualitativas na composição protéica, alguns apresentando zonas pouco resolvidas ora entre a β -Lg e α -La ora entre β -Lg e BSA, variações essas decorrentes das condições de processamento e dos tratamentos sofridos pelos concentrados.

Em concentrados protéicos de soro obtidos por tratamentos oriundos de combinações de tempo x temperatura, BEUSCHEL et al. (1992 a) observaram na análise eletroforética (géis com 14.5% de acrilamida) a presença de bandas protéicas com pesos moleculares de 13.700, 17.200, 34.000, 57.500, 63.000 e 70.600 Daltons, sendo a proteína com 63.000 Da identificada como BSA, as bandas de peso 70.600 e 57.600 como formas monoméricas de imunoglobulinas, as proteínas com 17.100 e 13.700 como β -Lg e α -La. A banda com 34.000 Da tratando-se provavelmente da β -Lg na sua forma de dímero.

Usando SDS-PAGE, SATO et al. (1995) analisaram o efeito da hidrólise enzimática (pepsina, protease, pronase, papaína e tripsina) sobre a solução de isolados protéicos de soro, e verificaram a presença de duas bandas com pesos moleculares de 14.400 e 18.000, as quais corresponderam a α -La e β -Lg, que apresentaram menor intensidade após tratamento enzimático. Muitos peptídeos dos hidrolisados tinham peso molecular menor que 12.000, exceção feita aos tratados com pepsina, que foram semelhantes ao do isolado não digerido.

Na análise do efeito da hidrólise triptica no sobrenadante e precipitado de hidrolisados de isolados protéicos de soro através de SDS-PAGE, utilizando géis com 16% de poliacrilamida, SATO et al. (1996) demonstraram que a β -Lg foi a principal proteína no precipitado, enquanto que o sobrenadante continha tanto α -La como β -Lg. A eletroforese conduzida sob condições reduzidas indicou que as proteínas do soro no sobrenadante e precipitado foram incapazes de entrar no gel de separação, indicando que o peso molecular destes agregados foi maior do que 10^6 Daltons. Estes resultados indicam que o tratamento com tripsina induz preferencialmente a agregação da β -Lg e que os agregados resultantes foram formados por reações sulfidril-disulfídicas.

GUO et al. (1995) estudando a susceptibilidade da β -Lg à hidrólise com pepsina e tripsina usando SDS ou URÉIA-PAGE observaram que a β -Lg nativa foi resistente a hidrólise por causa de sua estrutura globular compacta. Tratamentos térmicos das soluções de β -Lg a 90° e 100°C por cinco e dez minutos, causaram mudanças na estrutura e configuração da proteína que tornaram-na acessível à pepsina e

aumentaram a extensão da proteólise com tripsina, que também foi aumentada pela presença de 2-mercaptoetanol a 2%.

2.10 Aplicações e usos dos concentrados protéicos de soro

Considerando como principais propriedades funcionais das proteínas do soro a solubilidade ao longo de toda a faixa de pH, a gelatinização quando submetidas a tratamentos térmicos sob condições iônicas e de proteína adequadas, a emulsificação, a estabilização de espuma e a qualidade nutricional, MORR (1979) relatando trabalhos de vários pesquisadores sobre o uso de concentrados protéicos de soro em sistemas de alimentos, menciona que é satisfatória a substituição, a nível de 20%, do concentrado no lugar de sólidos não gordurosos do leite (MSNF), em formulações padrões de sorvete, por contribuir com um sabor cozido e uma alta viscosidade, bem como em todos os efeitos adversos de dureza, plasticidade, cor e gravidade específica do produto final; que sua utilização em produtos de carne aumenta as propriedades de ligação de água e gordura sem afetar negativamente o sabor e as propriedades de textura; que a adição de 4 g de proteínas do soro precipitadas pelo calor por quilo de queijo resulta em decréscimo da firmeza, densidade e dureza do queijo, aumentando suas características organolépticas; incorporação de lactalbumina em produtos de macarrão aumenta seu valor nutritivo sem alterar seu sabor e suas propriedades de textura.

MANGINO (1990) em revisão sobre a aplicação de concentrados protéicos de soro em sistemas de alimentos indica-os: aplicáveis em bebidas ácidas por sua solubilidade no ponto isoelétrico; em sucos de frutas por várias razões: como fortificante, como emulsificante, para aumentar a viscosidade e fornecer turbidez; como substituto do ovo em merengues para formação de espuma; em salsichas por sua capacidade gelatinizante.

3 ESTUDO 1 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. I. OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E SOLUBILIDADE

1 INTRODUÇÃO

O leite de cabras apresenta segundo dados da FIL-IDF (1981) a seguinte faixa de valores para sua composição média: gordura (%) - 3.27 a 6.8; proteína(%) - 3.1 a 5.84; cinzas(%) - 0.51 a 2.76 e lactose(%) - 3.91 a 4.72. A composição do leite de cabra está sujeita a influência de fatores como a raça, o estágio de lactação, o clima, a estação do ano e a alimentação (RAMOS e JUÁREZ, 1981; GRAPPIN, 1986).

MENDES et al. (1988) apresentam os valores de 1029,4, 1031,54 e 1029,76 para densidade em g/cm³; 16,6, 19,2 e 15,0 para acidez em °D; 3,94, 4,08 e 3,66 para gordura(%), para leites de cabra provenientes dos municípios pernambucanos de São Bento da Una, Bezerros e Gravatá. Valores médios de pH estão entre 6,5 e 6,8. A literatura relata para a capacidade tamponante do leite valores que variam, não se conhecendo se é mais baixa ou mais alta que no leite de vaca, JUÁREZ e RAMOS, (1986).

O mercado de leite de cabra no Brasil é segundo STEHLING e SOUZA (1987) muito restrito, principalmente devido ao hábito alimentar da população, ao pequeno e inconstante volume de produção e ao alto preço do leite (em média 3,5 vezes o valor do leite de vaca), o que leva a indústria a ficar receiosa de investir no leite de cabra.

O soro do leite de vacas é um líquido que contém de 4 a 6 g de proteínas por litro. Estas proteínas têm excelente propriedades funcionais e um alto valor nutricional, devido ao seu conteúdo em aminoácidos sulfurados, em lisina e em triptofano. COSSEDU e PISANU (1979) estudando o teor protéico do soro de leite de cabras mencionam valores entre 0,86 e 1,13g/100ml. Nos últimos anos com o desenvolvimento das membranas de ultrafiltração uma nova indústria surgiu para preparar diversos produtos de proteína do soro (MAUBOIS, 1984).

O processo de ultrafiltração utiliza membranas para promover a separação de componentes de um líquido, que pode ser seletiva, com base no peso e tamanho moleculares. Sua utilização na obtenção de concentrados protéicos de soro de leite de vaca tem sido amplamente estudada (McDONOUGH et al., 1971, McDONOUGH et al., 1974, MATTHEWS, 1979, MAUBOIS, 1984, MORR, 1992).

A composição dos concentrados protéicos obtidos dependerá do nível de extração de permeado, que afeta diretamente a relação proteína/lactose. Valores teóricos para redução de volume de 80, 90 e 95%, prevêm concentrados com 36, 53 e 69% de proteína. McDONOUGH et al. (1974), relatam para concentração de proteína nos níveis de extração de permeado mencionados, valores experimentais de 30, 42 e 55%.

A diafiltração que consiste na adição de água e ultrafiltração simultâneas, remove água e solutos de baixo peso molecular, aumentando a concentração de proteína (MORR, 1989).

O estudo da composição e caracterização físico-química do leite de cabra tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (PASKASH e JENESS, 1968; JENESS, 1980; MANOEL PINTO et al. 1984). Outros autores citados por RENEUF (1992), reportam a baixa capacidade do leite de cabra para a produção de queijo quando comparado ao leite de vaca, e demonstram que os principais parâmetros físico-químicos que explicam esta variação seriam: o conteúdo de caseína, a concentração de cálcio total e coloidal, o tamanho médio das micelas de caseína e a relação α -caseína/ β -caseína. Recomendam ainda que a transposição de tecnologias do leite de vaca para o de cabra, deve ser adaptada as suas particularidades, buscando desenvolver produtos e/ou tecnologias próprios para produtos de leite caprino.

A utilização dos métodos de ultrafiltração/diafiltração permite a obtenção de concentrados protéicos de soro com diferente composição química. Segundo MAUBOIS (1984) estes concentrados apresentam as seguintes vantagens: 1. solubilidade em toda faixa de pH; 2. alta capacidade de retenção de água; 3. capacidade gelatinizante e 4. capacidade de formação de espuma.

As cinco principais proteínas do leite de cabras são a β -Lactoglobulina, a α -Lactoalbumina, a κ -Caseína, a β -Caseína e uma caseína que pode ser designada como α_2 Caseína. São assim chamadas porque são semelhantes em composição e propriedades às homólogas do leite de vaca. Das proteínas do soro as mais importantes são a α -Lactoalbumina e a β -Lactoglobulina, sendo também encontradas em pequenas quantidades a soroalbumina, Lactotransferrina, Transferrina, Prolactina e Imunoglobulinas.

JENESS (1980), em revisão feita sobre as características e composição do leite de cabras, descreve a β -Lactoglobulina como tendo uma cadeia com 162 resíduos de aminoácidos, sendo diferente da homóloga bovina em seis posições incluindo os resíduos terminais. O N-terminal Leu da β -Lactoglobulina bovina é substituído pela Ile, o Asp 53 $\rightarrow$ Asn, Asp 130 $\rightarrow$ Lys, Ser 150 $\rightarrow$ Ala, Glu 158 $\rightarrow$ Gly e Ile 162 $\rightarrow$ Val. Assim, a β -Lactoglobulina caprina tem menos três grupos carregados negativamente e mais um grupo carregado positivamente que a bovina, o que explica a diferença que tem sido notada na curva de titulação das duas proteínas e a menor mobilidade eletroforética da β -Lactoglobulina caprina em géis alcalinos. Menciona ainda, a α -Lactalbumina caprina, semelhante a de origem ovina, é isenta de metionina sendo diferente de todas as demais, que contêm de um a três resíduos de metionina. A sua sequência de aminoácidos completa revela doze diferenças, em relação a bovina, na cadeia de 123 resíduos. Uma delas, na posição 10, α -La caprina possui Gln enquanto que a bovina apresenta Arg.

A determinação da solubilidade das proteínas é usada segundo KINSELLA (1976) para selecionar as condições ótimas para extração de proteínas de fontes naturais, servindo também como índice para aplicação e limitação do potencial dessas proteínas, oferecendo ainda, informações para o estudo dos efeitos dos tratamentos térmicos, que podem afetar as aplicações reais e potenciais das mesmas.

A solubilidade das proteínas depende de vários fatores como o pH, força iônica, tipo de solvente e temperatura. Como as proteínas em pH outro que não o isoelétrico, apresentam carga positiva ou negativa, as moléculas de água reagem com essas

cargas aumentando a solubilidade das mesmas. Com relação a força iônica, sabe-se que a solubilidade das proteínas é aumentada na presença de soluções salinas neutras, em concentrações entre 0,5 e 1 M, fenômeno conhecido como "salting in". Em concentração salina acima de 1M o fenômeno é inverso e ocorre a precipitação da proteínas ("salting out") (CHEFTEL et al., 1989).

Dentre os vários termos utilizados para designar a solubilidade das proteínas encontramos: proteínas solúveis em água (WPS), proteínas dispersas em água (WDP), índice de dispersibilidade da proteína (PDI) e índice de solubilidade do nitrogênio (NSI). MORR et al. (1985) padronizaram uma metodologia para determinação da solubilidade protéica pela modificação do NSI, visando sua aplicabilidade a inúmeros produtos protéicos e a eliminação de variações quando o método é usado por diferentes laboratórios.

Considerando a inexistência de pesquisas sobre a funcionalidade de concentrados protéicos de soro de leite de cabra e a similaridade que há entre as proteínas dos soros caprino e bovino, serão comentados os dados disponíveis na literatura sobre concentrados protéicos de soro de leite bovino.

Estudando o efeito dos tratamentos térmicos nas proteínas do soro do leite de vacas WIT e KLAREENBER (1983) concluíram que a estrutura e solubilidade das proteínas são governadas por efeitos de temperatura, pH e composição. Abaixo de 150°C distinguiram três faixas de temperatura para o comportamento das proteínas: (1) entre 40-60°C causam mudanças físico-químicas como associações hidrofóbicas e desdobramentos parciais observados principalmente por alterações de solubilidade e formação de espuma; (2) entre 60-100°C provocam modificações físico-químicas irreversíveis induzidas pela desnaturação das proteínas, resultando na mudança de propriedades durante o tratamento térmico, depois de pequenas variações de pH; (3) entre 100-150°C levando principalmente a alterações químicas irreversíveis como a reação de Maillard e a quebra de cisteína, com consequências funcionais desconhecidas.

MUTILANGI e KILARA (1985) estudando a solubilidade de um concentrado protéico de soro de leite de vaca tratado termicamente, obtiveram solubilidade mínima de 40% a pH 4.6 e máxima de 91% a pH 7, relatando valores de solubilidade relativamente altos em toda a faixa de pH estudada. RINN et al. (1990) produziram nove concentrados protéicos de soros submetidos a diferentes pré-tratamentos e obtiveram valores de solubilidade que oscilaram entre 91,3 a 101,6% a pH 3 e entre 96 a 100,3% a pH 7.

Em 1987, LIAO e MANGINO, analisando a composição e propriedades físico-químicas e funcionais de concentrados ácidos de proteínas do soro, reportaram para conteúdo de grupos sulfidrilas livres em $\mu\text{M SH/g}$, valores que oscilaram entre 7.04 a 30.1. Em 1992, LEE et al., apresentaram para isolados protéicos de soro valores entre 17.7 $\mu\text{M SH/g}$ a pH 8 e 65°C e 28.5 $\mu\text{M SH/g}$ a pH 7 e 55°C.

Analisando a cor de soluções de isolado protéico de soro submetidas a diferentes tratamentos térmicos SCHMIDT e McNEIL (1993) constataram que com o aquecimento as soluções tornaram-se mais luminosas (claras), com menor valor para b, portanto mais azuis, e também com menor valor para a, consequentemente mais verdes.

Este estudo objetivou a elaboração, caracterização e determinação da solubilidade de concentrados protéicos de soro de leite de cabras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria Prima

O leite cru de cabras da raça *Saanen* foi proveniente do Município de Holambra-SP, Foram realizados três processamentos (1, 2 e 3) cada um utilizando 51 Kg de leite de cabras cru.

2.2 Equipamentos usados na obtenção dos concentrados

2.2.1 Pasteurização

Foi realizada em fogão industrial utilizando temperaturas de 63 a 65°C durante 30 minutos.

2.2.2 Ultrafiltração

Utilizou-se uma membrana de ultrafiltração Romicon Hollow Fiber Cartridge, PM 50, fiber e.d. 43, área efetiva 15, máxima temperatura de operação 70°C. Condições de operação: temperatura 30-48°C, pressão das bombas: 0,7 (1) e 1,2 (2) Kgf/cm².

2.2.3 Retirada da gordura

Feita em desnatadeira marca Alfa Laval capacidade 100 litros/h, série MB044.

2.2.4 Congelamento

Em freezer doméstico.

2.2.5 Liofilização

Em liofilizador VIRTIS, cabine modelo 10-MR-TR. Condições utilizadas: temperatura 23-25°C, 948,17 mbar, 28 pol.Hg.

2.2.6 Preparo do inóculo

Em estufa retilínea marca FANEN, modelo 002/2.

2.3 Preparo do Inóculo

Em leite em pó desnatado reconstituído a 11% (500ml) na temperatura de 45°C, foram inoculados 10 ml de cultura láctica (*Streptococcus lactis* + *Lactobacillus bulgaricus*) a 2% e mantida esta temperatura até coagulação ($\pm$ 3 horas), em estufa retilínea. O inóculo foi então conservado sob refrigeração até a hora do processamento.

2.4 Obtenção do Soro

Foi obtido através da fabricação de queijo Minas Frescal (Figura1). O leite de cabra cru foi peneirado e pasteurizado a 63°C por 30 minutos em tachos sob agitação. Posteriormente foi resfriado a 45°C e colocado em um tanque onde foram adicionados: 0.5% de cultura láctica, 250 ppm de cloreto de cálcio e coalho (Ha-la - força 1:16.000)

em pó disperso em água, em quantidades suficientes para promover a precipitação da caseína. Após agitação, foi deixado em repouso por 45 minutos. Com auxílio de liras o coalho foi cortado e submetido a agitação (1') e repouso (3') sucessivamente, até obtenção de massa firme. O soro foi sifonado e peneirado depois de 5-10 minutos de decantação.

2.5 Ultrafiltração

Realizada em sistema batch em membrana de fibras capilares de 50.000 Daltons. A pressão de entrada foi de 1.2 Kgf/cm² e a de saída de 0.7 Kgf/cm². A temperatura oscilou entre 30 e 48°C. O processo foi finalizado quando o volume do retentado atingiu a quantidade mínima permitida para o funcionamento do equipamento. Foram recolhidas amostras do retentado e permeado para dosagem do teor protéico.

2.6 Diafiltração

Foi feita duas vezes consecutivas, acrescentando-se água em volume correspondente ao triplo do do retentado. No processamento 3 realizou-se uma terceira diafiltração.

2.7 Métodos Analíticos

2.7.1 Caracterização do leite de cabras cru, soro magro e retentado

A determinação dos teores de acidez, densidade e gordura do leite cru, soro magro e retentado, obedeceram a metodologia do LANARA (1981). O conteúdo protéico foi obtido através dos métodos 47.021 e 47.023 da AOAC (1980). O teor de lactose foi dosado pelo método do fenolsulfúrico segundo descrição de HADGE e HOFREITER (1962).

2.7.2 Composição centesimal dos concentrados

Foram feitas as seguintes determinações:

- Umidade, proteína, gordura e cinzas segundo os procedimentos da AOAC (1980).
- Lactose pelo método do Fenolsulfúrico de acordo com a metodologia descrita por HADGE e HOFREITER (1962).
- Nitrogênio não-protéico por modificação do método descrito por BECKER et al. (1940).

- Teor calórico: utilizou-se uma bomba calorimétrica PARR 1216, acoplada a uma unidade de refrigeração PARR 1563, com integrador PARR / 755.

2.7.3 Grupos SH total e reativo

De acordo com o procedimento descrito por HARDHAM (1981) para amostras turvas.

2.7.4 Composição em aminoácidos

A mistura de aminoácidos foi obtida por hidrólise ácida com HCL 6N a 110°C por 22 horas. Para a obtenção do conteúdo de aminoácidos utilizou-se o analisador de aminoácidos P4000, com reator PCX3100 (Pickering Laboratories)

2.7.5 Solubilidade dos concentrados

Seguiu-se a metodologia descrita por MORR et al. (1985) onde 0,5 g do concentrado foram pesados em becker e dispersos em 35ml de solução de NaCl 0.1M, homogeneizados e submetidos a agitação magnética durante uma hora, em recipiente contendo gelo picado, ajustando para o pH (2, 4, 5, 7 e 8) desejado com NaOH ou HCl 0.1N, tendo este sido monitorado durante todo o período de agitação, depois do qual a solução foi transferida para balão volumétrico de 50 mL, e o volume completado com a solução de NaCl 0.1M. Em seguida, a solução foi centrifugada a 13.000 rpm durante 30 minutos a 5°C e o sobrenadante foi filtrado em papel de filtro Whatman nº 1. A concentração de nitrogênio total no filtrado foi determinada pelo método de Kjeldahl. A percentagem de solubilidade foi calculada pela fórmula:

$$\% \text{ Sol.} = \frac{[\text{prot.sobndt}] \times 50}{\text{peso amostra} \times \frac{[\text{prot.amostra}]}{100}} \times 100$$

2.7.6 Cor

Um colorímetro COLORQUEST II (Hunter-Lab) foi usado para medir os valores de L (luminosidade), a (vermelho a verde) e b (amarelo a azul) das soluções dos CPSLCs a 3%. As medidas foram feitas em 50 ml das soluções em cubetas de quartzo medindo 5.5 x 5.5 x 2.5 cm.

2.8 Fluxograma de Obtenção dos concentrado (Figura 1)

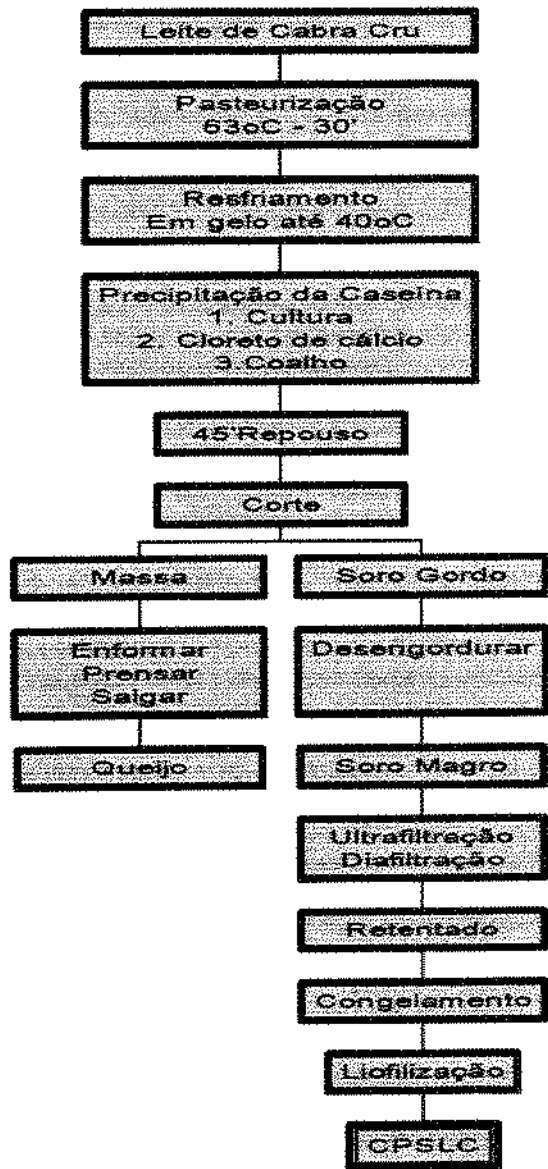


Figura 1. Fluxograma de obtenção dos concentrados protéicos de soro de leite de cabra

3 RESULTADOS

Tabela 1. Quantidade da matéria prima utilizada e dos produtos obtidos durante os processamentos

Processamento	Data	Quantidade (Kg)				
		Leite	Soro Magro	Retentado	Concentrado	Fator de concentração
1	16/04/96	51	41	4.65	0.306	10.97
2	23/04/96	51	41	4.67	0.259	10.92
3	30/04/96	51	37	5.30	0.246	9.62

Tabela 2. Teor de proteína(%) do leite de cabras cru, soro gordo, soro magro, permeado, permeado diafiltrado e retentado

Proc.	Leite	Soro Gordo	Soro Magro	Permeado	Perm. dialf.	Retentado
1	2.95±0.07	0.83±0.01	0.94±0.02	0.27±0.02	0.16	4.02±0.02
2	3.08±0.03	0.97±0.01	0.95±0.01	0.27	0.14±0.01	4.01±0.03
3	3.07±0.01	0.96±0.03	0.98	0.27	0.08±0.01	3.75

Tabela 3. Análises realizadas no leite cru, soro magro e retentado obtidos nos processamentos

Parâmetros	Processamento 1			Processamento 2			Processamento 3		
	Leite	Soro	Retent.	Leite	Soro	Retent.	Leite	Soro	Retent.
Densidade	28.80	-	-	27.80	-	-	28.10	-	-
Acidez °D	17.06	-	-	20.85	16.59	-	16.94	12.10	-
Gordura(%)	3.60	0.01	0.90	3.70	0.01	0.60	3.70	0.01	0.50
Proteína(%)	2.95	0.94	4.02	3.08	0.95	4.01	3.07	0.98	3.75
Lactose(%)	4.46	4.70	1.10	6.49	6.79	1.22	6.60	6.46	0.73

Tabela 4. Composição química média dos concentrados protéicos do soro de leite de cabras(CPSLC) obtidos nos processamentos 1,2 e 3

Parâmetros (%)	CPSLC 1	CPSLC 2	CPSLC 3
Umidade	3.60±0.16	3.64±0.16	3.45±0.14
Proteína (Nt - NNP x6.38)	55.87±0.07	61.84±0.46	72.01±0.30
Gordura	14.14±0.12	9.45±0.14	10.39±0.24
Lactose	26.73±0.22	19.27±0.56	14.23±0.99
Cinzas	3.38±0.03	2.09±0.03	2.30±0.03
Ca ⁺²	0.14±0.02	0.07±0.002	0.39±0.02
Nitrog. Não Protéico	0.92±0.01	1.31±0.01	0.59±0.01
SH _{TOTAL} (μM/g)	10.48±0.25	15.96±0.18	15.02±0.27
SH _{REATIVO} (μM/g)	8.53±0.27	14.31±0.17	12.71±0.19
Teor calórico (Kcal)	543.35±1.20	634.80±5.73	553.56±1.34

Médias obtidas de análise em triplicata a exceção do teor calórico que foi feito em duplicata

Tabela 5. Composição em aminoácidos dos CPSLCs

Aminoácidos (g/100 g)	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
Ácido Aspártico	6.53	6.31	8.35
Treonina	3.97	3.50	5.10
Serina	3.10	2.91	3.60
Ácido Glutâmico	9.68	9.86	12.09
Prolina	4.04	6.19	9.73
Glicina	1.02	1.17	1.14
Alanina	3.50	3.48	4.35
Cistina	0.64	0.90	1.31
Valina	3.21	3.19	4.01
Metionina	0.88	0.98	1.29
Isoleucina	3.17	3.08	4.18
Leucina	4.90	5.45	6.61
Tirosina	1.17	1.29	1.54
Fenilalanina	1.45	1.54	2.21
Lisina	4.66	5.24	6.24
Amônia	0.61	0.57	0.67
Histidina	1.01	1.03	1.67
Arginina	1.47	1.87	1.64

Tabela 6. Percentagem da solubilidade dos CPSLCs em função do pH

pH	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
2	99.35±5.80	99.90±1.52	71.60
4	99.91±0.97	94.32±3.17	71.60±1.31
5	93.16±3.51	95.84±1.76	67.24±0.75
7	99.38±2.92	95.52±2.32	70.73±3.99
8	96.54±2.57	99.40±0.88	72.91±2.27

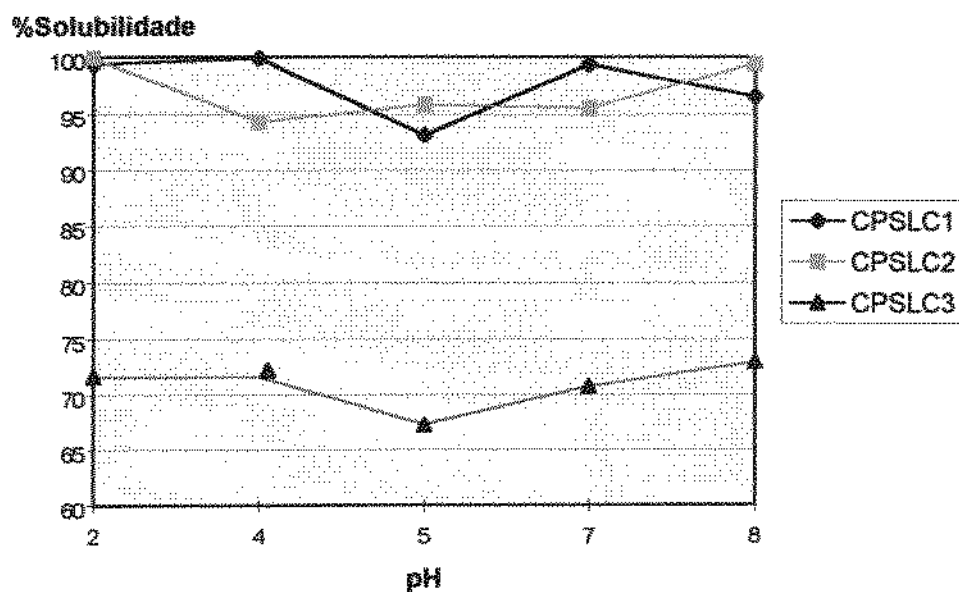


Figura 2. Perfil de solubilidade dos CPSLCs em função do pH

Tabela 7: Cor dos CPSLCs obtida em colorímetro COLORQUEST II através das medidas de L, a e b

	L	a	b
CPSLC1	52.37 a	-2.09 b	0.97 a
CPSLC2	52.53 a	-2.09 a	0.51 b
CPSLC3	51.22 a	-1.99 a	0.16 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

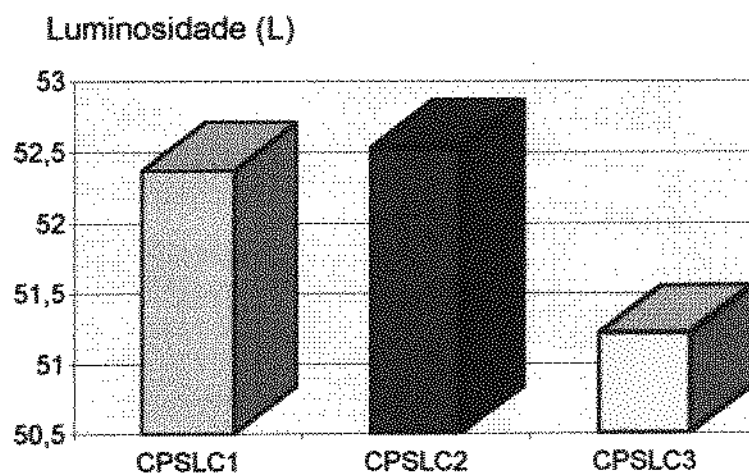


Figura 3. Medida do valor de L das soluções dos CPSLCs obtida em colorímetro COLORQUEST II (Hunter Lab)

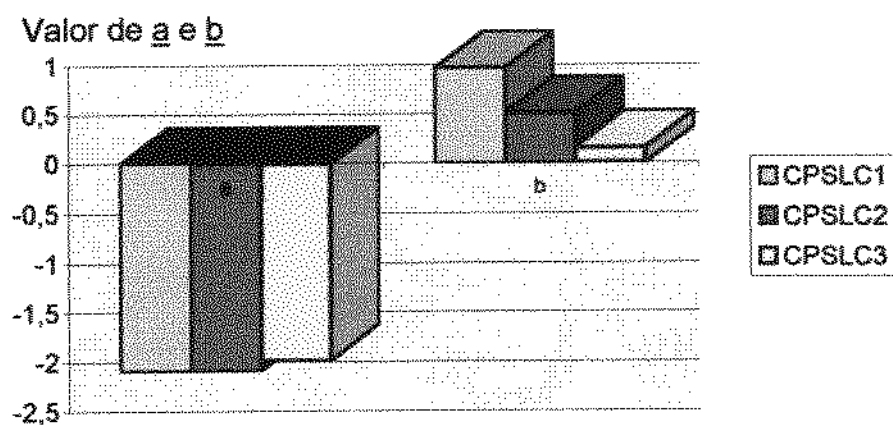


Figura 4. Medida dos valores a e b de soluções dos CPSLCs feita em colorímetro COLORQUEST II (Hunter Lab)

3D Spectral Plot (Reflectance)

S3
S2
S1
SAM Mn/Mx:23/27

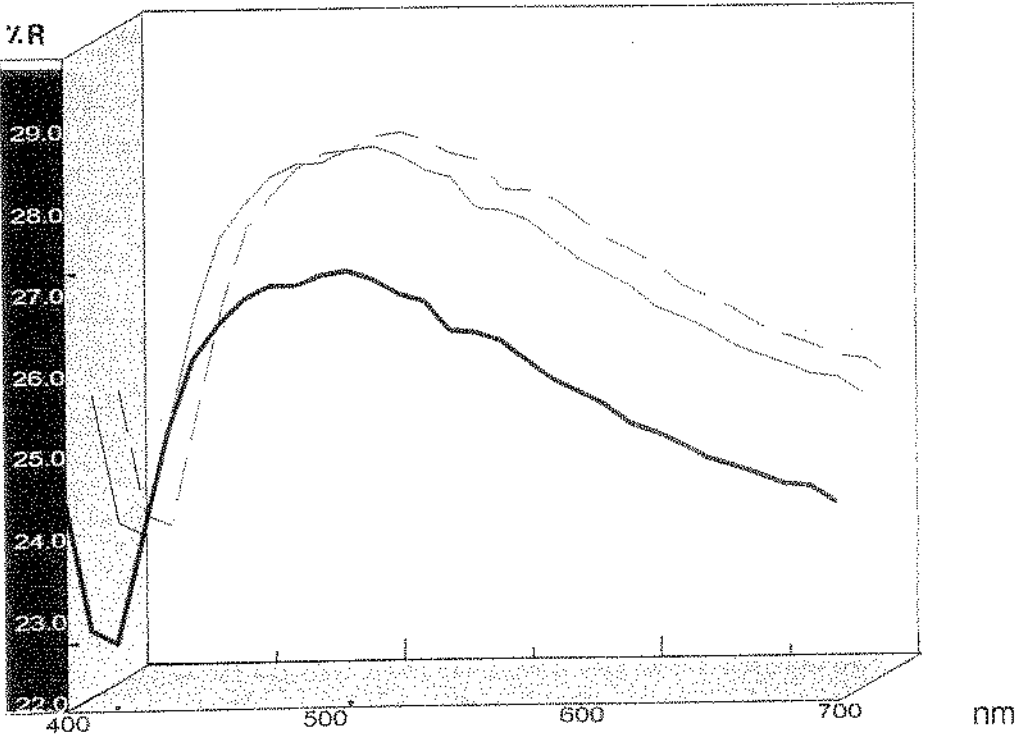


Figura 5. Espectro de Reflectância do CPSLC1 obtido no colorímetro COLORQUEST II

3D Spectral Plot (Reflectance)

S3
S2
S1
SAM Mn/Mx:24/29

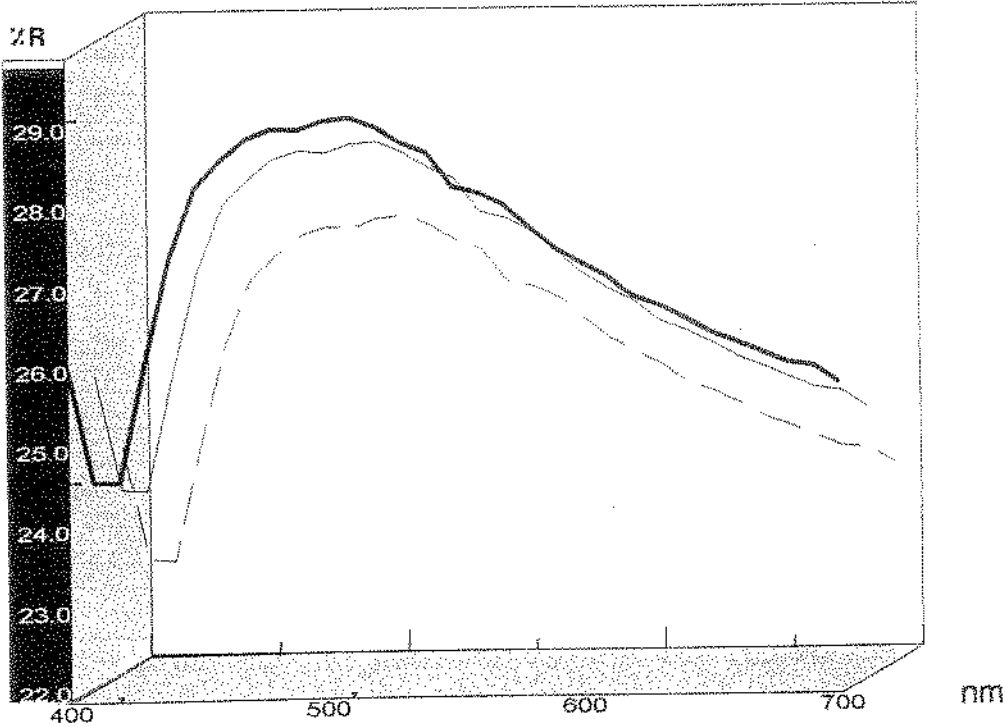


Figura 6. Espectro de Reflectância do CPSLC2 obtido no colorímetro COLORQUEST II

3D Spectral Plot (Reflectance)

S3
S2
S1
SAM Mn/Mc23/27

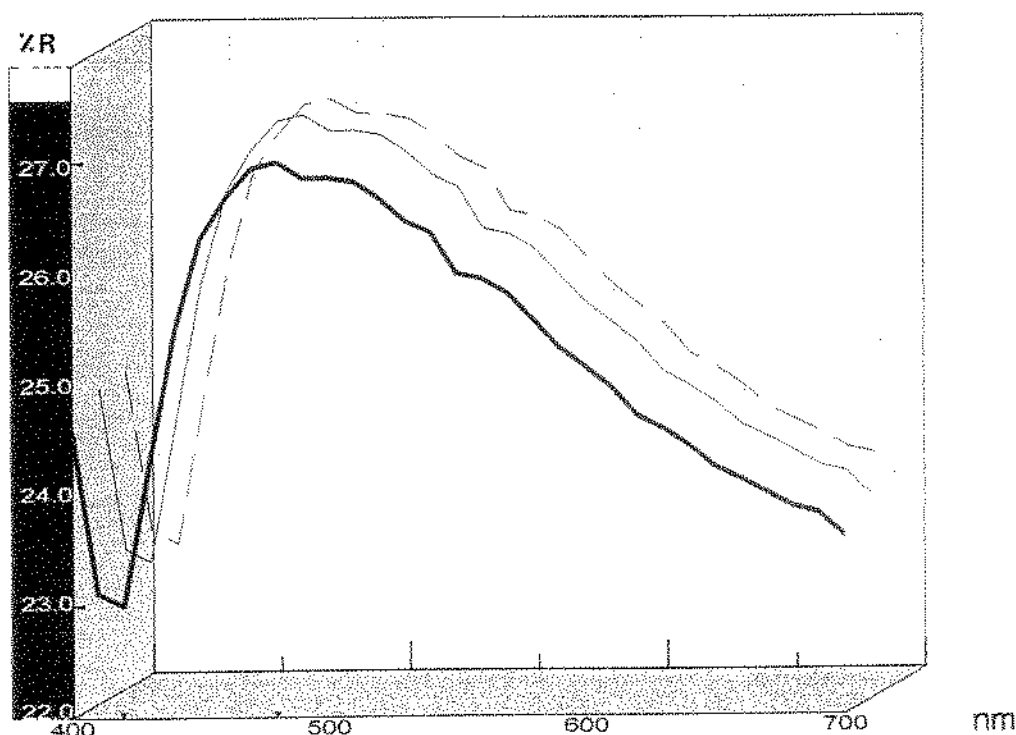


Figura 7. Espectro de Reflectância do CPSLC3 obtido no colorímetro COLORQUEST II

4 DISCUSSÃO

Como mencionado por MORR (1989) durante o processo de ultrafiltração ocorrem mudanças na composição química dos retentados, devido a concentração e fracionamento do soro pela membrana porosa. A tabela 1 traz dados de rendimentos e o fator de concentração obtidos nos diferentes processamentos.

Os resultados da tabela 2 apontam que com o aumento do fator de concentração, houve aumento do teor de proteína do retentado. Diferenças entre valores teóricos e práticos podem advir de imperfeições na membrana (McDONOUGH et al. 1974). Os dados obtidos para o teor protéico do soro concordam com os de COSSEDDU e PISANU (1979). A lactose encontra-se na fase aquosa do leite (soro) e os valores obtidos neste trabalho (tabela 3) estão na faixa mencionada pela FIL-IDF (1981).

A utilização dos processos de ultrafiltração/diafiltração diminui a concentração de lactose e minerais ao mesmo tempo em que aumenta substancialmente os teores de gordura e proteína.

A determinação das características físico-químicas do leite de cabra tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores brasileiros e estrangeiros entre eles MENDES et al., (1988), RAMOS e JUAREZ (1981), JENESS (1980) e GRAPPIN (1986), e os resultados encontrados neste estudo e expostos na tabela 3, estão dentro da faixa reportada pela literatura, o mesmo acontecendo com a composição química dos CPSLCs (tabela 4), considerando-se os valores relatados para concentrados protéicos de soro de leite de vacas (HIDALGO e GAMPER, 1977; KUAN e FOEGEDING, 1991; BEUSCHEL et al., 1992; TANG et al., 1993 e TAYLOR et al., 1994). Esta composição lhes confere um bom valor calórico e pela tabela 5 podemos observar que apresentam um bom balanço de aminoácidos essenciais, segundo os requerimentos da FAO (1985) para crianças, como CPSLC3 exibindo melhor balanço.

Os valores obtidos para o conteúdo de grupos SH totais e reativos estão dentro da faixa mencionada pela literatura (LIAO e MANGINO, 1987; LEE et al., 1992) muito embora haja diferença entre a metodologia usada na medida do parâmetro nos diferentes trabalhos.

O perfil de solubilidade dos CPSLCs (tabela 6 e figura 2) mostra que o comportamento dos CPSLCs 1 e 2 foi similar apresentando altos níveis de solubilidade em toda a faixa de pH estudada. O CPSLC 3 demonstrou mínima solubilidade a pH 5 (67.24%) e máxima a pH 8 (72.91%). A menor solubilidade apresentada pelo CPSLC 3 em relação aos outros dois concentrados, pode ser explicada pela maior exposição do produto a temperatura de $\cong 50^{\circ}\text{C}$, devido a terceira diafiltração durante o processamento, o que está de acordo com WIT e KLAREENBER (1983) que atribuem a diminuição da solubilidade a alterações físico-químicas com associações hidrofóbicas e desdobramentos parciais das proteínas.

Os dados relacionados na tabela 7 e figuras 3 a 7 resultantes da análise da cor das soluções dos CPSLCs mostram que as mesmas não apresentaram diferenças

significativas ($P < 0.05$) com relação à medida de L(luminosidade). Entretanto, demonstraram ser diferentes no que diz respeito aos valores de a, com o CPSLC3 apresentando menor proporção de verde que os demais. A performance dos concentrados para a medida de b, referente a proporção de cor amarela, apresentou a seguinte ordem CPSLC3<CPSLC2<CPSLC1. No espectro de reflectância os CPSLCs 1 e 2 tiveram pico máximo a 510nm , portanto dentro do espectro visível de verde, enquanto que o CPSLC3 teve a 480nm seu pico máximo de reflectância, encontrando-se pois dentro do espectro visual da cor azul. Estes resultados refletem a influência do processamento na cor dos concentrados, com as diferenças encontradas decorrentes provavelmente, do nível de desnaturação das proteínas (SCHMIDT e McNEIL, 1993).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos podemos concluir que:

- a variação no fator de concentração do processo de ultrafiltração leva a obtenção de concentrados protéicos do soro de leite de cabra com diferente composição química e de excelente valor nutritivo.
- os concentrados protéicos do soro de leite de cabra apresentaram alta solubilidade em toda faixa de pH.
- as condições de processamento interferem na cor dos CPSLCs

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 03ª ed. Washington D.C.:AOAC, 1980.

BECKER, H.C., MILNER, R.T., NAGEL, R.H. 1940. A method for the determination of nonprotein nitrogen in soybean meal. **Cer. Chem.** 17:447-457.

- CHEFTEL, J.C., CUQ, J.L. e LORIENT, D. 1989. **Proteínas Alimentarias**. Acribia. Zaragoza. .
- COSSEDDU, A.M.; PISANU, S. 1979. Frazionamento elettroforetico delle sieroproteine del latte di capra prodotto in Sardegna. **Arch. Vet. Italiano**, 30(3-4):79-81.
- FAO (WHO). 1985. Necesidades de energía y proteínas. Ginebra. (Série de Informes Técnicos,724).
- FEDERATION INTERNATIONALE DE LAITERIE - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. FIL-IDF. 1981. The composition of ewe's and goat's milk. Document 140. p.5-18.
- GRAPPIN, R. 1986. Variations of the major nitrogen fractions of goat and ewe milk. **Int. Dairy Fed. Bull.** 202:79-86.
- HADGE, R.L., HOFREITER, B.T. 1962. Determination of reducing sugar carbohydrates. In: **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Whistler, R.L. and Walfrom, M.L. ed. New York:Academic Press, v.1., p.388-389.
- HARDHAM, J.F. 1981. The determination of total and reactive sulphydryl of whey protein concentrates. **Aust. J. Dairy Technol.** 36(4):153-155.
- JENESS, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk:review 1968-1979. **J. Dairy Sci.** 63:1605-1630.
- JUÁREZ, M., RAMOS, M. 1986. Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. **Int. Dairy Fed. Bull.** 202:54-67.
- KINSELLA, J.E. 1976. Functional properties of proteins in foods: A survey. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 7:219-280.

- LANARA. Laboratório Nacional de Referência Animal. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Métodos Físicos e Químicos para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes.** 1981.
- LEE, S-Y, MORR, C.V. and HA, E.Y.W. 1992. Structural and functional properties of caseinate and whey protein isolate as affected by temperature and pH. **J. Food Sci.** 57(7):1210-1213, 1229.
- LIAO, S. Y. and MANGINO, M.E. 1987. Characterization of the composition , physicochemical and functional properties of acid whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 52(2):1522-1524.
- MANOEL PINTO, C., JORGE VILLENA P., HECTOR JOFRE, B. 1984. Contribucion al estudio de la composicion de la leche de cabra anglo nubian. **Agro. Sur.** 12(2):163-173.
- MATTHEWS, M.E. 1979. Advances in whey processing: ultrafiltration and reverse osmosis. Review. **N.Z.J. Dairy Sci. Technol.** 14(2):86-92.
- MAUBOIS, J.L. 1984. Separation, extraction and fractionation of milk protein components. **Le Lait** 64:485-495.
- McDONOUGH, F.E. MATTINGLY, W.A . and VESTAL, J.H. 1971. Protein concentrate from cheese whey by ultrafiltration. **J. Dairy Sci.** 54(10):1406-1409.
- McDONOUGH, F.E., HARGROVE, R.E., MATTINGLY, W. A ., POSATI, L.P. and ALFORD, J.A . 1974. Composition and properties of whey protein concentrate from ultrafiltration. **J.Dairy Sci.** 57(12):1436-1443.

- MENDES, E.S.; CARVALHO, M.L. de, COSTA, V.E. da. 1988. Características físicas e químicas do leite de cabra do Agreste Pernambuco após o seu descongelamento. **Revista do ILCT**, Juiz de Fora, 43(260):31-34.
- MORR, C.V., GERMAN, B., KINSELLA, J.E., REGENSTEIN, J.M., VAN BUREN, J.P., KILARA, A., LEWIS, B.A. and MANGINO, M.E. 1985. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **J. Food Sci.** 50:1715-1718.
- MORR, C.V. 1989. Whey protein manufacture. In **Developments in Dairy Chemistry 4**. P. 245-282. Elsevier Applied Science. London.
- MORR, C.V. 1992. Improving the texture, and functionality of whey protein concentrate. **Food Technol.** 46(1):110-113.
- MUTILANGI, W, R.M. e KILARA, A., 1985. Functional properties of heat-denatured whey protein. I. Solubility. **Milchwissenschaft**, 40(6):338-340.
- PARKASH, S., JENESS, R. 1968. The composition and characteristics of goats' milk: a review. **Dairy Sci. Abs.** 30(2):67-87.
- RAMOS, M., JUÁREZ, M. 1981. The composition of ewe's and goat's milk. **Int. Dairy Fed. Bull.** doc. 140, p.5-19.
- RENEUF, F. 1992. Physico-chemical properties of goat milk in relation to processing characteristics. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON DAIRY GOAT PRODUCTION AND MARKETING. Langston. Proceedings. Langston:E. (KICA) de La Garza Institute for Goat Research.
- RINN, J.C., MORR, C.V., SEO, A. and SURAK, J.G. 1990. Evaluation of nine semi-pilot scale whey pre-treatment modifications for producing whey protein concentrate. **J. Food Sci.** 55(20):510-515.

- SCHMIDT, K. and McNEILL, V. 1993. Effect of heat treatments on the functional properties of caseinate and whey protein isolate solutions. **Milchwissenschaft** 48(1):3-6.
- STEHLING, R.N.; SOUZA, H.M. de. 1987. Leite de cabra. Aspectos nutricionais e mercado. **Inf. Agrop.** Belo Horizonte, 13(146):54-55.
- TANG, Q., MUNRO, P.A. and McCARTHY, O. J. 1993. Rheology of whey protein concentrate solutions as a function of concentration, temperature, pH and salt concentration. **J. Dairy Res.** 60:340-361.
- TAYLOR, S.M., GLADDEN, L.F. and FRYER, R. J. 1994. Changes in the gelation mechanism of whey protein concentrate with pH and temperature. **J. Dairy Res.** 61:71-81.
- WIT de, J.N. e KLAREENBER, G.K. 1983. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **J. Dairy Sci.** 67:2701-2710.

4 ESTUDO 2 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. II. Efeito da concentração de proteína no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de seus géis

1 INTRODUÇÃO

O mecanismo de gelatinização de proteínas globulares proposto por FERRY (1948) é, segundo CLARK e LEE-TUFFNELL (1989), pioneiro e envolve dois estágios: proteína nativa → proteína desnaturada → associação, que resulta na formação de uma rede advinda de associações que ocorrem ao longo da molécula protéica, em vez de pontos de atração fortemente separados, sendo essencial um balanço de forças atrativas e repulsivas , para a formação de géis estáveis.

Os concentrados protéicos de soro de leite têm despertado bastante interesse junto as indústrias de alimentos por seu valor nutricional e por suas propriedades funcionais, que apresentam uma variedade de aplicações em alimentos , e principalmente por sua habilidade, sob condições adequadas, de formar géis induzidos pelo calor (LEE, et al. 1980; KORNHORST e MANGINO, 1985; MULVIHILL e KINSELLA, 1988; KUHN e FOEGEDING, 1991a, 1991b; TANG, et al., 1993; TAYLOR et al., 1994; SATO et al., 1995).

BEVERIDGE et al. (1984) dividiram em três as fases do processo de gelatinização dos concentrados protéicos de soro: 1ª fase - desenvolvimento de turbidez nos primeiros 3-10 minutos de aquecimento, resultando na formação de agregados esféricos, provavelmente decorrentes de interações hidrofóbicas modificadas pelas cargas da molécula protéica; 2ª fase - onde ocorrem mudanças nos grupos sulfidrilas/disulfídicos e oxidação de sulfidrilas, fortalecendo os agregados e talvez aumentando a aderência entre eles; 3ª fase - súbito aumento da elasticidade que ocorre com o resfriamento devido a formação rápida de pontes de hidrogênio, causando acentuado aumento da rigidez dos agregados.

Géis protéicos são compostos por uma rede tridimensional na qual ocorrem associações proteína-proteína ordenadas e formando uma matriz, que efetivamente retém um grande volume de água (KORNHORST e MANGINO (1985), ZIRBEL e KINSELLA (1988) e MANGINO (1992). Se a rede é fraca, a viscosidade aumentará mas o fluxo do fluido será possível e o gel não se forma. Por outro lado se as interações proteína-proteína são muito fortes a rede colapsará e a água será expelida da estrutura. Um balanço entre as forças atrativas necessárias para manter a rede e repulsivas para prevenir o colapso é requerido para a formação do gel (MANGINO, 1992).

A análise da curva força x tempo obtida nos texturômetros levam a obtenção de sete parâmetros dos quais cinco são medidos e dois calculados a partir dos parâmetros medidos, e são conhecidos como : fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (BOURNE, 1978). Os géis possuem importantes propriedades como força, elasticidade e coesividade e estas devem ser determinadas no estudo da gelatinização e características do gel para otimizar o processo (ZIRBEL e KINSELLA, 1988).

Fatores importantes para a gelatinização de concentrados protéicos de soro de leite incluem: concentração da proteína, pH, hidrofobicidade da proteína, concentração e tipo de sais, concentração de grupos sulfidrilas livres e a composição de componentes não protéicos como a lactose, lipídeos e minerais.

Nos concentrados protéicos de soro a β -lactoglobulina é a principal fonte de grupos sulfidrilas e é lógico que a concentração desta proteína deve ser relacionada com a capacidade gelatinizante destes concentrados (ZIEGLER e FOEGEDING, 1990) e com a força do gel (MANGINO, 1992).

LANGLEY e GREEN (1989) estudaram o efeito das forças de compressão e impacto em géis de proteína fracionada de soro em relação a composição e microestrutura, e verificaram que com o decréscimo do conteúdo de β -Lg, a estrutura dos géis muda de uma fina rede para uma grossa rede de grandes agregados. Essa fina rede resultando

de um alto grau de interligações entre moléculas, que por sua vez, determina a elasticidade e força do gel. Em geral, a rede se rompe pela quebra de fios nos pontos fracos, pontos estes que foram evidentes entre os agregados protéicos fracos, mas que ocorrem aleatoriamente nos géis fortes. Por isso, os géis fracos apresentaram-se mais quebradiços.

A menor concentração de proteína necessária para a formação de um gel pode ser usada como uma medida da capacidade gelatinizante de uma proteína, tendo na concentração de proteína e nas condições de aquecimento usadas na obtenção do gel, os fatores que mais influenciam as características de textura do mesmo. SCHMIDT et al. (1978) verificaram que o aumento da concentração de proteína leva ao aumento da força dos géis e que concentrações iguais ou maiores que 7,5% são requeridas para obtenção de géis fortes e indicam a faixa de 2,5 a 5% para a mínima concentração de proteína que forma gel quando o mesmo é submetido a temperatura de 100°C durante 10 minutos.

A força e a percentagem de umidade espremível dos géis de concentrados protéicos de soro com 80 e 98.1% de solubilidade não foram diferentes ($p < 0.05$) nos pHs 6, 7 e 8, e a dureza do gel aumentou com o aumento da concentração de proteína (BEUSCHEL et al. 1992).

Este trabalho objetivou determinar o efeito da concentração de proteína no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de géis de concentrados protéicos de soro de leite de cabras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os concentrados protéicos de soro de leite de cabras denominados de CPSLC1, CPSLC2 e CPSLC3, foram obtidos de soro resultante da fabricação de queijo Minas Frescal, como descrito anteriormente na figura 1 do Estudo 1.

2.2 Gelatinização

A obtenção dos géis dos concentrados de soro de leite de cabras seguiu a metodologia descrita por MULVIHILL e KINSELLA (1988), onde dispersões protéicas (2, 3, 6 e 8% de proteína) em tampão fosfato 0,1M com NaCl 0,6M (pH 7), foram centrifugadas em centrífuga SORVAL a 2000 rpm durante 15 minutos a 2°C, para remoção do ar incorporado durante a solubilização do concentrado, e o sobrenadante resultante da centrifugação foi colocado em tubos vazados medindo 6 x 1,8 cm, fechados em uma das extremidades com rolha de borracha e na outra com filme Magipack, submetidos a tratamento térmico de 90°C por 30 minutos em banho-Maria, resfriados bruscamente com gelo e mantidos a 6°C por 17 horas em refrigerador doméstico. Os géis assim obtidos foram então retirados dos tubos, cortados (1,8 x 1,5 cm), e o Perfil de Textura analisado em texturômetro TA-XT2, à temperatura ambiente.

2.3 Umidade Espremível dos géis

Baseada no método de JAUREGUI et al. (1991) onde 1,5 -2,0 g dos géis obtidos no item 2.2 foram colocados em papel de filtro Watmann nº2, previamente tarado, na forma de cartucho, e este por sua vez colocado em tubo de centrífuga (50ml) e centrifugado a 2500 rpm por 10 minutos a 2°C. Após a centrifugação o gel foi removido e a diferença entre o peso inicial e final do papel de filtro foi determinada, então o valor foi dividido pelo peso do gel e multiplicado por 100, para calcular o percentual da umidade espremível.

2.4 Análise Estatística

Foi realizada através da análise de variância e teste de Tukey usando o programa SAS (Statistical Analysis System).

3 RESULTADOS

Tabela 1. Composição química média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras. Análise feita em triplicata

Parâmetros(%)	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
Umidade	3.60±0.16	3.64±0.16	3.45±0.14
Proteína	55.87±0.07	61.84±0.46	72.01±0.30
Lactose	26.73±0.12	19.27±0.56	14.23±0.99
Gordura	14.14±0.22	9.45±0.14	10.39±0.24
Nitrogênio não protéico.	0.92±0.03	1.31±0.01	0.59±0.01
SH _{TOTAL} (μM/g)	10.48±0.25	15.96±0.18	15.02±0.27
SH _{REATIVO} (μM/g)	8.53±0.27	14.31±0.17	12.71±0.19
Cinzas	3.38±0.02	2.09±0.03	2.30±0.03
Ca ²⁺	0.14±0.02	0.07±0.002	0.39±0.02
Teor calórico(Kcal)	543.35±1.20	634.80±5.73	553.56±1.34
Solubilidade(pH7)	99.38±2.92	95.52±2.32	70.73±3.99

Tabela 2. Efeito da concentração de proteína no perfil de textura de géis dos CPSLCs

CPSLC1						
%Prot	Dureza	Elasticidade	Coabilidade	Mastigabilid.	Gomosidade	Adesivid.
3	75.5b	0.597b	0.592b	26.25b	44.05c	0 a
6	100.7b	0.777a	0.772 a	60.69a	77.76b	0 a
8	173.3a	0.805a	0.801a	111.83a	138.91a	-1.912b
CPSLC2						
3	57.7c	0.559b	0.504b	16.13c	28.46c	0 a
6	106.7b	0.763a	0.760a	61.95b	81.15b	0 a
8	164.9a	0.801a	0.814a	107.73a	134.25a	-3.03b
CPSLC3						
3	67.8c	0.659c	0.684b	30.43c	46.13c	0 a
6	123.7b	0.765b	0.802a	75.90b	99.10b	0 a
8	212.2a	0.838a	0.819a	145.44a	173.67a	-1.481a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dureza= $m \cdot l \cdot t^{-2}$, elasticidade= l, coabilidade (imensurável), mastigabilidade= $m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$, gomosidade= $m \cdot l \cdot t^{-2}$, adesividade= $m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$, onde m=massa, l=distância e t=tempo.

Tabela 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína no perfil de textura de géis dos CPSLCs

Características de Textura	%Proteína	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
Dureza (m l t ²)	3	95.50a	57.73a	64.80a
Dureza (m l t ²)	6	99.86a	106.73a	123.66a
Dureza (m l t ²)	8	173.33b	164.90b	212.17a
Elasticidade (l)	3	0.59ab	0.55b	0.65a
Elasticidade (l)	6	0.77a	0.76a	0.76a
Elasticidade (l)	8	0.80b	0.80b	0.83a
Coesividade (imensurável)	3	0.59a	0.50a	0.68a
Coesividade (imensurável)	6	0.77b	0.76b	0.80a
Coesividade (imensurável)	8	0.80b	0.81a	0.81a
Mastigabilidade (m l ² t ²)	3	26.24ab	16.10b	30.43a
Mastigabilidade (m l ² t ²)	6	60.69a	61.94a	75.90a
Mastigabilidade (m l ² t ²)	8	111.83b	107.72b	145.43a
Gomosidade (m l t ²)	3	44.04a	28.13a	46.13a
Gomosidade (m l t ²)	6	77.75a	81.14a	99.10a
Gomosidade (m l t ²)	8	138.91b	134.25b	173.66a
Adesividade (m l ² t ²)	3	0 a	0 a	0 a
Adesividade (m l ² t ²)	6	0 a	0 a	0 a
Adesividade (m l ² t ²)	8	-1.91a	-3.03a	-1.48a

No sentido horizontal médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. (m=massa, l=distância, t=tempo)

Tabela 4. Efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras

%Prot.	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
2	85.98a	85.51a	89.04a
3	83.80b	81.60ab	87.63a
6	78.01c	74.61bc	78.16b
8	70.10d	68.31c	70.33c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 5. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs

CPSLC	2%Prot	3%Prot	6%Prot	8%Prot
1	85.98a	83.81a	78.01a	70.10a
2	85.51a	81.60a	74.61a	68.31a
3	89.04a	87.63a	78.16a	70.33a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

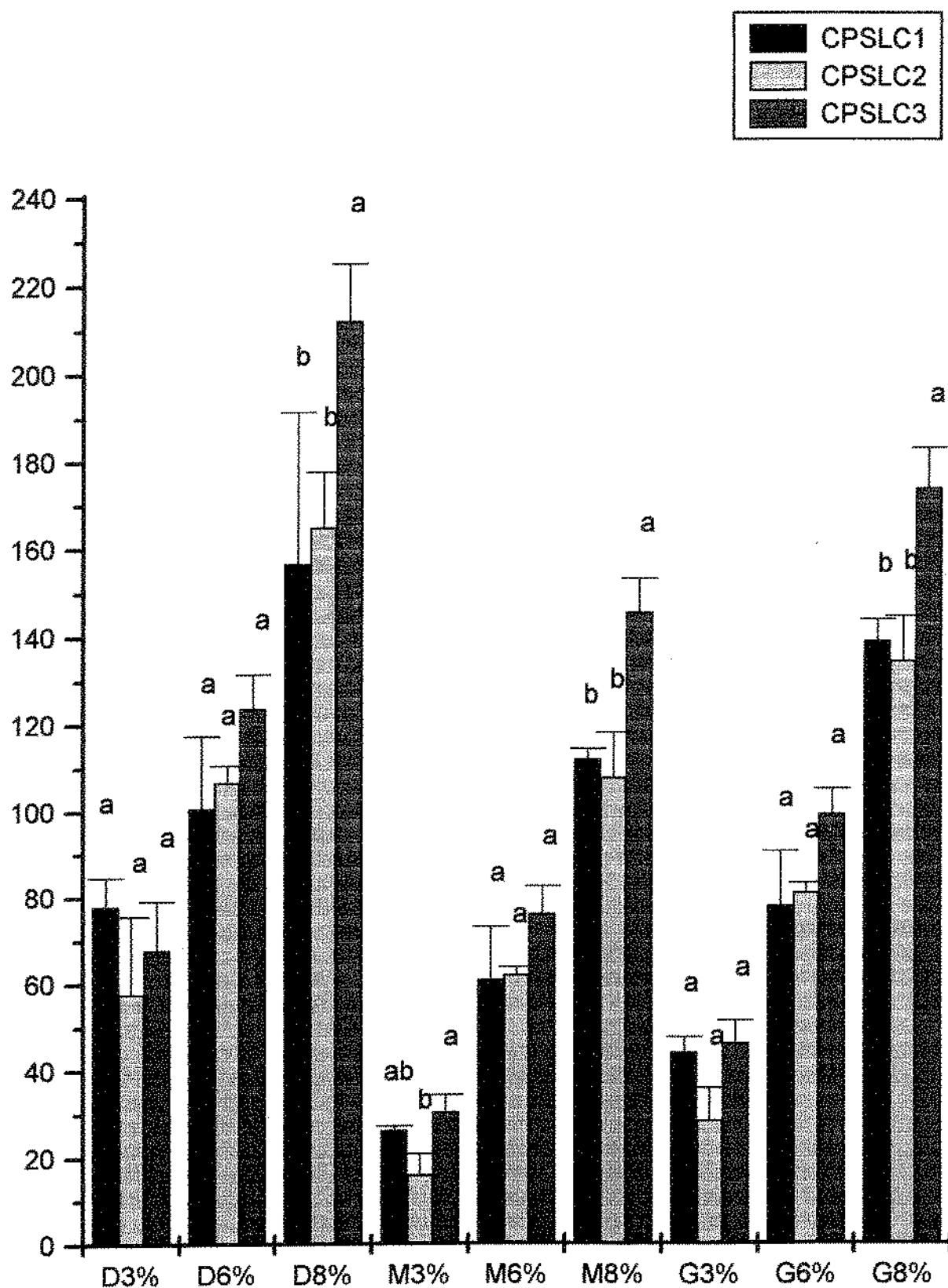


Figura 1. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína nas características dureza (m l t^{-2}), mastigabilidade ($\text{m l}^2 \text{ t}^{-2}$) e gomosidade (m l t^{-2}) dos géis dos CPSLCs

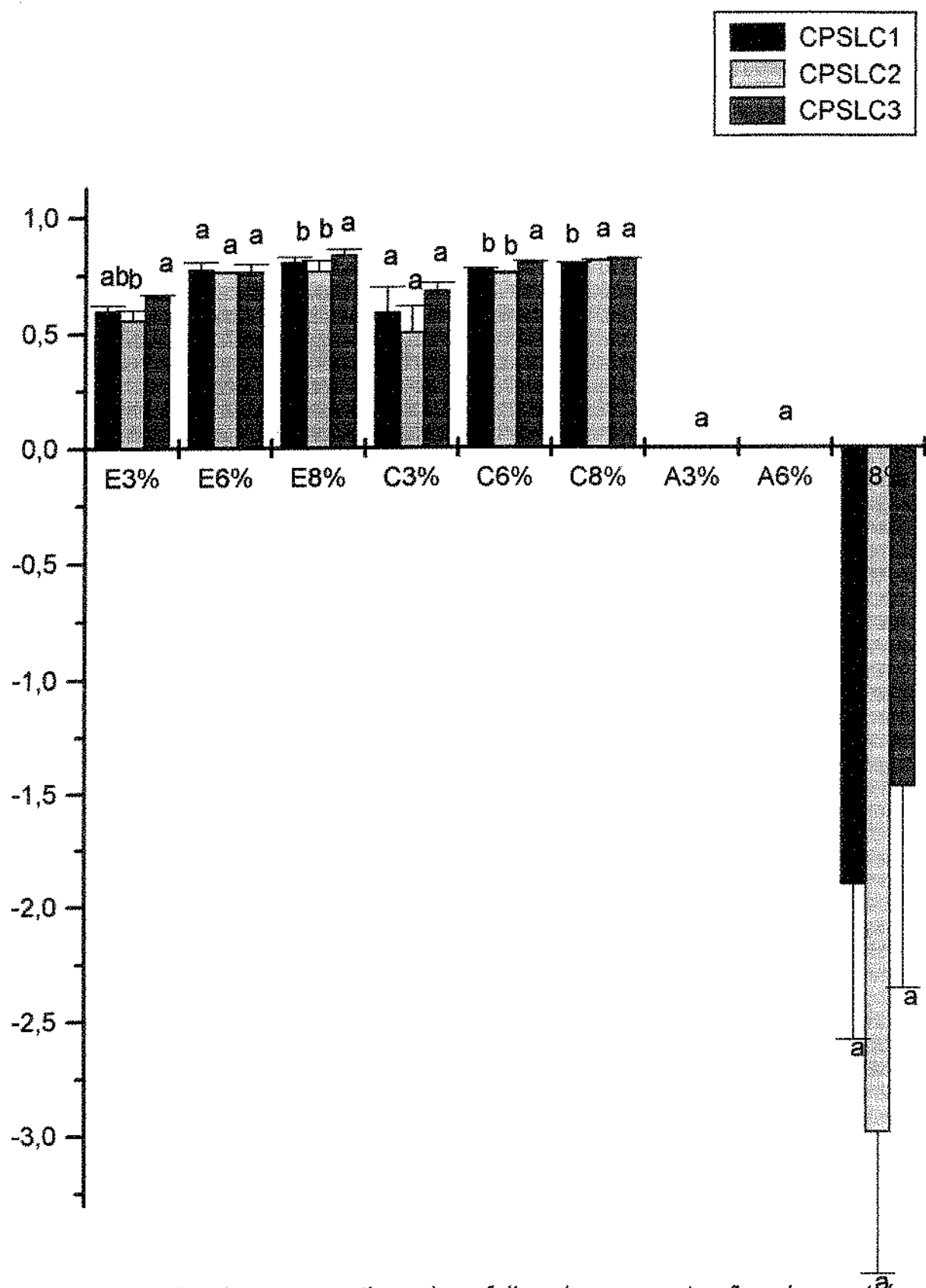


Figura 2. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína nas características elasticidade (l), coesividade (imensurável) e adesividade ($m^2 t^{-2}$) dos géis dos CPSLCs

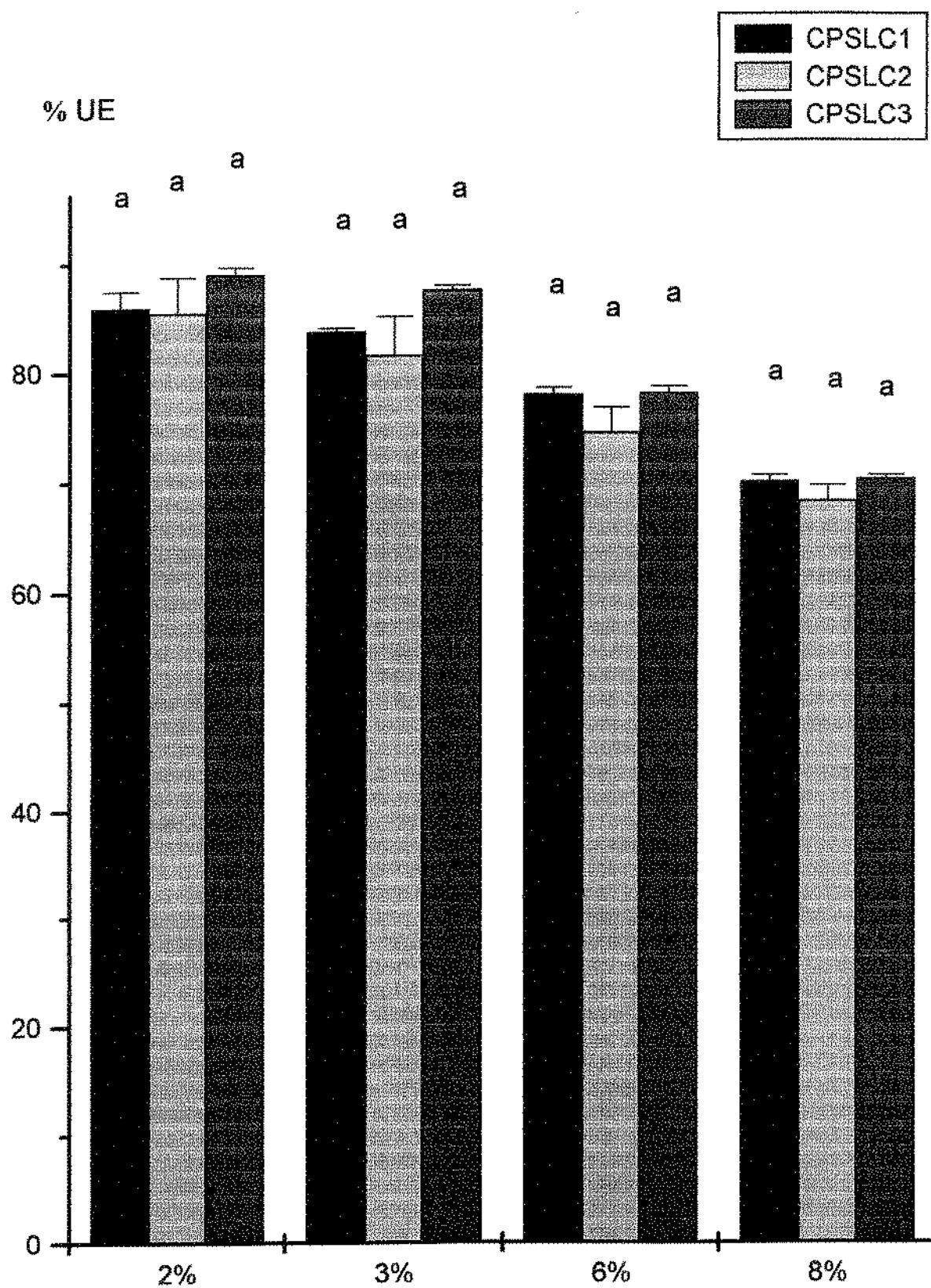


Figura 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLCs



Figura 4. Géis do CPSLC3 nas concentrações de 3 e 2 % de proteína

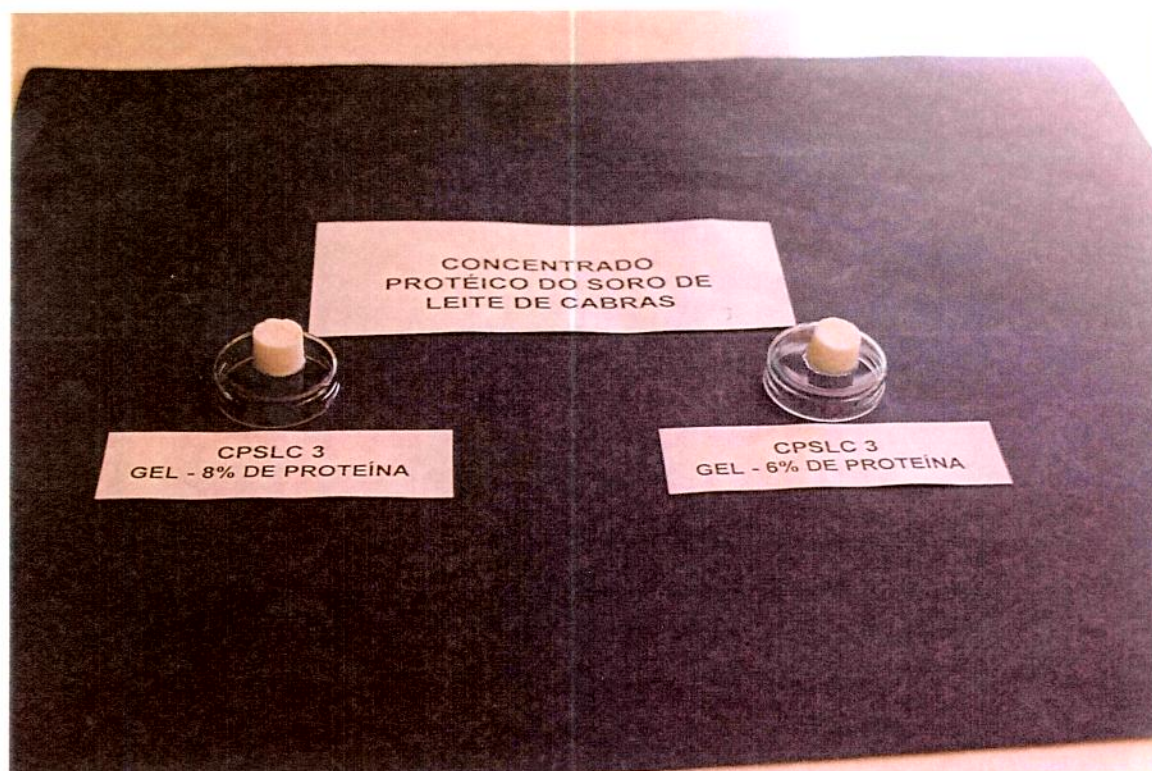


Figura 5. Géis do CPSLC3 nas concentrações de 8 e 6% de proteína

4 DISCUSSÃO

A Tabela 1 traz a composição química média dos CPSLCs usados no estudo em discussão.

Perfil de textura:

Verifica-se pela Tabela 2 que o aumento da concentração de proteína leva ao aumento da dureza do gel nos concentrados analisados, embora o estudo comparativo entre eles (Tabela 3, Figuras 1 e 2), dentro de uma mesma concentração, não tenha apresentado diferença significativa ($P < 0.05$) com relação a dureza dos géis, exceção para a concentração de 8% onde o CPSLC3 apresentou maior dureza que o 1 e 2.

A característica elasticidade também foi influenciada pelo aumento da concentração da proteína, sendo observado que os CPSLC1 e 2 apresentaram comportamento semelhante. Para o CPSLC3 o aumento da concentração de proteína aumentou a elasticidade dos géis formados, apresentando valores superiores que os demais a 8%.

A coesividade dos géis com 3% de proteína foi inferior a das concentrações de 6 e 8% para os três concentrados. A comparação entre eles mostrou que a 3% não houve diferença significativa ($P < 0.05$). A 6% o CPSLC3 apresentou maior coesividade e a 8% o CPSLC1 diferiu dos outros dois apresentando uma coesividade menor.

As características mastigabilidade e gomosidade, que são calculadas a partir das medidas de dureza, elasticidade e coesividade, foram nitidamente influenciadas pelo aumento da concentração de proteína. Comparativamente, o CPSLC3 apresentou teores mais elevados para estas características, entretanto na concentração de 6% de proteína não houve diferença significativa entre eles ($P < 0.05$).

Os géis dos CPSLC1, 2 e 3 não apresentaram adesividade nas concentrações de 3 e 6%. Com 8% esta característica foi medida em todos os CPSLCs não havendo entretanto, diferença significativa entre eles ($P < 0.05$).

Umidade Espremível (%):

O aumento da concentração de proteína levou à diminuição dos teores de %UE nos géis dos CPSLCs, sob as condições de teste utilizadas (Tabela 4). O estudo comparativo (Tabela 5 e Figura 3) não mostrou diferença significativa ($P < 0.05$) entre os valores de %UE dos géis dos CPSLC1, 2 e 3 nas diferentes concentrações de proteína testadas.

O melhor desempenho do CPSLC3 quanto ao perfil de textura pode ter sido decorrente de um maior grau de desnaturação a que foi submetido durante o processamento (maior tempo de permanência na etapa de ultrafiltração), em virtude da terceira diafiltração, com consequente diminuição da solubilidade (Tabela 1). Esta desnaturação pode ter levado a uma maior abertura da estrutura protéica quando do tratamento térmico durante a gelatinização, que possibilitou novos rearranjos da proteína, levando ao seu melhor desempenho.

Os géis com 2% de proteína não permitiram a leitura no texturômetro TA-XT2, uma vez que a primeira compressão resultou na quebra do gel não sendo possível o reconhecimento do segundo pico. Com isso, pode-se indicar a concentração de 3% como a menor concentração de proteína que promove a formação de gel dos CPSLCs no pH 7, valor este que encontra-se dentro da faixa indicada por SCHMIDT et al. (1978).

Visualmente, observou-se que com menor concentração de proteína, os géis apresentaram-se mais translúcidos, frágeis e com forte sinerese, e que com o aumento da concentração de proteína tornaram-se opacos, fortes e com a sinerese praticamente ausente (Figuras 4 e 5). A sinerese pode ser resultante da presença do NaCl 0,6M nas dispersões.

Os resultados obtidos nesse experimento são semelhantes aos reportados por SCHMIDT et al. (1978) e ZIRBEL e FOEGEDING (1990), que trabaram com concentrados protéicos de soro de leite de vacas.

Na Tabela 1 vemos que a menor solubilidade foi apresentada pelo CPSLC3 (70.73%) no pH 7 quando comparada a dos CPSLC1 (99.4%) e CPSLC2 (95.5%), e que a mesma não teve efeito na percentagem de umidade espremível de seus géis, ao contrário do reportado por BEUSCHELL et al. (1992), quando trabalhou com concentrados protéicos de soro de leite de vacas com diferentes graus de solubilidade.

5 CONCLUSÕES

- O aumento na concentração de proteína leva a mudanças no perfil de textura de géis dos CPSLCs.
- A menor solubilidade do CPSLC3 não influenciou a %UE de seus géis.
- O maior grau de desnaturação do CPSLC3 contribuiu para o seu melhor desempenho quanto ao perfil de textura de seus géis.
- A concentração mínima de 3% de proteína foi requerida para a formação de gel.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEUSCHELL, B.C., CULBERTSON, J. D., PARTRIDGE, J. A .and SMITH, D.M.1992. Gelation and emulsification properties of partially insolubilized whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 57(3):605-609,634.
- BEVERIDGE, T., JONES, L. and TUNG, M. A .1984. Progel and gel formation and reversibility of gelation of whey , soybean, and albumen protein gels. **J. Agric. Food Chem.** 32:307-313.
- BOURNE, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technol.** 32(2):62-66,72.
- CLARK, A . H. and LEE-TUFFNELL, C.D. 1989. Gelation of globular proteins. In **Functional Properties of Food Macromolecules**.p.203-272. Elsevier Applied Science. London.

- JAUREGUI, C.A ., REGENSTEIN, J.M. and BAKER, R.C. 1981. A simple method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. **J. Food Sci.** 46:1271-1273.
- KORNHORST, A. L. and MANGINO, M.E. 1985. Prediction of the strength of whey protein gels based on composition. **J. Food Sci.** 50:1403-1405.
- KUHN, P.R. and FOEGEDING, E.A. 1991a. Mineral salt effects on whey protein gelation. **J. Agric. Food Chem.** 39(6):1013-1016.
- _____. 1991b. Factors influencing whey protein gel rheology: dialysis and calcium chelation. **J. Food Sci.** 56(3):789-791.
- LANGLEY, K.R. and GREEN, M.L. 1989. Compression and impact strength of gels, prepared from fractionated whey protein, in relation to composition and microstructure. **J. Dairy Res.** 56:275-284.
- LEE, A ., CANNON, R.Y. and HUFFMAN, D.L. 1980. Whey protein concentrates in a processed meat loaf. **J. Food Sci.** 45:1278-1279, 1804.
- MANGINO, M.E. 1992. Gelation of whey protein concentrate. **Food Technol.** 46(1):114-117.
- MULVIHILL, D.M. and KINSELLA, J.E. 1988. Gelation of β -Lactoglobulin: effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. **J. Food Sci.** 53(1):231-236.
- SAS. 1982. **SAS Users' Guide: Statistics.** SAS Institute, Inc., Carey, NC SAS, Inc.
- SATO, K., NAKAMURA, M., NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1995. Preparation of gel of partially heat-denatured whey protein by proteolytic digestion. **Milchwissenschaft** 50(7): 389-392.

- SCHMIDT, R.H., ILLINGWORTH, B.L. and AHMED, E.M. 1978. Heat-induced gelation of peanut protein/ whey protein blends. **J. Food Sci.** 43(2):613-618, 621.
- TANG, Q., MUNRO, P. A .and McMARTHY, O.J. 1993. Rheology of whey protein concentrate solution as a function of concentration, temperature, pH and salt concentration. **J. Dairy Res.** 60:349-361.
- TAYLOR, S.M., GLADDEN, L.F. and FRYER, P.J. 1994. Changes in the gelation mechanism of whey protein concentrate with pH and temperature. **J. Dairy Res.** 61:71-81.
- ZIEGLER, G.R. and FOEGEDING, E.A.1990. The gelation of proteins. **Adv. Food Nutr. Res.** 34:203-298.
- ZIRBEL, F. and KINSELLA, J.E. 1988. Factors affecting the rheological properties of gels made from whey protein isolated. **Milchwissenschaft** 43(11):691-694.

5 ESTUDO 3 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. III. Efeito da interação concentração de proteína /pH no perfil de textura dos géis

1 INTRODUÇÃO

A capacidade gelatinizante de concentrados protéicos de soro de leite têm sido alvo de várias pesquisas (LEE et al., 1980; KORNHORST e MANGINO, 1985; MULVIHILL e KINSELLA, 1988, KUHN e FOEGEDING, 1991a, 1991b; TANG et al., 1993; TAYLOR et al., 1994; SATO et al., 1995).

As informações sobre géis de proteínas de soro têm apresentado disparidades marcantes devido a variabilidade na composição das preparações e nas medidas usadas para avaliar as propriedades do gel.

Fatores importantes para a gelatinização de géis protéicos de soro de leite incluem: concentração de proteína, pH, hidrofobicidade da proteína, concentração e tipo de sais, concentração de grupos sulfidrilas livres e a presença de componentes não protéicos como a lactose, lipídeos e minerais.

No estudo do comportamento de géis de concentrados protéicos de soro induzidos pelo calor frente a diferentes valores de pH, SCHMIDT et al. (1978) constataram que o aumento do pH de 7 para 9 diminui a força do gel dos concentrados protéicos de soro. DUNKERLEY e ZADOW, 1981, observaram que géis de concentrados protéicos oriundos de soro proveniente da precipitação ácida da caseína e de queijo "Cheddar", submetidos a pré-tratamento a 72°C/15s, apresentaram-se firmes a pH 5 e 8, mas com menor firmeza a pH 3. Quando o pré-tratamento foi 80°C/15s os concentrados de queijo "Cheddar" apresentaram-se menos firmes a pH 3 e 5, e com boa firmeza a pH 8. Os géis obtidos de concentrados de soro resultantes da precipitação ácida da caseína apresentaram-se firmes a pH 5, havendo redução da firmeza a pH 3 e 8. Trabalhando com géis de concentrados protéicos de soro formados após aquecimento a pH 6, SCHMIDT et al. (1984) constataram que estes se apresentaram mais coagulados e

menos elásticos do que os formados a pH 7 e 9, e que a força do gel decresce com o aumento do pH da solução de 7 para 10. MANGINO et al. (1987) baseados em trabalhos de vários pesquisadores e em seus próprios dados, explicaram a força de géis de concentrados protéicos de soro com 10% de proteína e pH 8, como sendo decorrente do conteúdo de β -Lg e da alta reatividade dos grupos SH neste pH, e que a baixos valores de pH os géis apresentaram uma aparência semelhante a um coágulo, e que nestas circunstâncias a quantidade de proteína agregada e as interações hidrofóbicas são mais importantes para prever a força do gel. Para ZIRBEL e KINSELLA (1988) as proteínas do soro formam géis viscoelásticos quando aquecidas sob certas condições, entretanto algumas preparações formam coágulos em vez de géis viscoelásticos verdadeiros. MANGINO (1992), verificou que acima de pH 7,5 os géis são translúcidos e viscoelásticos, apresentando-se opacos e menos viscoelásticos abaixo de 7,5. TANG et al. (1995) observaram que géis brancos são formados na faixa de pH entre 4 - 6, e que abaixo e acima desses valores géis de fios finos transparentes são formados. AGUILERA (1995) menciona que para géis de proteínas globulares existe transição entre opaco $\rightarrow$ transparente, e que isolados e concentrados protéicos de soro formam géis opacos no pH intermediário e com alta força iônica, e que a faixa de pH da transição pode ser mais ampla que para os géis de β -Lg pura.

Sabe-se que ligações dissulfídicas e grupos sulfidrilas desempenham um importante papel na gelatinização de proteínas induzidas pelo calor. Ligações covalentes de moléculas protéicas podem ser formadas por oxidação de grupos SH em ligação S-S e/ou por reações de troca S-S induzindo a formação de SH. Vários estudos têm sido feitos mas nenhum deles indica que a rede formada na gelatinização depende de uma ou da outra reação (SHIMADA e CHEFTEL, 1989). O efeito dos grupos sulfidrilas na força dos géis é fortemente dependente do pH. Nos valores abaixo do pH 7 o conteúdo de grupos sulfidrilas exerce pequeno efeito. Nos pHs altos este efeito torna-se significativo (KOHNHORST e MANGINO, 1985; MANGINO et al., 1987; MANGINO, 1992; TANG et al. 1995).

Este estudo avaliará o efeito da interação concentração de proteína/pH no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de géis de concentrados protéicos de soro de leite de cabras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os concentrados protéicos de soro de leite de cabras denominados de CPSLC1, CPSLC2 e CPSLC3, foram obtidos de soro resultante da fabricação de queijo Minas Frescal, como descrito anteriormente na figura 1 do Estudo 1.

2.2 Gelatinização

A obtenção dos géis dos concentrados de soro de leite de cabras seguiu a metodologia descrita por MULVIHILL e KINSELLA (1988), onde utilizou-se dispersões protéicas (3 e 8% de proteína) em tampão fosfato 0,1M com NaCl 0,6M (pH 7 e 8) e em tampão citrato-fosfato 0,1M com 0,6M de NaCl pH3, que foram submetidas as operações subseqüentes como descritas no item 2.2 do Estudo 2.

2.3 Umidade Espremível dos géis

Baseada no método de JAUREGUI et al. (1991) onde 1,5 -2,0 g dos géis obtidos no item 2.2 foram colocados em papel de filtro Watmann nº2, previamente tarado, na forma de cartucho, centrifugados e após a retirada do gel a diferença entre o peso inicial e final do papel de filtro foi determinada, e o valor da umidade espremível foi calculado.

2.4 Análise Estatística

Foi realizada através da análise de variância e teste de Tukey, usando o programa SAS (Statistical Analysis System).

3 RESULTADOS

Tabela 1. Composição química média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras. Análise feita em triplicata.

Parâmetros(%)	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
Umidade	3.60±0.16	3.64±0.16	3.45±0.14
Proteína	55.87±0.07	61.84±0.46	72.01±0.30
Lactose	26.73±0.12	19.27±0.56	14.23±0.99
Gordura	14.14±0.22	9.45±0.14	10.39±0.24
Cinzas	3.38±0.02	2.09±0.03	2.30±0.03
Ca ⁺²	0.14±0.02	0.07±0.002	0.39±0.02
Nitrogênio.não Protéico	0.92±0.03	1.31±0.01	0.59±0.01
SH _{TOTAL} (μM/g)	10.48±0.25	15.96±0.18	15.02±0.27
SH _{REATIVO} (μM/g)	8.53±0.27	14.31±0.17	12.71±0.19
Teor calórico(Kcal)	543.35±1.20	634.80±5.73	553.56±1.34
Solubilidade(pH 7)	99.38±2.92	95.52±2.32	70.73±3.99

Tabela 2. Efeito da concentração de proteína e pH no perfil de textura de géis dos CPSLCs

CPSLC1						
%Prot	pH	Dureza	Elasticidade	Mastigabilid.	Gomosidade	Adesividade
3	3	NF b	NF b	NF b	NF b	NF b
8	3	42.23a	0.593a	9.354a	15.71a	-12.40a
3	7	75.50b	0.597b	26.25b	44.05b	-b
8	7	173.23a	0.805a	111.83a	138.91a	-1.91a
3	8	72.03b	0.633b	26.54b	40.92b	-b
8	8	282.10a	0.855a	198.33a	231.95a	-2.64a
CPSLC2						
3	3	NF b	NF b	NF b	NF b	NF b
8	3	87.16a	0.71a	22.81a	31.82a	-19.94a
3	7	57.70b	0.56b	16.13b	28.46b	-b
8	7	164.90a	0.80a	107.73a	134.25a	-3.03a
3	8	64.93b	0.54b	12.17b	22.45b	-b
8	8	216.70a	0.83a	148.00a	177.36a	-2.48a
CPSLC3						
3	3	NF b	NF b	NF b	NF b	NF b
8	3	49.00a	0.61a	11.44a	18.72a	-11.75a
3	7	67.80b	0.66b	30.43b	46.13b	-b
8	7	212.17a	0.88a	145.44a	173.67a	-1.48a
3	8	62.57b	0.61b	19.42b	31.69b	-b
8	8	213.70a	0.81a	144.39a	177.51a	-2.80a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dureza= $m l t^2$, elasticidade= l , mastigabilidade= $m l^2 t^2$, gomosidade= $m l t^2$, adesividade= $m l^2 t^2$, onde m=massa, l=distância e t=tempo

Tabela 3. Efeito da concentração de proteína e pH na coesividade dos CPSLCs

3% Proteína			
pH	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
3	- b	- b	- c
7	0.59a	0.50 ^a	0.68a
8	0.57a	0.35 ^a	0.50b
8% Proteína			
3	0.37b	0.36b	0.38b
7	0.80a	0.81a	0.82a
8	0.81a	0.82a	0.83a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH no perfil de textura de géis dos CPSLCs

Característica	pH	3%			8%		
		CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
Dureza	3	NF a	NF a	NF a	42.23b	87.17a	49.00b
Dureza	7	75.50a	57.70a	67.80a	173.30b	164.90b	212.00a
Dureza	8	72.03a	64.93a	62.57a	282.00a	216.70b	213.70b
Elasticidade	3	NF a	NF a	NF a	0.593a	0.714a	0.610a
Elasticidade	7	0.597a	0.560a	0.659a	0.805b	0.801b	0.838a
Elasticidade	8	0.633a	0.540a	0.610a	0.855a	0.834a	0.813a
Coesividade	3	NF a	NF a	NF a	0.372a	0.364a	0.385a
Coesividade	7	0.592a	0.504a	0.684a	0.801b	0.814a	0.819a
Coesividade	8	0.372a	0.349a	0.503a	0.822a	0.819a	0.831a
Mastigabilid.	3	NF a	NF a	NF a	9.35b	22.81a	11.44b
Mastigabilid.	7	26.25a	16.13a	30.43a	111.83b	107.73b	145.44a
Mastigabilid.	8	26.54a	12.17a	19.42a	198.33a	148.00b	144.38b
Gomosidade	3	NF a	NF a	NF a	15.71b	31.82a	18.55b
Gomosidade	7	44.05a	28.46a	46.13a	138.91b	134.25b	173.66a
Gomosidade	8	40.92a	22.45a	31.69a	231.95a	177.36b	177.51b
Adesividade	3	0 a	0 a	0 a	-12.40a	-19.94b	-11.75a
Adesividade	7	0 a	0 a	0 a	-1.91a	-3.03a	-1.48a
Adesividade	8	0 a	0 a	0 a	-2.64a	-2.48a	-2.80a

No sentido horizontal médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Dureza= $m \mid t^2$, Elasticidade= $\mid$, coesividade=imensurável, Mastigabilidade= $m \mid^2 t^2$, Gomosidade= $m \mid t^2$, Adesividade= $m \mid^2 t^2$)

Tabela 5. Efeito do pH na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs com 3 e 8% de proteína

%Proteína	pH	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
3*	3	100.00a	100.00a	100.00a
	7	87.63b	81.60b	87.63b
	8	86.46c	84.02b	87.24b
8	3	67.37a	64.86a	67.51b
	7	70.33a	68.31a	70.33ab
	8	69.03a	66.75a	71.75a

Como não houve formação de gel na concentração de 3% de proteína, para os três concentrados analisados considerou-se a %UE=100. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6. Efeito da concentração de proteína na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs nos pHs 3, 7 e 8

pH	%Proteína	CPSLC1	CPSLC2	CPSLC3
3	3*	100.00 a	100.00a	100.00a
	8	67.37b	64.86b	67.51b
7	3	87.63 a	81.59a	87.63a
	8	70.33b	68.31b	70.33b
8	3	86.46 a	84.02a	87.24a
	8	69.05b	66.75b	71.75b

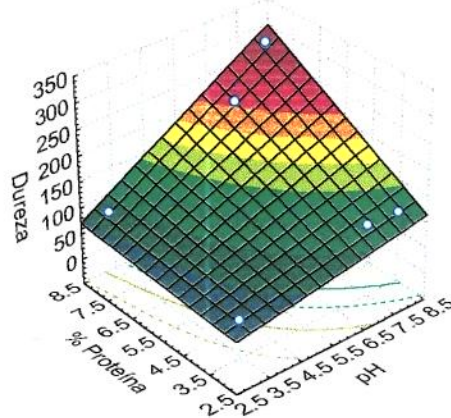
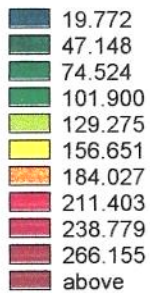
*Como não houve formação de gel na concentração de 3% de proteína, para os três concentrados analisados considerou-se a %UE=100. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na percentagem de umidade espremível de géis dos CPSLCs

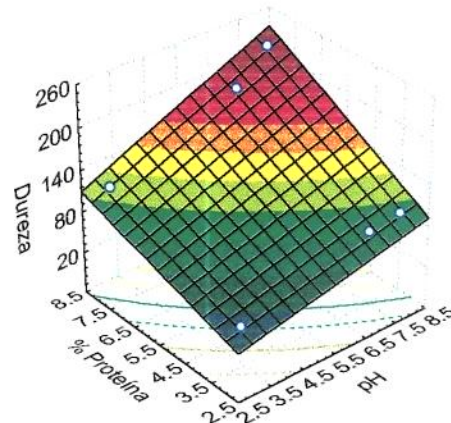
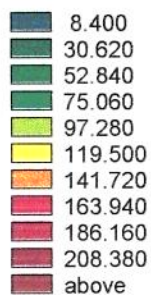
3%Proteína			
	pH 3*	pH 7	pH 8
CPSLC1	100.00 a	83.81a	86.46a
CPSLC2	100.00 a	81.59a	84.02b
CPSLC3	100.00 a	87.63a	87.24a
8%Proteína			
CPSLC1	67.37 a	70.10a	69.05ab
CPSLC2	64.86 a	68.31a	66.75b
CPSLC3	67.51 a	70.33a	71.75a

*como não houve formação de gel na concentração de 3% de proteína, para os três concentrados analisados considerou-se a %UE=100. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Superfície de Resposta do efeito da Concentração de Proteína e pH na Dureza dos Géis do CPSLC1



Superfície de Resposta do efeito da Concentração de Proteína e pH na Dureza dos Géis do CPSLC2



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Dureza dos Géis do CPSLC3

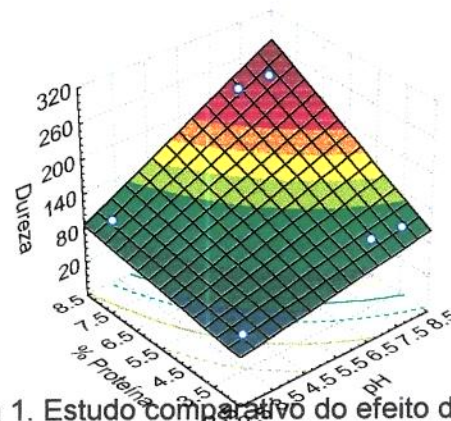
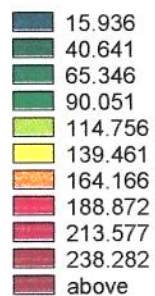
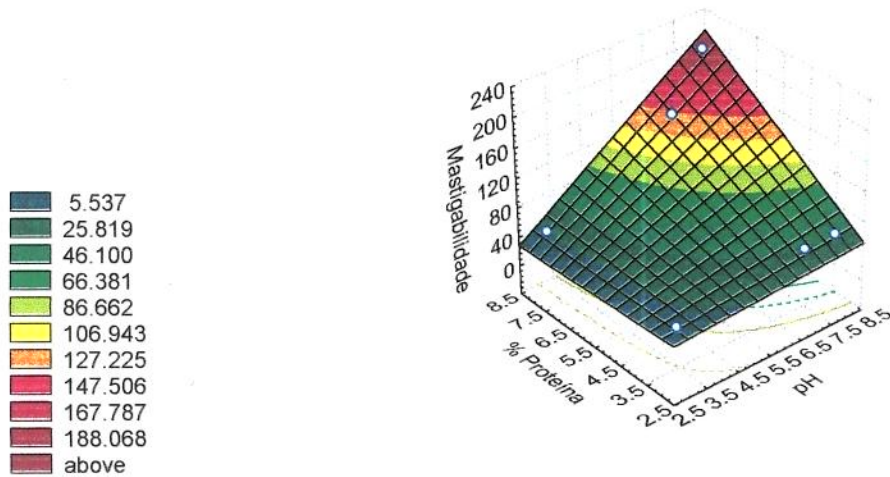
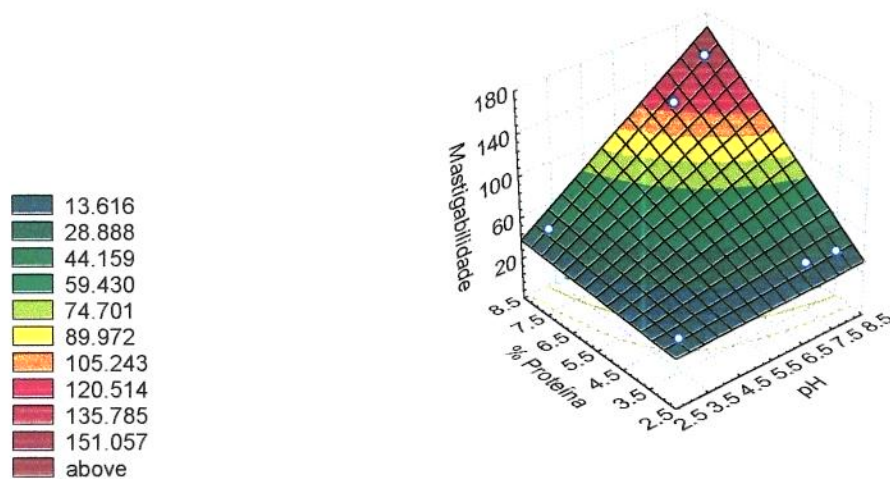


Figura 1. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na dureza dos géis dos CPSLCs

Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Mastigabilidade dos Géis do CPSLC1



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Mastigabilidade dos Géis do CPSLC2



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Mastigabilidade dos Géis do CPSLC3

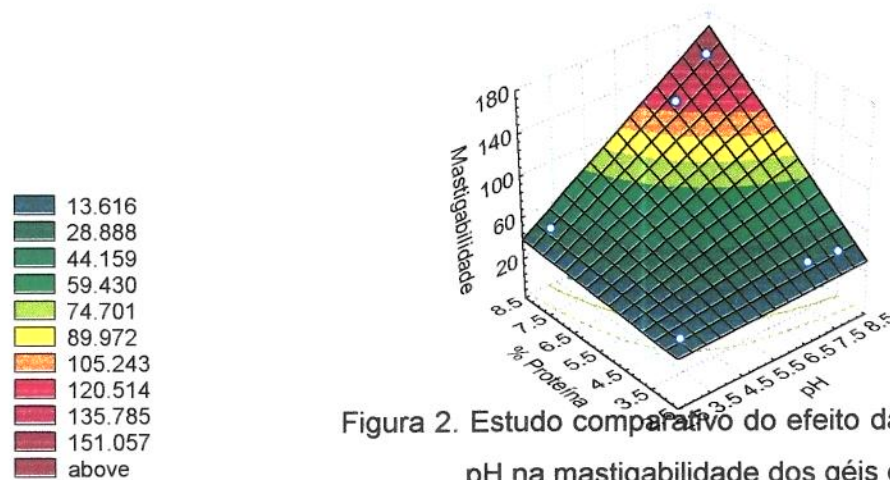
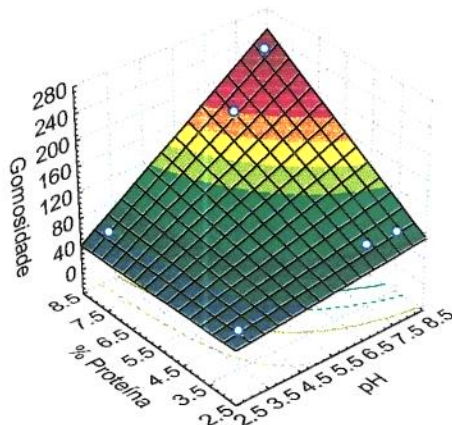
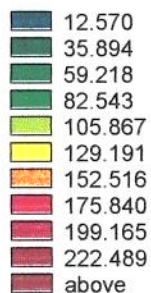
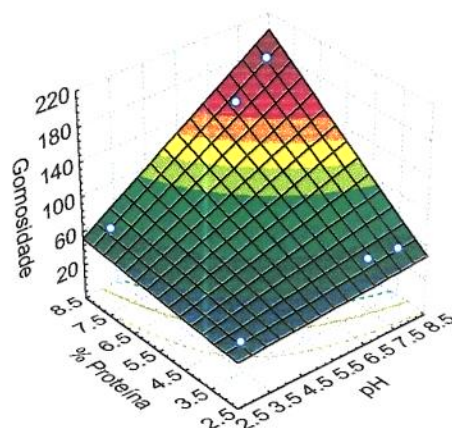
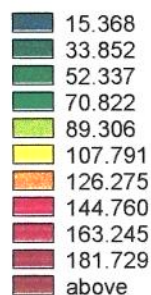


Figura 2. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na mastigabilidade dos géis dos CPSLCs

Superfície de Reposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Gomosidade dos Géis do CPSLC1



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Gomosidade dos Géis do CPSLC2



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Gomosidade dos Géis do CPSLC3

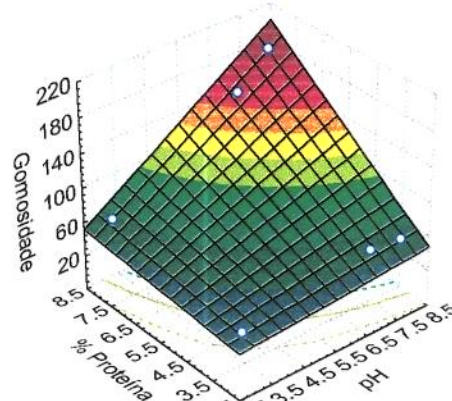
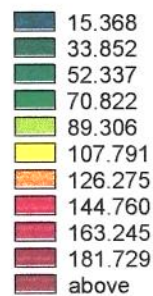
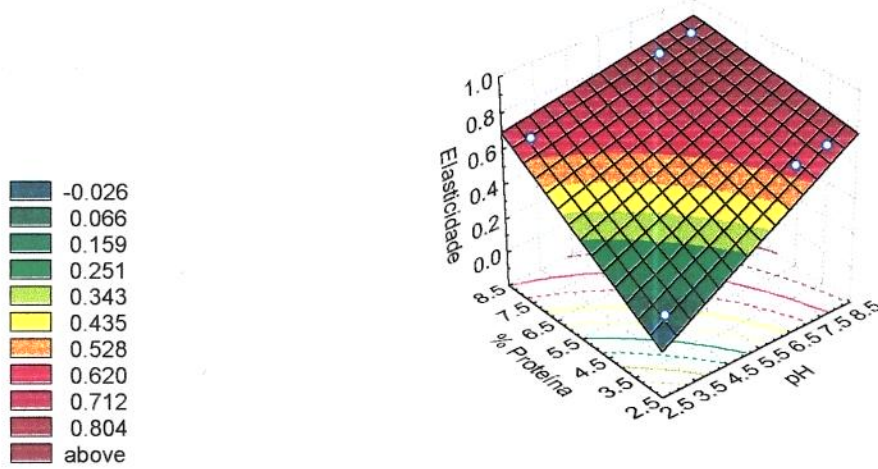
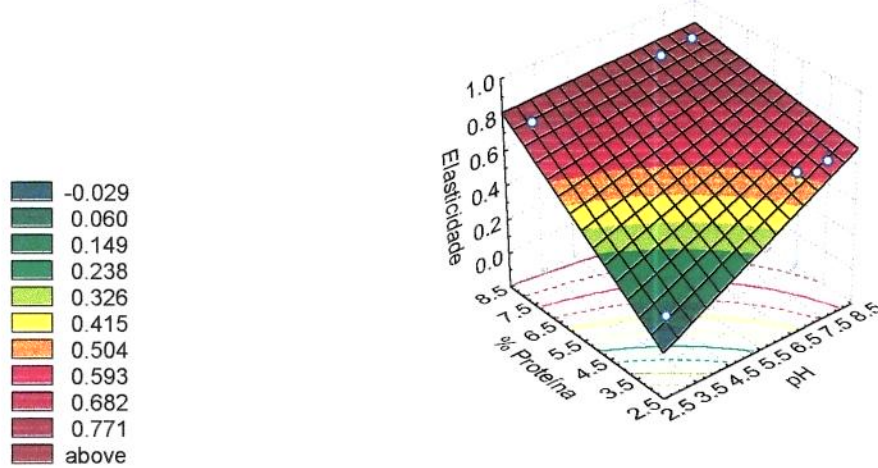


Figura 3. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína
e pH na gomosidade dos géis dos CPSLCs

Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Elasticidade dos Géis do CPSLC1



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Elasticidade dos Géis do CPSLC2



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína
e pH na Elasticidade dos Géis do CPSLC3

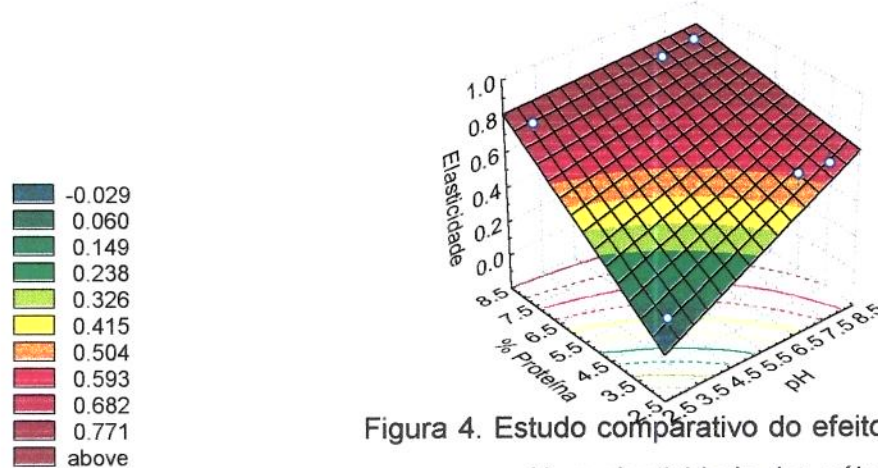
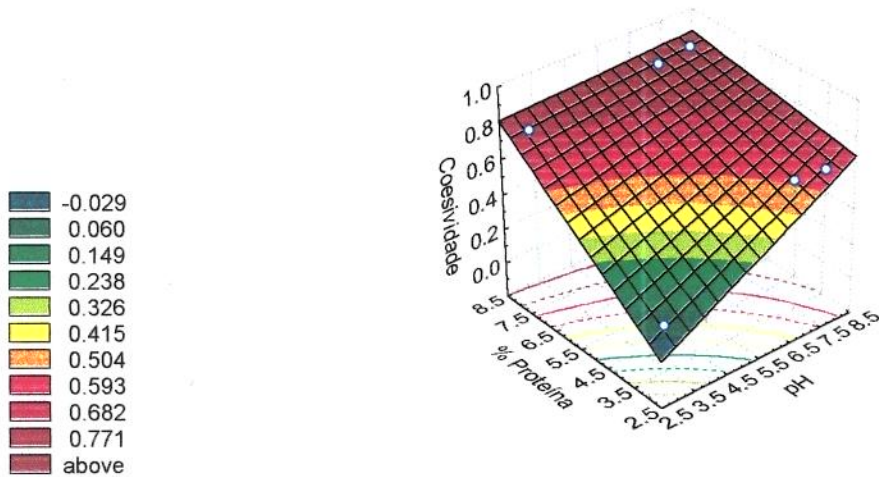
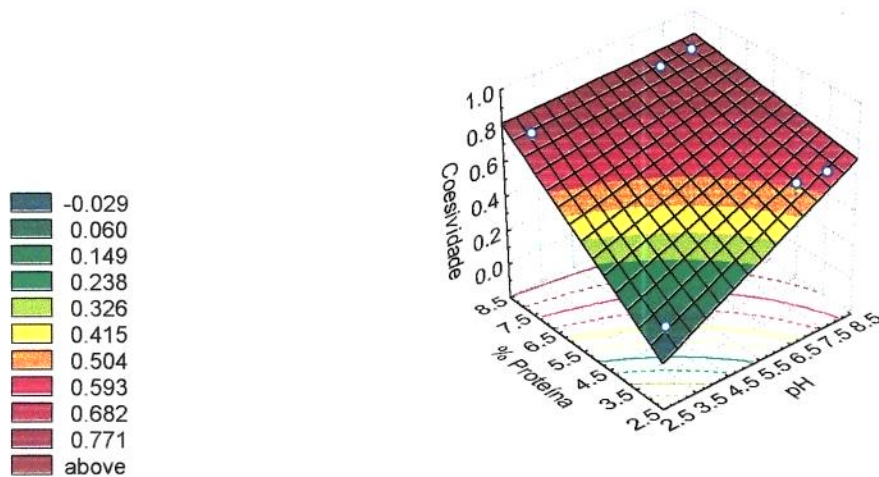


Figura 4. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína
e pH na elasticidade dos géis dos CPSLCs

Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Coesividade dos Géis do CPSLC1



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Coesividade dos Géis do CPSLC2



Superfície de Resposta do Efeito da Concentração de Proteína e pH na Coesividade dos Géis do CPSLC3

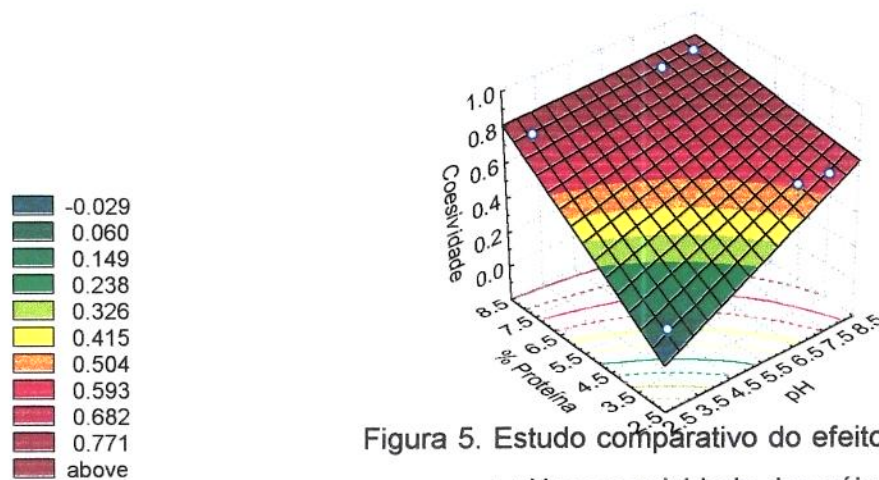


Figura 5. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na coesividade dos géis dos CPSLCs

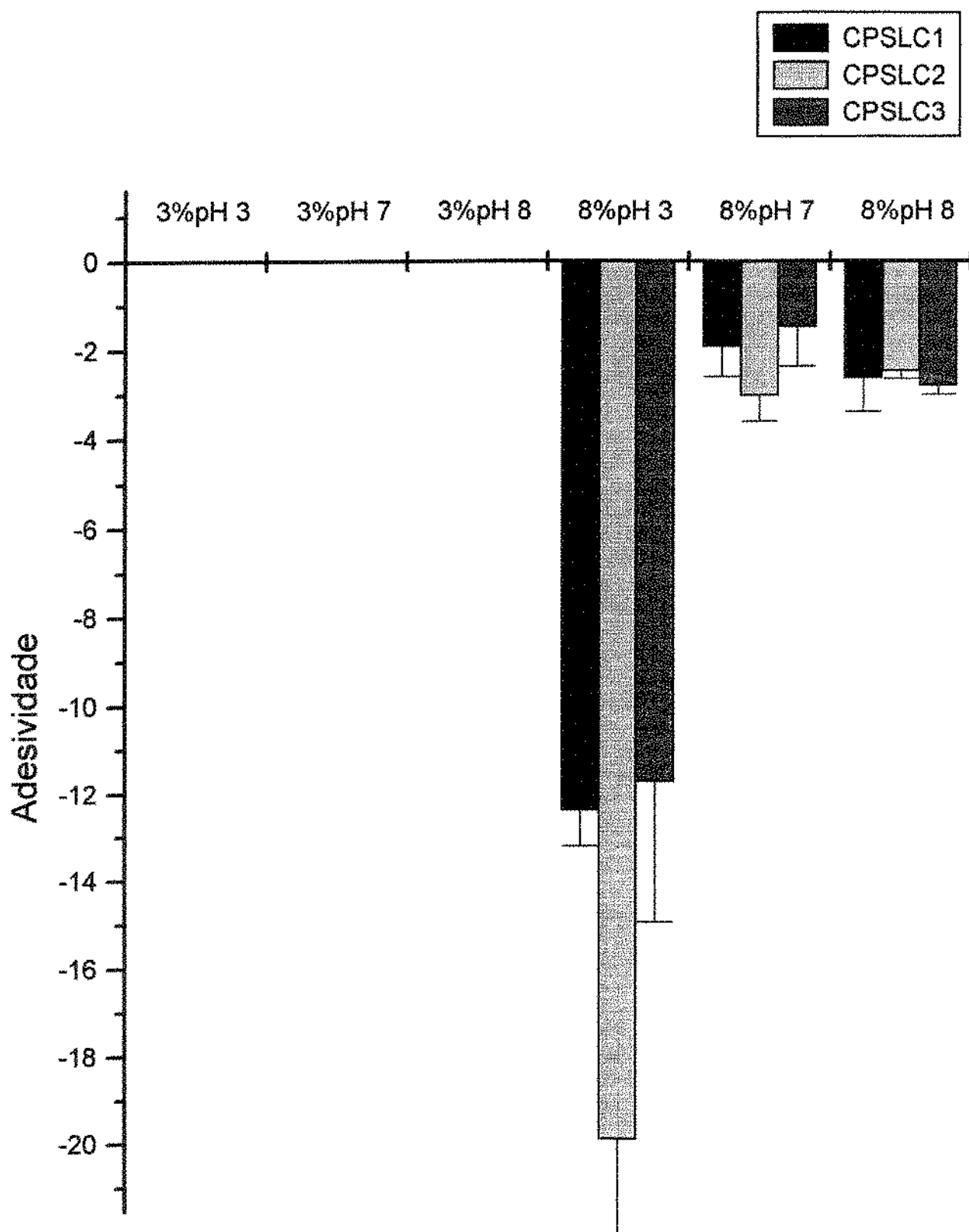


Figura 6. Estudo comparativo do efeito da concentração de proteína e pH na adesividade (mJt^{-2}) dos géis dos CPSLCs



Figura 7. Géis do CPSLC1 com 8 e 3 % de proteína no pH 3



Figura 8. Géis do CPSLC1 com 8 e 3% de proteína no pH 8



Figura 9. Géis do CPSLC2 com 8 e 3% de proteína no pH 3

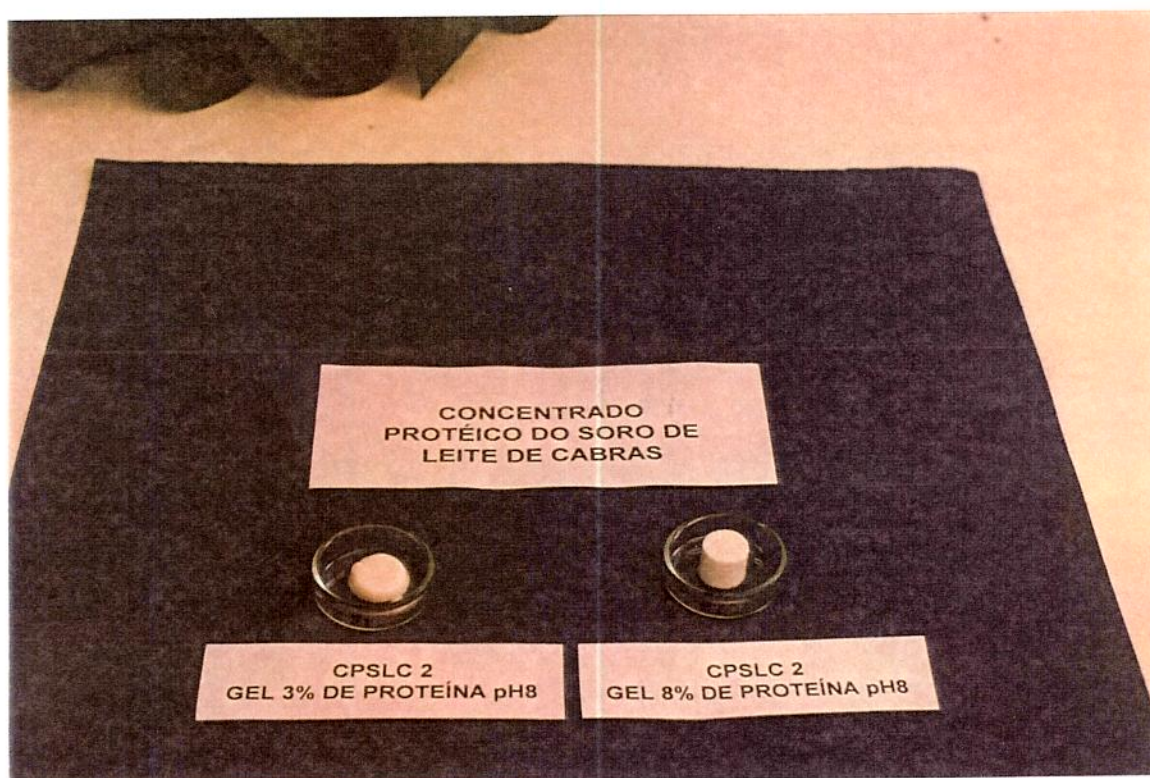


Figura 10. Géis do CPSLC2 com 8 e 3% de proteína no pH 8



Figura 11. Géis do CPSLC3 com 8 e 3% de proteína no pH3



Figura 12. Géis do CPSLC3 com 8 e 3% de proteína no pH 8

4 DISCUSSÃO:

Perfil de textura:

Na análise dos resultados do perfil de textura dos géis dos CPSLCs frente a dois níveis de proteína (3 e 8%) e a três de pH (3,7 e 8), relacionados nas Tabelas 2 e 3, verificou-se que os concentrados 1,2 e 3 com 3% de proteína/pH 3 não formaram gel. Nos pHs 7 e 8 houve diferença significativa ($P < 0.05$) no perfil de textura dos géis analisados nos dois níveis de proteína. No estudo comparativo entre os concentrados (Tabela 4 e Figuras 1 a 6) notamos que a 3% de proteína e dentro de um mesmo valor de pH o desempenho dos géis foi semelhante nas diferentes características analisadas.

A 8% de proteína, diferenças foram medidas e serão analisadas a seguir: a) a dureza dos géis do CPSLC1 foi maior a pH 8, o CPSLC2 a pH 3 e o CPSLC3 a pH 7; b) a elasticidade dos concentrados não diferiu ($P < 0.05$) nos valores de pH 3 e 8, mas foi maior para o CPSLC3 no pH 7; c) a coesividade também não foi diferentes para os concentrados nos pHs 3 e 8, mas foi maior para o CPSLC1 no pH 7. Estas pequenas diferenças apresentadas no comportamento dos CPSLCs nas características dureza, elasticidade e coesividade levaram forçosamente a diferenças na mastigabilidade que foi maior para o CPSLC1 no pH 8, para o CPSLC2 no pH 3 e para o CPSLC3 no pH 7, o mesmo acontecendo com a gomosidade; d) como já foi dito anteriormente os géis dos CPSLCs não apresentaram adesividade a 3% de proteína nos pHs analisados. Com 8% de proteína no pH 3 as amostras apresentaram elevada adesividade quando comparadas aos pH 7 e 8, sendo que foi maior para o CPSLC2 no pH 3.

As Figuras 7 a 12 mostram os géis dos CPSLC1, 2 e 3 nos pHs 3 e 8 e nos níveis de 3 e 8% de proteína, onde podem-se notar as diferenças apresentadas pelos géis frente às mudanças nos dois fatores, que apresentaram forte interação revelada pela análise de variância (Tabelas 1, 2 e 3, anexo 1).

A aparência dos géis a pH 3 assemelha-se mais a um coágulo que a um gel, e tem sido explicada para soro de leite de vaca, como decorrente da agregação protéica e de interações hidrofóbicas (DUNKERLEY e ZADOW, 1981, e MANGINO et al., 1987). A

dureza dos géis obtidos a pH 7 e 8 é resultante da participação da β -Lactoglobulina e de seus grupos SH altamente reativos nos valores altos de pH (MANGINO et al., 1987; TANG et al., 1995).

A coesividade foi a característica que menos sofreu a influência da interação da concentração da proteína com o pH (Tabela1, anexo1), só verificada no CPSLC3, embora não tenha sido evidenciada na análise do estudo comparativo. Observa-se porém, que o aumento do pH leva ao aumento da coesividade o que está de acordo com o reportado por TANG et al. (1995).

Umidade espremível(%):

A percentagem de umidade espremível (Tabelas 5 e 6) não apresentou diferença significativa ($P < 0.05$) quando comparou-se os CPSLCs dentro de um mesmo nível protéico, entretanto um aumento da concentração de proteína provocou uma maior retenção de água atribuída a possibilidade de uma maior ocorrência de interações proteína-proteína.

A Tabela 7 e Figura 3 trazem os resultados do estudo comparativo do efeito da interação concentração de proteína e pH na percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLCs, onde observou-se que a 3% e 8% de proteína e nos pHs 3 e 7 não houve diferença significativa entre os CPSLCs ($p < 0.05$). Já, no pH 8 e nas duas concentrações de proteína testadas o CPSLC2 reteve maior quantidade de água.

5 CONCLUSÃO

- Os parâmetros concentração de proteína e pH mostraram forte interação no perfil de textura dos géis dos CPSLCs.
- O CPSLC2 apresentou melhor desempenho quanto ao perfil de textura em pH 3, o CPSLC1 em pH 8 e o CPSLC3 em pH 7, revelando que a composição e o processamento interferem no comportamento funcional dos concentrados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, J.M. 1995. Gelation of whey protein. **Food Technol.** 40(10):83-86, 88-89.
- DUNKERLEY, J.A . and ZADOW, J.G. 1981. Rheological studies on heat-induced coagula from whey protein concentrates. **N. Z. J. Dairy Sci. Technol.** 16:243-252.
- JAUREGUI, C.A ., REGENSTEIN, J.M. and BAKER, R.C. 1981. A simple method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. **J. Food Sci.** 46:1271-1273.
- KORNHORST, A. L. and MANGINO, M.E. 1985. Prediction of the strength of whey protein gels based on composition. **J. Food Sci.** 50:1403-1405.
- KUHN, P.R. and FOEGEDING, E.A. 1991a. Mineral salt effects on whey protein gelation. **J. Agric. Food Chem.** 39(6):1013-1016.
- _____. 1991b. Factors influencing whey protein gel rheology: dialysis and calcium chelation. **J. Food Sci.** 56(3):789-791.
- LEE, A ., CANNON, R.Y. and HUFFMAN, D.L. 1980. Whey protein concentrates in a processed meat loaf. **J. Food Sci.** 45:1278-1279, 1804.
- MANGINO, M.E. 1992. Gelation of whey protein concentrate. **Food Technol.** 46(1):114-117.
- MANGINO, M.E., KIM, J.H., DUNKERLEY, J.A . ZADOW, J.G. 1987. Factors important to the gelation of whey protein concentrates. **Food Hydrocolloids** 1(4):277-282.
- MULVIHILL, D.M. and KINSELLA, J.E. 1988. Gelation of β -Lactoglobulin: effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. **J. Food Sci.** 53(1):231-236.

- SAS. 1982. **SAS Users' Guide: Statistics**. SAS Institute, Inc., Carey, NC SAS, Inc.
- SATO, K., NAKAMURA, M., NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1995. Preparation of gel of partially heat-denatured whey protein by proteolytic digestion. **Milchwissenschaft** 50(7): 389-392.
- SCHMIDT, R.H., ILLINGWORTH, B.L. and AHMED, E.M. 1978. Heat-induced gelation of peanut protein/ whey protein blends. **J. Food Sci.** 43(2):613-618, 621.
- SCHMIDT, R.H., PACKARD, V.S. and MORRIS, H.A .1984. Effect of processing on whey protein functionality. **J. Dairy Sci.** 67(11):2723-2733.
- SHIMADA, K. and CHEFTEL, J.C. 1989. Sulphydryl group/dissulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **J. Agric. Food Chem.** 37(1):161.
- TANG, Q., MUNRO, P. A .and McCARTHY, O.J. 1993. Rheology of whey protein concentrate solution as a function of concentration, temperature, pH and salt concentration. **J. Dairy Res.** 60:349-361.
- TANG, Q., McCARTHY, O . J. and MUNRO, T. A .1995. Effect of pH on whey protein concentrate gel properties: comparison between small deformation (dynamic) and large deformation (failure) testing. **J. Texture Stu.** 26:255-272.
- TAYLOR, S.M., GLADDEN, L.F. and FRYER, P.J. 1994. Changes in the gelation mechanism of whey protein concentrate with pH and temperature. **J. Dairy Res.** 61:71-81.
- ZIRBEL, F. and KINSELLA, J.E. 1988. Factors affecting the rheological properties of gels made from whey protein isolated. **Milchwissenschaft** 43(11):691-694.

6 ESTUDO 4 - CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE DE CABRAS. IV. Efeito do tempo de hidrólise triptica no perfil de textura e na percentagem de umidade espremível de seus géis

1 INTRODUÇÃO

As proteínas do soro nativas têm excelentes propriedades funcionais incluindo solubilidade, emulsificação, ligação de água e gelatinização. A hidrólise proteolítica destas proteínas fornece uma mistura de peptídeos. O comportamento funcional é alterado dependendo da extensão da hidrólise. As enzimas também podem ser usadas para induzir interligações intra e intermoleculares. Os produtos poliméricos podem exibir interessantes características funcionais e reológicas (KESTER e RICHARDSON, 1984).

As enzimas proteolíticas têm sido muito utilizadas para melhorar a funcionalidade de uma variedade de proteínas em alimentos. A hidrólise das ligações peptídicas podem resultar no aumento do número de grupos carregados e hidrofiliidade, decréscimo no peso molecular e alteração na configuração molecular. Geralmente, com o aumento do grau de hidrólise um aumento da solubilidade e decréscimo na viscosidade são constatados. Outros fatores são frequentemente observados e incluem alterações na propriedade gelatinizante, aumento da estabilidade térmica, aumento na habilidade de formação de espuma e capacidade emulsificante e decréscimo na estabilidade das espumas e emulsões formadas (NAKAI e LI-CHAN, 1989).

JOST e MONTI (1977) verificaram que a hidrólise enzimática parcial das proteínas do soro com tripsina, aumenta a solubilidade da proteína em água e torna as proteínas do soro insolubilizadas pelo calor completamente solubilizadas pela ação da tripsina.

SCHMIDT e POLL (1991) hidrolisaram as principais proteínas do soro do leite de vacas, α -La e a β -Lg com diferentes enzimas (serina proteases, cisteína proteases e metaloproteases) e observaram que a ação das mesmas enzimas em ambas as proteínas diferiu e foi demonstrado ser dependente da composição do meio (por

exemplo presença de cálcio), temperatura de incubação e grau de desnaturação da proteína. A α -La é rápida e parcialmente hidrolisada pela tripsina, enquanto a β -Lg não. A β -Lg diminui com o aumento do tempo de hidrólise, mas os peptídeos resultantes são aparentemente pequenos para permanecerem no gel.

Estudando o efeito da hidrólise com tripsina sobre a propriedade gelatinizante das proteínas do soro, JU et al. (1995), constataram que a enzima evita a gelatinização das proteínas na concentração de 12% a pH 3 e 7, e provoca pronunciado enfraquecimento do gel formado a pH 5,2, e que a propriedade gelatinizante das proteínas do soro pode ser manipulada pela proteólise limitada. A habilidade de gelatinização e força do gel de isolados protéicos de soro podem ser diminuídas ou aumentadas, dependendo da enzima e do pH de gelatinização. A força dos géis formados depende também do grau de hidrólise.

De acordo com SATO et al. (1995 e 1996), soluções de isolados protéicos de soro desnaturadas pelo calor podem formar gel depois da digestão proteolítica com tripsina, pronase, papaína e protease a 37°C. A gelatinização induzida pela digestão proteolítica foi considerada resultante da hidrólise de agregados solúveis e da interação entre eles. Entretanto, a gelatinização depende do grau de hidrólise destes agregados. Verificaram também que ocorre agregação preferencial da β -Lg durante o aquecimento de hidrolisados trípticos de isolados protéicos de soro, a 90°C por dez minutos, e que embora não tenha ficado claro nesses estudos, assumiram que as ligações dissulfídicas e os grupos tiol têm importante papel na agregação.

GUO et al. (1995) estudando a susceptibilidade da β -Lg a hidrólise com pepsina e tripsina usando SDS ou URÉIA-PAGE, observaram que a β -Lg nativa foi resistente a hidrólise por causa de sua estrutura globular compacta. Tratamentos térmicos das soluções de β -Lg a 90° e 100°C por cinco e dez minutos, causaram mudanças na estrutura ou configuração da proteína, que tornaram-na acessível à pepsina e aumentaram a extensão da proteólise com tripsina, que também foi aumentada pela presença de 2-mercaptoetanol a 2%.

No estudo do efeito da hidrólise enzimática sobre a microestrutura de géis formados de soluções de isolado protéico de soro com 12% de proteína a pH 7 OTTE et al. (1996) verificaram que, como esperado, os géis formados das soluções protéicas não hidrolisadas quando a pH 3 e 7, e particularmente a pH 5,2, apresentaram-se como finas estruturas e que os tratamentos enzimáticos (tripsina, neutrase, protease de *Bacillus licheniformes*) causaram alterações na microestrutura, que foram pequenas a pH 3, marcantes a pH 5,2 e fortes a pH 7. Sendo portanto, a hidrólise limitada, uma maneira de mudar microestrutura e propriedades do gel a pH fracamente ácido e neutro, mudanças estas necessárias para a produção de muitos alimentos.

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da hidrólise triptica sobre o perfil de textura e percentagem de umidade espremível de géis de concentrados protéicos de soro de leite de cabras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Os concentrados protéicos de soro de leite de cabras denominados de CPSLC1, CPSLC2 e CPSLC3, foram obtidos de soro resultante da fabricação de queijo Minas Frescal, como descrito anteriormente na figura 1 do Estudo 1.

2.2 Grau de hidrólise (%)

Foi medido com o uso do ácido trinitrobenzóico sulfônico (TNBS) segundo a metodologia descrita por ADLER-NISSEN (1979), onde 1 mL dos hidrolisados e do branco foram colocados em 5 mL de SDS 1% pré-aquecidos a 80°C e mantidos nesta temperatura por dez minutos. Transferidos em seguida para balão volumétrico de 50 mL e o volume completado com SDS 1%. Desta solução foram tomadas alíquotas de 0,2 mL e adicionados 2 mL de TNBS 0.1%, agitados e colocados em B.M. a 50°C por uma hora. Atingido o tempo necessário para a reação, os tubos foram novamente agitados e deixados em repouso por ½ hora em temperatura ambiente, quando então foram invertidos e a cor desenvolvida lida a 340 nm em espectrofotômetro BECKMAN

DU-70. Todo o ensaio foi realizado cobrindo-se os tubos com papel alumínio para evitar alterações pelo efeito da luz.

2.3 Gelatinização

Alíquotas dos hidrolisados e das soluções controle obtidos no item 2.6 (triplicata), foram colocadas em tubos vazados medindo 6 x 1,5 cm, fechados em uma das extremidades com rolha de borracha, e na outra com filme Magipack, submetidos a tratamento térmico de 90°C por 30", sendo em seguida resfriados em gelo e mantidos a 6°C por 17 horas. Os géis assim obtidos foram retirados dos tubos e cortados (1,8 x 1,5 cm), e o perfil de textura analisado em texturômetro TA-XT2, à temperatura ambiente.

2.4 Umidade espremível dos géis

Nos géis obtidos no item 2.3 determinou-se a percentagem de umidade espremível, seguindo a metodologia descrita por JAUREGUI et al. (1991).

2.5 Preparo dos hidrolisados

Soluções dos CPSLCs contendo 8% de proteína em água deionizada foram preparadas como descrito por JU et al. (1995), em pH 7, agitadas por 30 minutos e mantidas em repouso "overnight" a 5°C. Em seguida as amostras foram pré-aquecidas em B.M. a 40°C por dez minutos. A tripsina foi adicionada na proporção de 1:100 (peso/peso) e as soluções mantidas a 40°C sob agitação durante o tempo de hidrólise desejado (2 e 4 horas). Um branco foi feito sem adição da enzima. A hidrólise foi detida pelo ajuste do pH para 10.5 a 65°C por 20 minutos. Em seguida, o pH foi reajustado para 7. Alíquotas dos hidrolisados e das soluções controle foram tomadas para análise do grau de hidrólise e para elaboração dos géis. O restante foi liofilizado para posterior análise eletroforética.

2.6 Eletroforese

Foi conduzida de acordo com o método de SCHÄGGER e VON JAGOW (1987) baseado na metodologia para SDS-PAGE desenvolvida por LAEMMLI (1970), para separação de proteínas na faixa de 1 a 100 KDa, usando como carregador de íons a

Tricina no lugar da Glicina. Utilizou-se um gel de empilhamento a 4% e o de corrida a 16%, com 0,75 mm de espessura. A análise foi feita em um sistema Mini-Protean II da BIORAD. Para a eletroforese 10 mg da amostra foram misturados a 3 ml da tampão da amostra, aquecidos a 90°C por 4 minutos e mantidos em freezer até análise. As condições de corrida, revelação e lavagem dos géis obedeceu a metodologia clássica. Para cada gel foi incluída uma amostra padrão para baixo peso molecular (SIGMA) contendo α -La, β -Lg, anidrase carbônica, fumarase e BSA com 14.200, 18.400, 29.000, 48.500 e 60.000 Daltons, respectivamente. Os géis corados foram fotografados através de um filtro vermelho usando luz transmitida.

2.7 Densitometria

Utilizou-se um vídeo-densitômetro modelo 620 da BIORAD. Os picos foram determinados com o programa 1D Analyst II - BIORAD Laboratories versão 3.0.

2.8 Análise Estatística

Foi realizada através da análise de variância e teste de Tukey usando o programa SAS (Statistical Analysis System).

3 RESULTADOS

Tabela 1. Composição média dos concentrados protéicos de soro de leite de cabras

Parâmetros (%)	CPSLC 1	CPSLC 2	CPSLC 3
Umidade	3.60±0.16	3.64±0.16	3.45±0.14
Proteína (Nt - NNP x6,38)	55.87±0.07	61.84±0.46	72.01±0.30
Gordura	14.14±0.12	9.45±0.14	10.39±0.24
Lactose	26.73±0.22	19.27±0.56	14.230.99
Cinzas	3.38±0.03	2.09±0.03	2.30±0.03
Ca ⁺²	0.14±0.02	0.07±0.002	0.39±0.02
Nitrogênio não protéico	0.92±0.01	1.31±0.01	0.59±0.01
SH _{TOTAL} (μM/g)	10.48±0.25	15.96±0.18	15.02±0.27
SH _{REATIVO} (μM/g)	8.53±0.27	14.31±0.17	12.71±0.19
Teor calórico (Kcal)	543.35±1.20	634.80±5.73	553.56±1.34
Solubilidade(pH 7)	99.39±2.92	95.52±2.33	70.73±4

Médias obtidas de análise em triplicata a exceção do teor calórico que foi feito em duplicata

Tabela 2. Nível de hidrólise obtido no tratamento dos CPSLCs com tripsina durante 2 e 4 horas

Amostra	%GH	
	2 horas	4 horas
CPSLC1	1.59	2.23
CPSLC2	2.25	3.16
CPSLC3	3.53	4.98

Médias obtidas de análise em triplicata

Tabela 3. Efeito do tempo de hidrólise triptica sobre a %UE de géis dos CPSLC 1 e 3

Tempo	2h-Branco	2h-Hidr.	4h-Branco	4h-Hidr.
CPSLC1	71.04 a	78.57 a	65.83 a	76.92 a
CPSLC3	68.43 b	78.47 a	67.80 a	81.02 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Efeito do tempo de hidrólise trípica no perfil de textura de géis dos CPSLCs

Tempo	2h-Branco	2h-Hidrólise	4h-Branco	4h-Hidrólise
CPSLC	Dureza ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Dureza ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Dureza ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Dureza($m \cdot l \cdot t^{-2}$)
1	159.12 a	0 b	240.48 a	21.51 b
2	142.79 a	38.40 a	120.27 a	36.52 a
3	141.65 a	0 b	103.43 a	0 c
CPSLC	Elasticidade (l)	Elasticidade (l)	Elasticidade (l)	Elasticidade (l)
1	0.907 a	0 b	0.895 a	0.619 b
2	0.888 a	0.776 a	0.855 a	0.751 a
3	0.885 a	0 b	0.858 a	0 c
CPSLC	Coesividade	Coesividade	Coesividade	Coesividade
1	0.807 a	0 b	0.808 a	0.550 b
2	0.815 a	0.659 a	0.814 a	0.650 a
3	0.803 a	0 b	0.832 a	0 c
CPSLC	Mastigabilidade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Mastigabilidade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Mastigabilidade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Mastigabilidade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)
1	111.45 a	1 b	175.53 a	7.35 b
2	103.28 a	19.64 a	83.75 ab	17.82 a
3	100.59 a	0 b	74.17 b	0 c
CPSLC	Gomosidade ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Gomosidade ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Gomosidade ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)	Gomosidade ($m \cdot l \cdot t^{-2}$)
1	128.45 a	0 b	196.81 a	11.85 b
2	116.36 a	25.31 a	97.95 ab	23.73 a
3	113.74 a	0 b	86.22 b	0 c
CPSLC	Adesividade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Adesividade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Adesividade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)	Adesividade ($m \cdot l^2 \cdot t^{-2}$)
1	-1.77 a	0 b	-3.71 a	-1.51 c
2	-2.53 a	-1.15 a	-3.66 a	-0.85 b
3	-2.18 a	0 b	-2.33 a	0 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. (m=massa, l=distância e t=tempo)

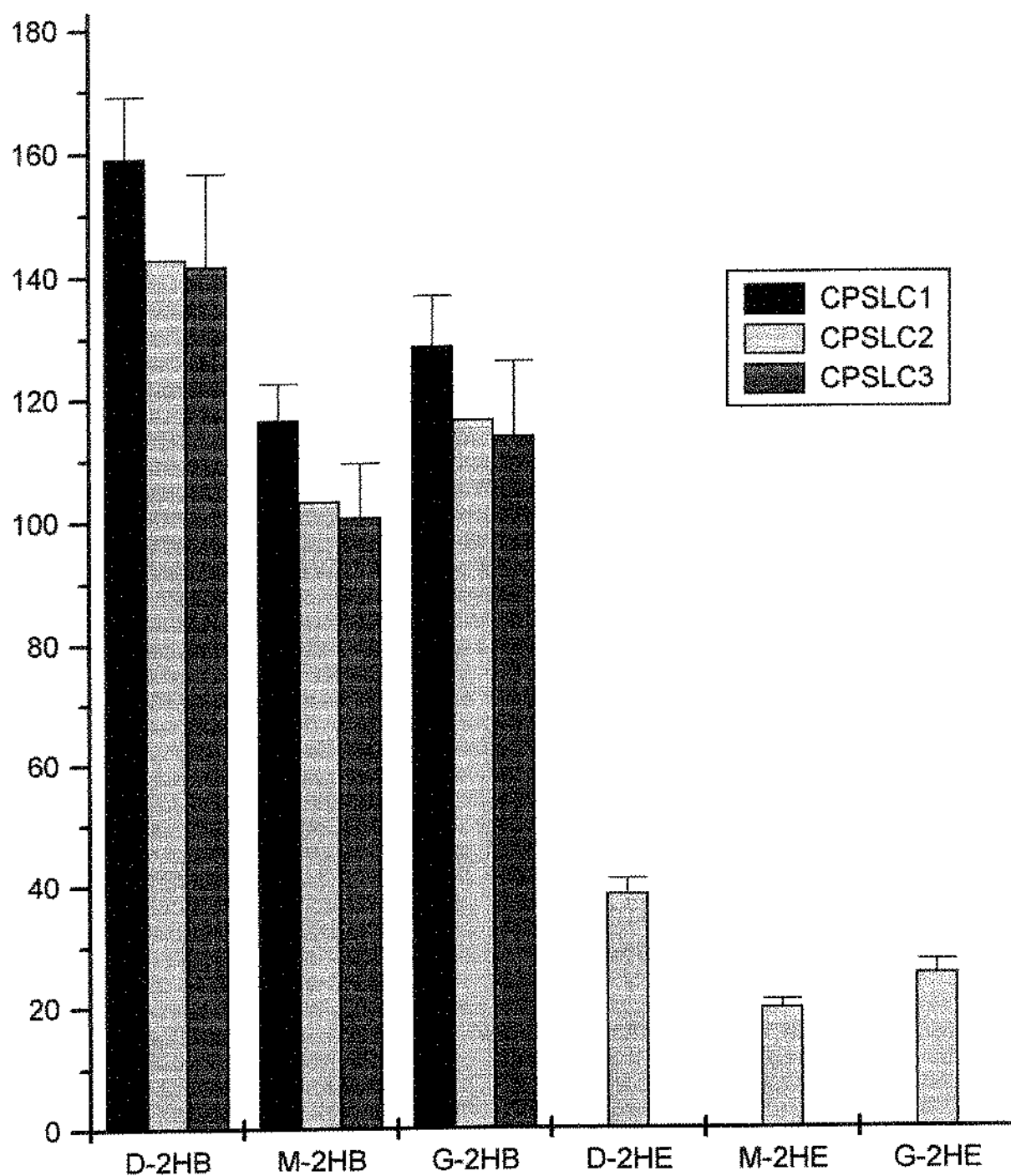


Figura 1. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (2 horas) sobre as características dureza (m l t^{-2}), mastigabilidade ($\text{m l}^2 \text{ t}^{-2}$) e gomosidade (m l t^{-2}) dos géis dos CPSLCs

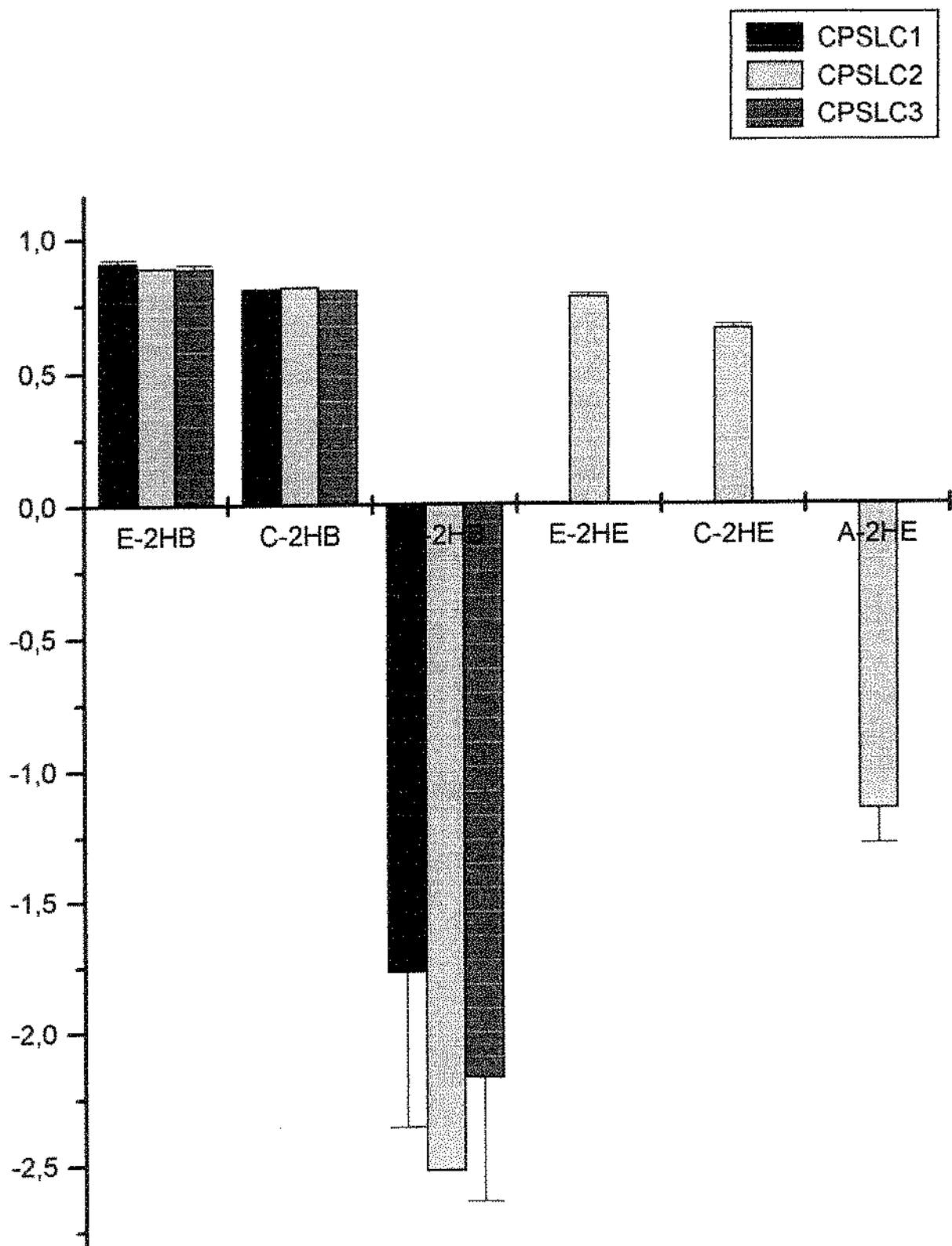


Figura 2. Estudo comparativo do efeito da hidrólise trípica (2 horas) sobre as características elasticidade (I), coesividade (imensurável) e adesividade ($\text{m l}^2 \text{t}^{-2}$) dos géis dos CPSLCs

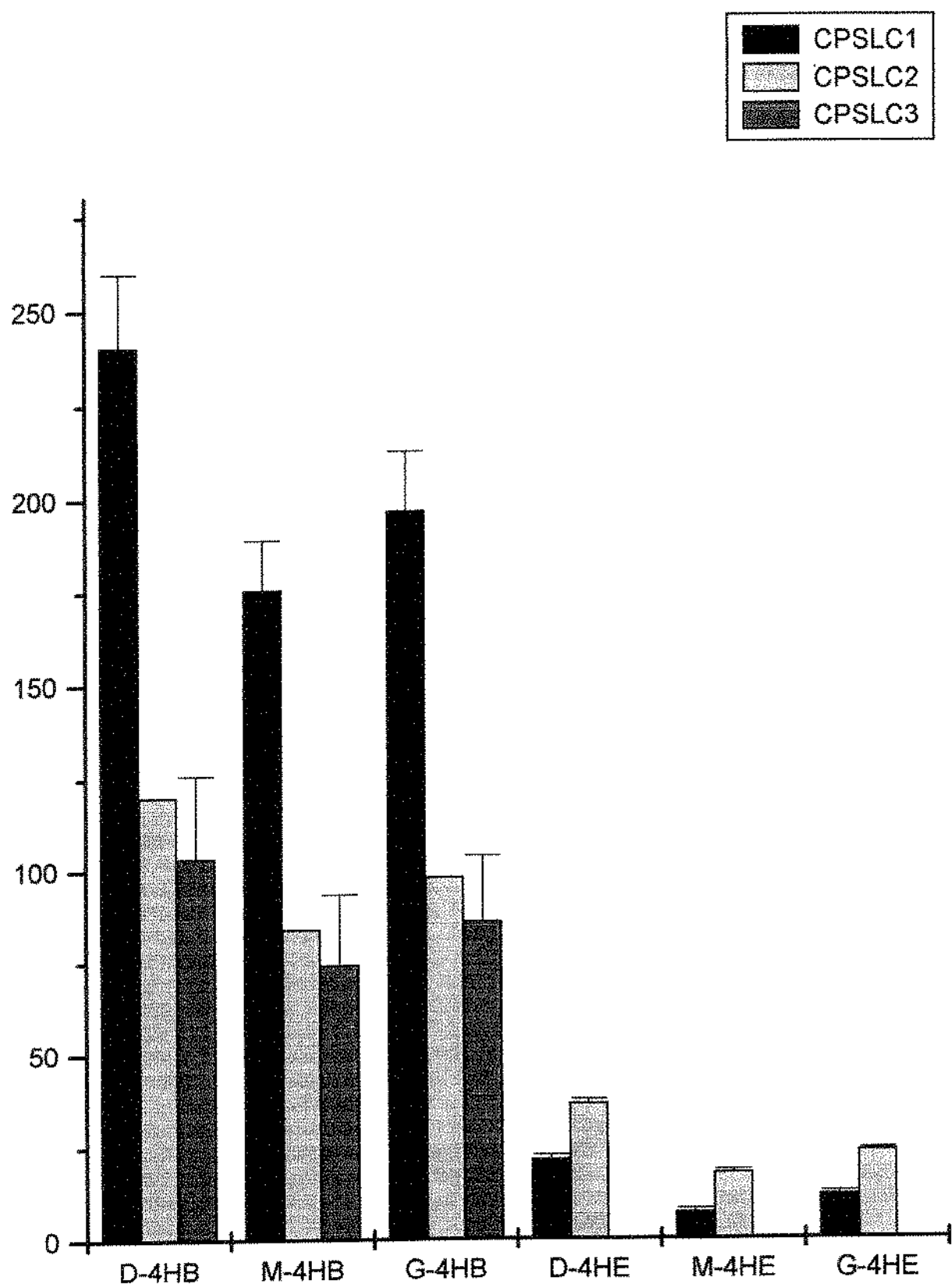


Figura 3. Estudo comparativo do efeito da hidrólise triptica (4 horas) sobre as características dureza (m l t^{-2}), mastigabilidade ($\text{m l}^2 \text{ t}^{-2}$) e gomosidade (m l t^{-2}) dos géis dos CPSLCs

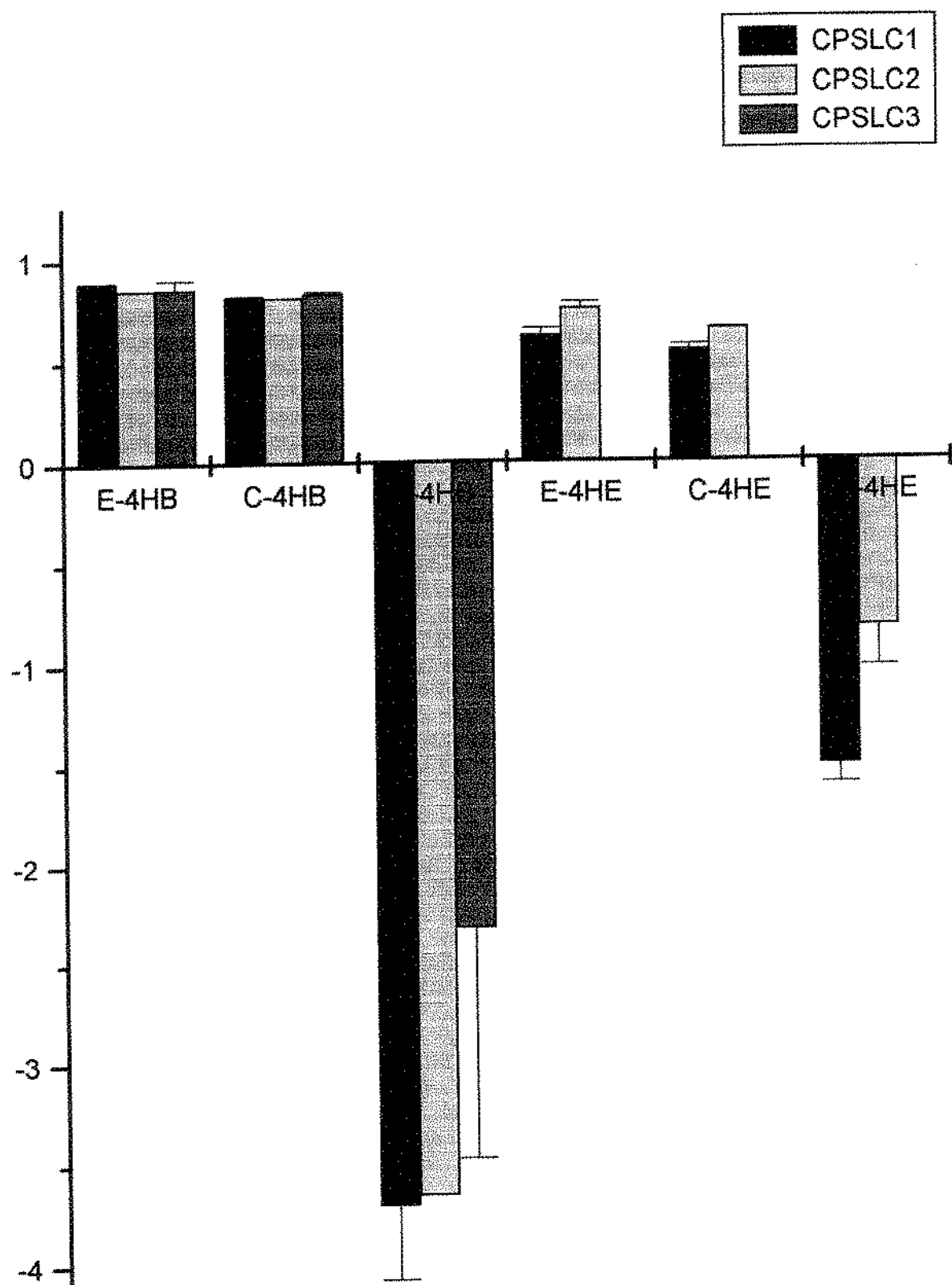


Figura 4. Estudo comparativo do efeito da hidrólise trípica (4 horas) sobre as características elasticidade (I), coesividade (imensurável) e adesividade ($\text{m l}^2 \text{t}^{-2}$) dos géis dos CPSLCs

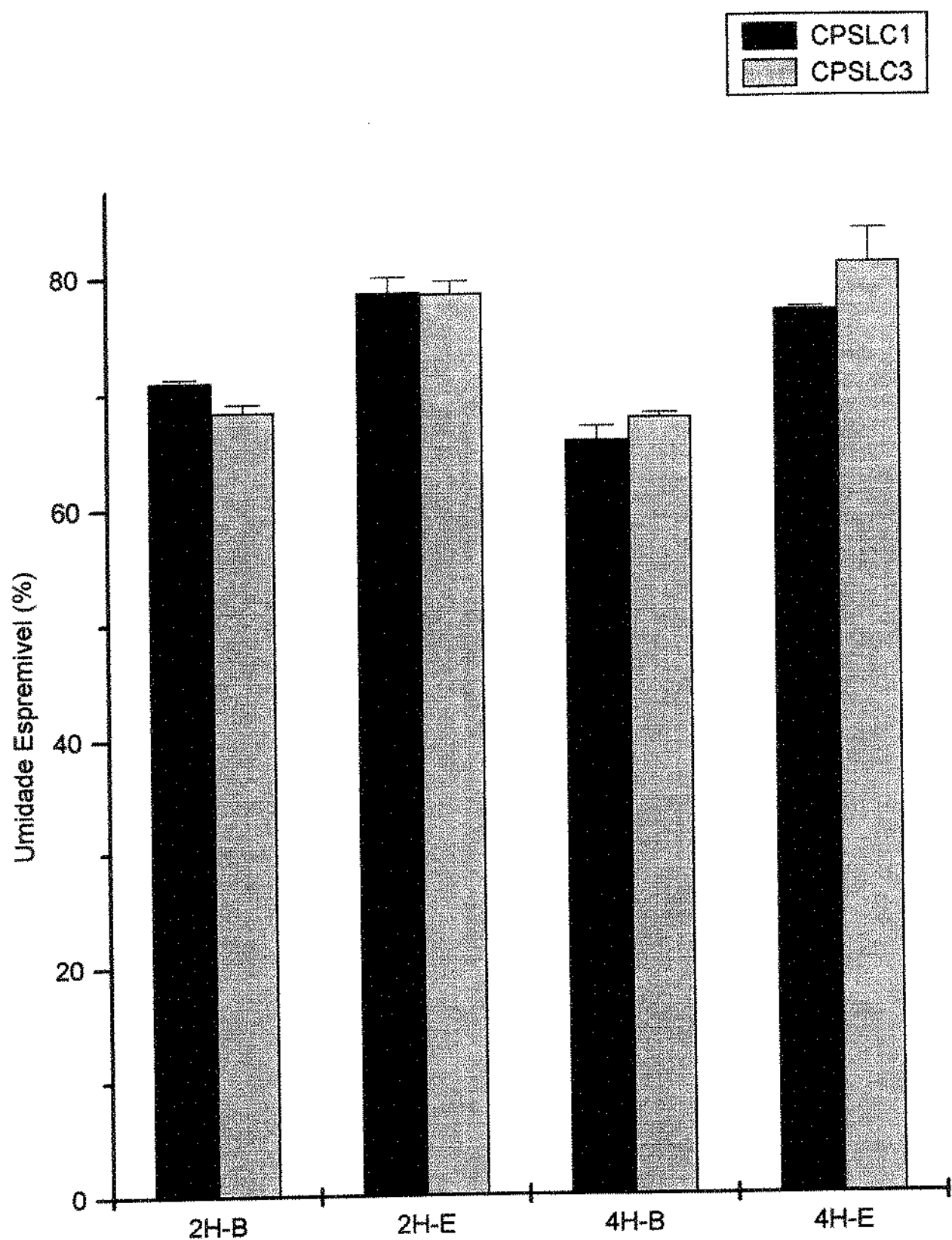


Figura 5. Estudo comparativo do efeito da hidrólise trípica (2 e 4 horas) sobre a percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLCs 1 e 3

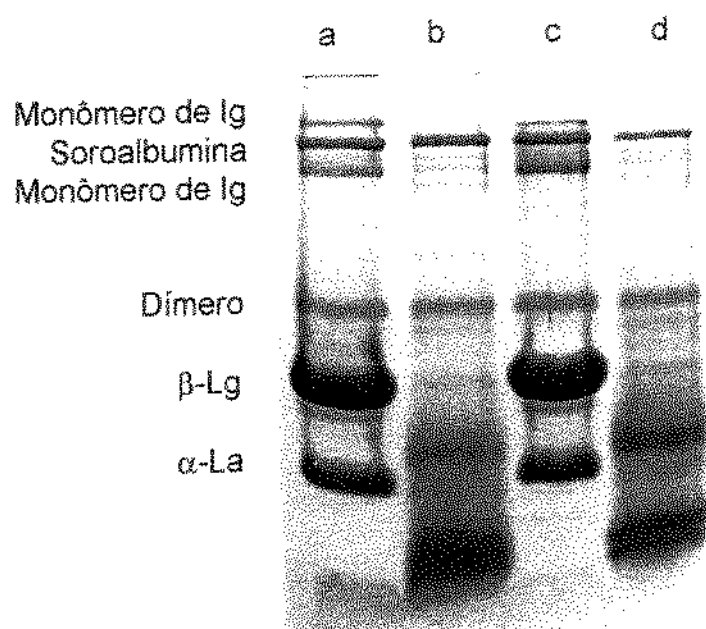


Figura 6. SDS-PAGE do CPSLC1 onde a = branco 2 horas; b = 2 horas de hidrólise com tripsina; c = branco 4 horas; d = 4 horas de hidrólise com tripsina

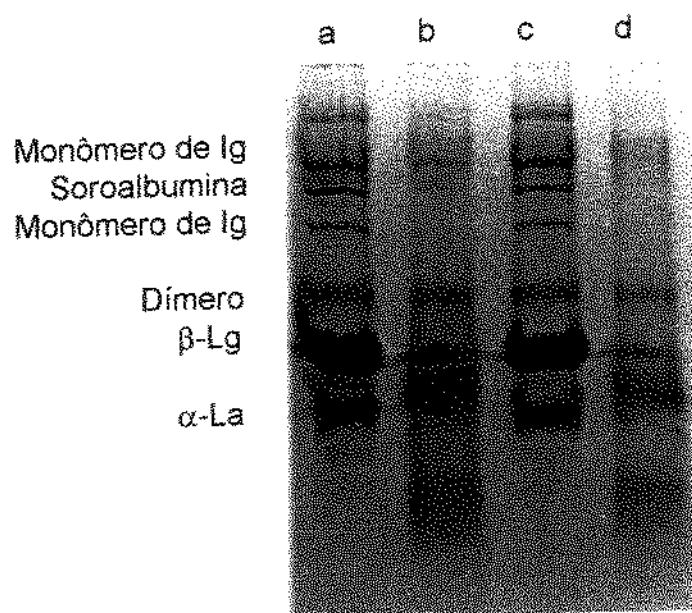


Figura 7. SDS-PAGE do CPSLC2 onde a = branco 2 horas; b = 2 horas de hidrólise com tripsina; c = branco 4 horas; d = 4 horas de hidrólise com tripsina

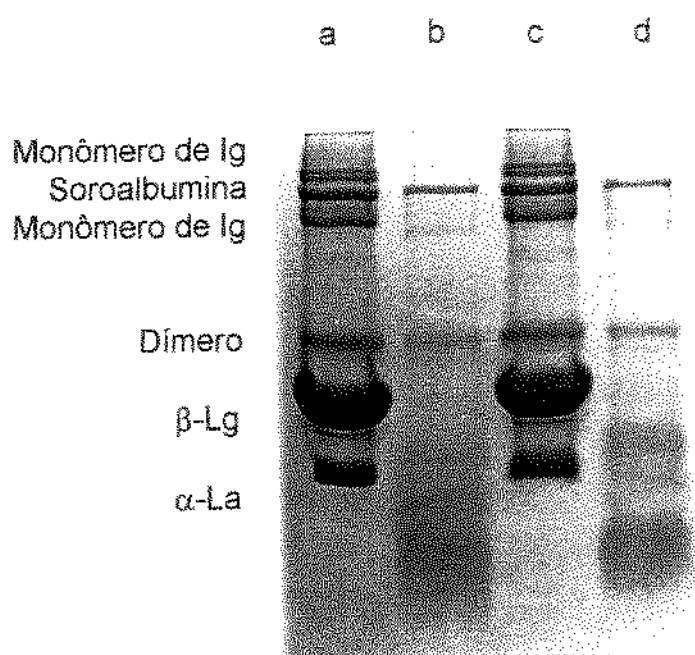


Figura 8. SDS-PAGE do CPSLC3 onde a = branco 2 horas; b = 2 horas de hidrólise com tripsina; c = branco 4 horas; d = 4 horas de hidrólise com tripsina

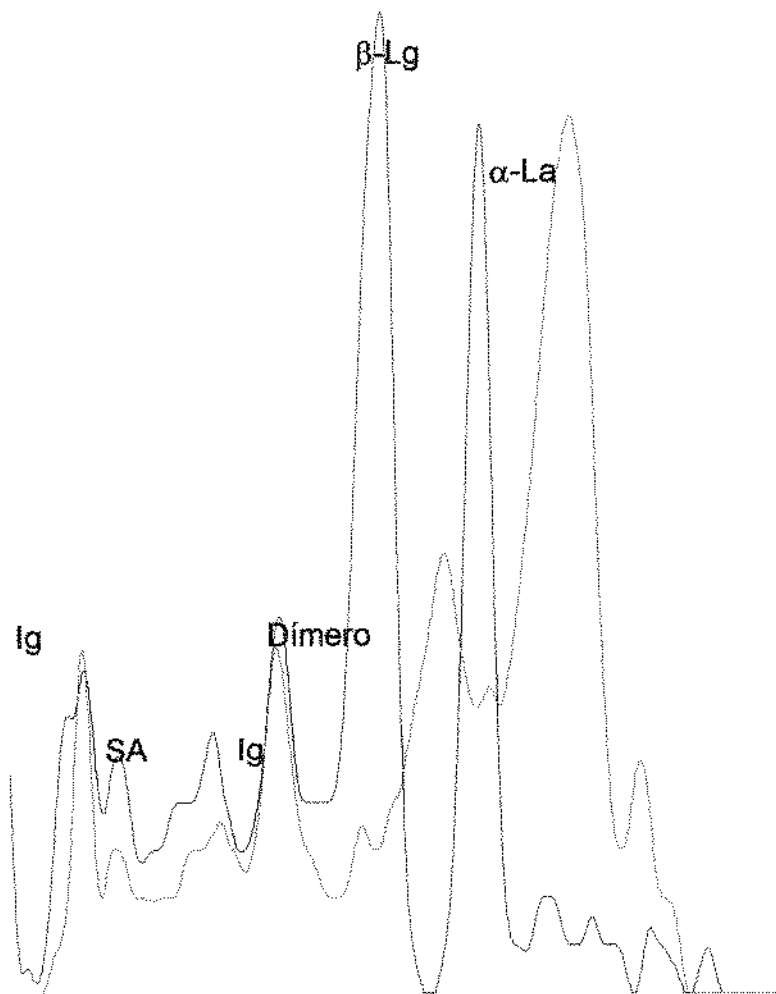


Figura 9. Perfil eletroforético dos géis de SDS-PAGE do CPSLC1 onde --- branco 2 horas e —hidrolisado 2 horas tripsina

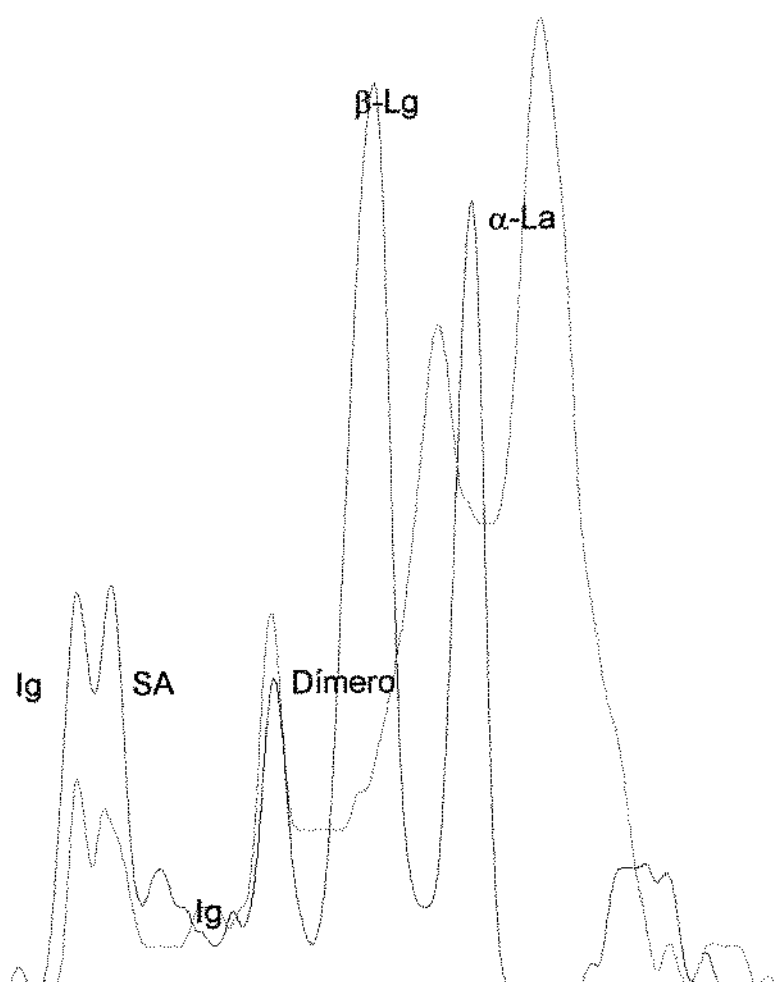


Figura 10. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC1 onde --- branco 4 horas e — hidrolisado 4 horas tripsina

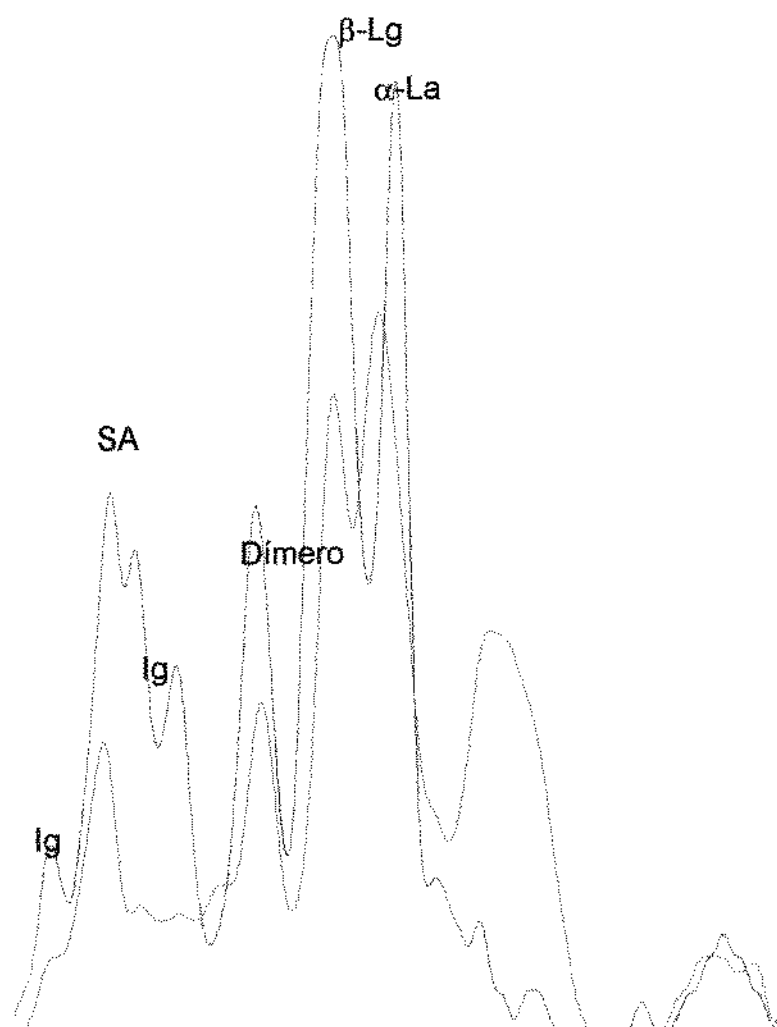


Figura 11. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC2 onde — branco 2 horas e — hidrolisado 2 horas tripsina

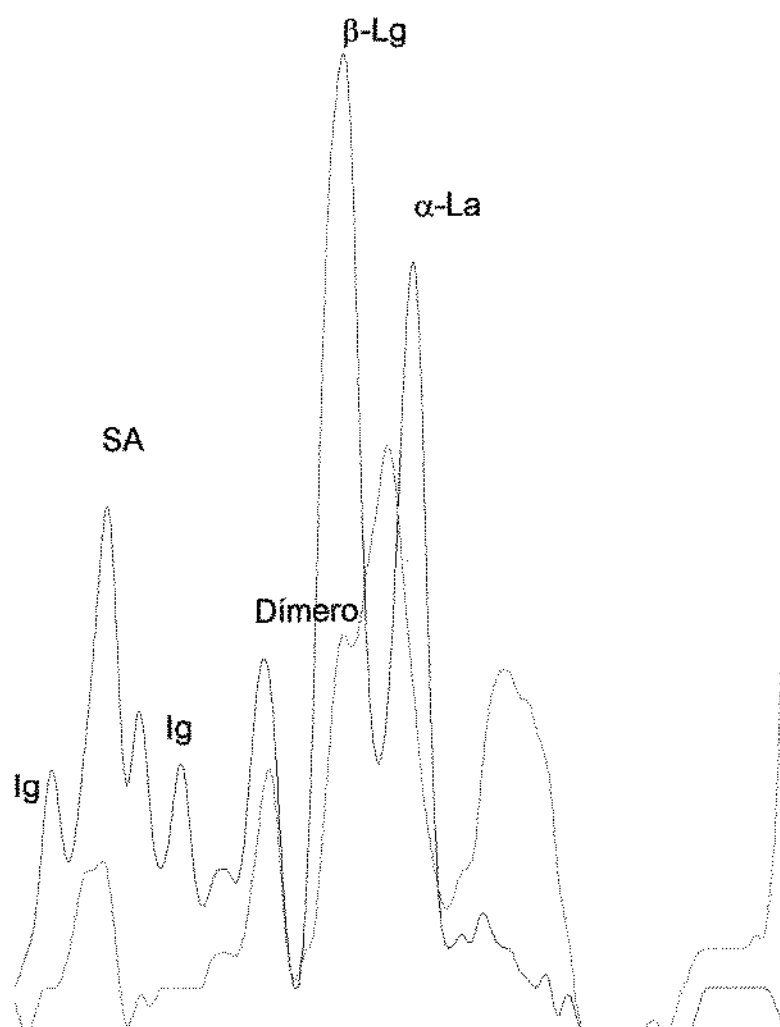


Figura 12. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC2 onde — branco 4 horas e — hidrolisado 4 horas tripsina

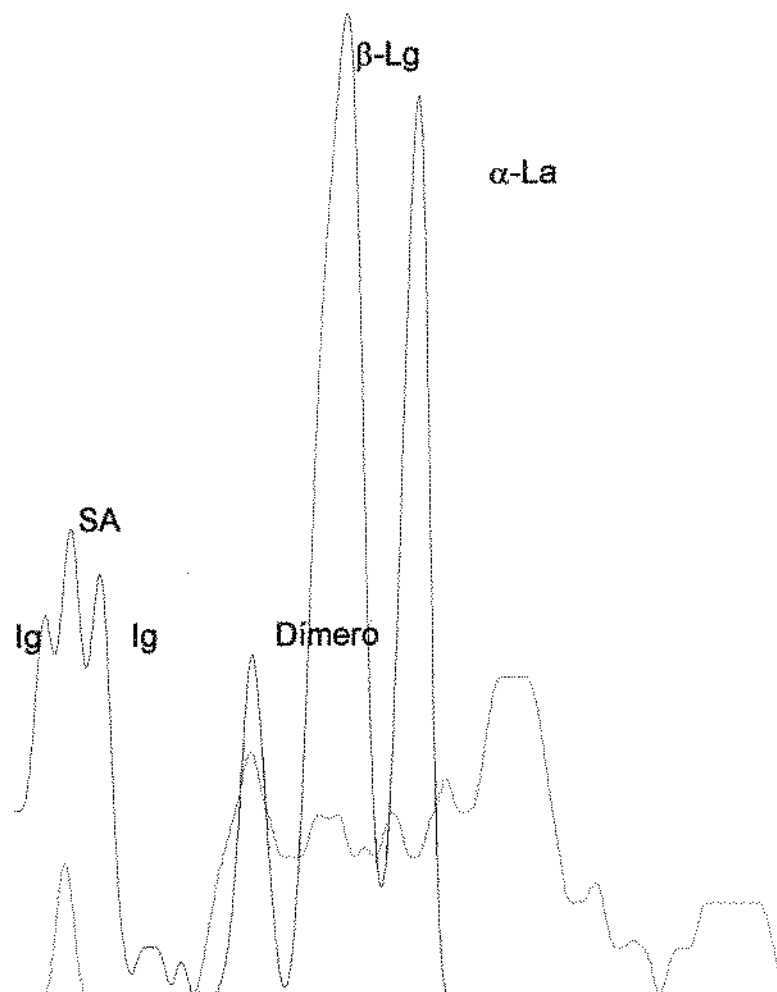


Figura 13. Perfil eletroforético do gel de SDS-PAGE do CPSLC3 onde — branco 2 horas e — hidrolisado 2 horas tripsina

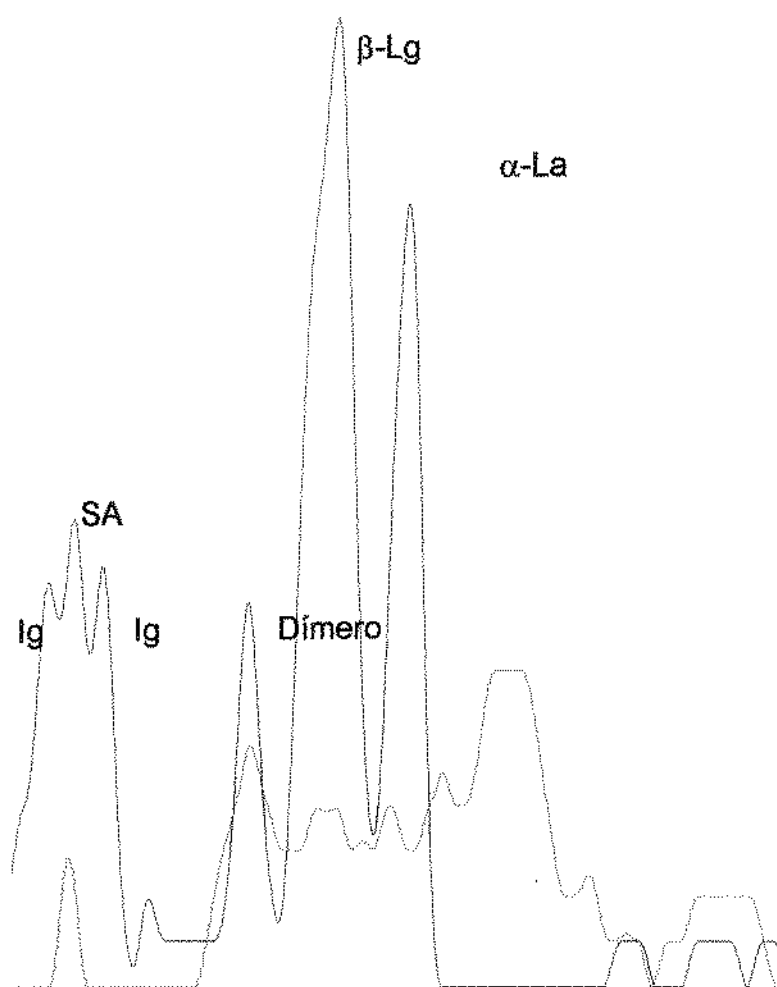


Figura 14. Perfil densitométrico do gel de SDS-PAGE do CPSLC3 onde --- branco 4 horas e — hidrolisado 4 horas tripsina

4 DISCUSSÃO

Umidade espremível (%):

A percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLC1 e 3 não foi afetada pelo tempo de hidrólise com tripsina (Tabela 3, Figura 5).

Perfil de textura:

Pela Tabela 4 vemos que com duas horas de hidrólise com tripsina os CPSLC1 e 3 não formaram géis ao contrário do concentrado dois. Com quatro horas de hidrólise os CPSLC1 e 2 formaram géis e o concentrado três não. O comportamento do CPSLC3 pode ser devido ao maior grau de desnaturação que este já apresentava antes do tratamento enzimático. Uma análise geral desta tabela e das Figuras de 1 a 5 indica uma melhor performance do CPSLC2 quando comparado aos demais.

Eletroforese:

Os perfis eletroforéticos em SDS-PAGE dos CPSLCs e seus hidrolisados com 2 e 4 horas sob efeito da Tripsina estão contidos nas Figuras 6 a 8. Podemos observar no CPSLC1 a presença de 6 bandas bem definidas para os géis contendo o branco correspondentes aos tempos de 2 e 4 horas (linhas a e c) identificadas como α -La, β -Lg, dímero de α -La ou β -Lg, monômeros de Ig e Soroalbumina (SA), e de quatro bandas para os hidrolisados duas das quais difusas (linhas b e d). Para o CPSLC2, 7 bandas foram separadas para os brancos e cinco para os hidrolisados. O CPSLC3 também apresentou 7 bandas para os brancos e 3 para os hidrolisados. Entretanto, pelos densitogramas contidos nas Figuras 9 a 14, podemos analisar com mais detalhes o efeito da hidrólise com tripsina sobre as soluções dos concentrados e verificamos que para o CPSLC1 o efeito da ação da tripsina foi semelhante nos dois tempos utilizados, com o surgimento de grande quantidade de peptídeos com peso molecular abaixo de 10.000 Da. O CPSLC2 pareceu ser mais resistente à hidrólise triptica. O CPSLC3 foi o mais susceptível à tripsina nos dois tempos analisados. Para todos eles o tempo de 2 horas já foi suficiente para uma ação efetiva da enzima.

Os resultados obtidos na análise eletroforética explicam o melhor desempenho do CPSLC2 quanto ao perfil de textura, que pode ser devido ao maior teor de sulfidrilas totais e reativos apresentados pela amostra (Tabela 1).

5 CONCLUSÕES

- ♦ A percentagem de umidade espremível dos géis dos CPSLCs não foi afetada pela ação da enzima.
- ♦ O CPSLC2 apresentou melhor desempenho para formação de gel depois da ação da tripsina que os CPSLC1 e 3, possivelmente por causa do seu maior conteúdo em grupos sulfidrilas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER-NISSEN, J. 1979. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid. **J. Agric. Food Chem.** 27(6):1256-1262.
- GUO, M.R., FOX, P.F., FLYNN, A. and KINDSTEDT, P.S. 1995. Susceptibility of β -Lactoglobulin and sodium caseinate to proteolysis by pepsin and trypsin. **J. Dairy Sci.** 78(11):2336-2344.
- JAUREGUI, C.A., REGENSTEIN, J.M. and BAKER, R.C. 1981. A simple method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. **J. Food Sci.** 46:1271-1273.
- JOST, R. and MONTI, J.C. 1977. Partial enzymatic hydrolysis of whey protein by trypsin. **J. Dairy Sci.** 60(9):1387-1393.

- JU, Z.Y., OTTE, J., MADSEN, J.S. and QVIST, K.B. 1995. Effects of limited proteolysis on gelation and gel properties of whey protein isolate. **J. Dairy Sci.** 78(10):2119-2128.
- KESTER, J.J. and RICHARDSON, T. 1984. Modification of whey proteins to improve functionality. **J. Dairy Sci.** 67:2757-2774.
- LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature** 227(15):689-685.
- MULVIHILL, D.M. and KINSELLA, J.E. 1988. Gelation of β -Lactoglobulin: effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. **J. Food Sci.** 53(1):231-236.
- NAKAI, S. and LI-CHAN, E. 1989. Chemical and enzymatic modification of milk proteins. In: **Developments in Dairy Chemists - 4**. London. Elsevier Applied Science Publishers. P.347-376.
- OTTE, J., JU, Z.Y., KRIVER, A. and QVIST, K.B. 1996. Effects of limited proteolysis on the microstructure of heat-induced whey protein gels at varying pH. **J. Dairy Sci.** 79(5):782-790.
- SAS. 1982. **SAS Users' Guide: Statistics**. SAS Institute, Inc., Cary, NC SAS, Inc.
- SATO, K., NAKAMURA, M., NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1995. Preparation of a gel of a partially heat-denatured whey protein by proteolytic digestion. **Milchwissenschaft** 50(7):389-392.
- SATO, K., NAKAMURA, M., NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1996. Preparation of some properties of heat-denatured whey protein hydrolysates. **Milchwissenschaft** 51(6):324-327.

SCHÄGGER, H. and VON JAGOW, G. 1987. Tricine-sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the range from 1 to 100 KDa. **Anal. Biochem.** 166:368-379.

SCHMIDT, D.G. and POLL, J.K. 1991. Enzymatic hydrolysis of whey proteins. Hydrolysis of α -Lactalbumin and β -lactoglobulin in buffer solution by proteolytic enzymes. **Neth. Milk Dairy J.** 45:225-240.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Os estudos realizados nos permitem concluir que:

1. A variação no fator de concentração do processo de ultrafiltração leva a obtenção de concentrados protéicos do soro de leite de cabras com diferente composição química.
2. Os concentrados protéicos do soro de leite de cabras apresentaram excelente solubilidade em toda faixa de pH.
3. As condições de processamento interferem na cor dos CPSLCs.
4. O aumento na concentração de proteína leva a mudanças no perfil de textura de géis dos CPSLCs.
5. A menor solubilidade do CPSLC3 não influenciou a percentagem de umidade espremível de seus géis.
6. O maior grau de desnaturação do CPSLC3 contribuiu para o seu melhor desempenho quanto ao perfil de textura de seus géis.
7. A concentração mínima de 3% de proteína foi requerida para a formação de gel.
8. Os parâmetros concentração de proteína e pH mostraram forte interação no perfil de textura dos géis dos CPSLCs.
9. O CPSLC2 apresentou melhor desempenho quanto ao perfil de textura em pH 3, o CPSLC1 em pH 8 e o CPSLC3 em pH7, revelando que a composição e o processamento interferem no comportamento funcional dos concentrados.

10. A percentagem de umidade espremível dos géis não foi afetada pela ação da enzima.
11. O CPSLC2 apresentou melhor desempenho para formação de gel depois da ação da tripsina que os demais, possivelmente por causa do seu maior conteúdo em grupos sulfidrilas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, J.M. 1995. Gelation of whey proteins. **Food Technol.** 49(10):85-86, 88-89.
- A.O.A.C. 1980. **Official Methods of Analysis**. 3^a ed. Association of Official Analytical Chemists, Whashington D.C.
- BECKER, H.C., MILNER, R.T. and NAGEL, R.H. 1940. A method for the determination of nonprotein nitrogen in soybean meal. **Cereal Chem.** 17:447-457.
- BERNAL, V. and JELEN, P. 1985. Thermal stability of whey proteins - a calorimetric study. **J. Dairy Sci.** 68(11):2847-2852.
- BEUSCHELL, B.C., CULBERTSON, J.D., PARTRIDGE, J.A. and SMITH, D. M. 1992a. Gelation and emulsification properties of partially insolubilized whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 57(3):605-634.
- BEUSCHELL, B.C., PARTRIDGE, J.A. and SMITH, D.M. 1992b. Insolubilized whey protein concentrate and/or chicken salt-soluble protein gel properties. **J. Food Sci.** 57(4):852-855.
- BOURNE, M.C. 1966. A classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. **J. Food Sci.** 31:1011-1015.
- BOURNE, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technol.** 32(2):62-66, 72,
- BEVERIDGE, T., JONES, L. and TUNG, M. A .1984. Progel and gel formation and reversibility of gelation of whey , soybean, and albumen protein gels. **J. Agric. Food Chem.** 32:307-313.
- BEVERIDGE, T., TOMA, S.J. AND NAKAI, S. 1974. Determination of SH- and SS-groups in some food proteins using Ellman's reagent. **J. Food Sci.** 39:49-51.

- BRITTEN, M. and GIROUX, H.J. 1994. Effect of pH during heat processing of partially hydrolyzed whey protein. **J. Dairy Sci.** 77:676-684.
- CHEFTEL, J.C., CUQ, J.L. e LORIENT, D. 1989. **Proteínas Alimentarias**. 346p. Acribia. Zaragoza.
- CLARK, A. M. and LEE-TUFFNELL, C.D. 1989. Gelation of globular proteins. In **Functional Properties of Food Macromolecules**. P. 203-272. Elsevier Applied Science. London.
- COSSEDDU, A.M. and PISANU, S. 1979. Frazionamento elettroforetico delle sieroproteine del latte di capra prodotto in Sardegna. **Arch. Vet. Italiano** 30(3-4):79-81.
- DAVIS, B.J. 1964. Disc eletrophoresis II: Method and application to human serum proteins. **Ann. N. Y. Acad. Sci.** 21:404-427.
- DUNKERLEY, J.A. and ZADOW, J.G. 1981. Rheological study on heat-induced coagula from whey protein concentrates. **N. Z. J. Dairy Sci. Technol.** 16:243-252.
- EVANS, E.W. 1989. Uses of milk proteins in formulated foods. In **Developments in Food Proteins - 1**. p.141-169. Applied Sci. Publishers. London
- FAO. (WHO). 1985. Necessidades de energia e proteínas. Genebra. (Série de Informes Técnicos, 724).
- FEDERATION INTERNATIONALE DE LAITERIE - INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. FIL-IDF. 1981. The composition of ewe's and goat's milk. Document 140. p.5-18.

- FOX, P.F. 1989. The milk protein system. In: **Developments in Dairy Chemistry - 4**. London:Elsevier Applied Science Publishers.
- GEZIMATI, J., CREAMER, L.K. and SINGH, H. 1997. Heat-induced interactions and gelation of mixtures of β -Lactoglobulin and α -Lactalbumin. **J. Agric. Food Chem.** 45(4):1130-1136.
- GRAPPIN, R. 1986. Variations of the major nitrogen fractions of goat and ewe milk. **Int. Dairy Fed. Bull.**, 202:79-86.
- GUO, M.R., FOX, P.F., FLYNN, A. and KINDSTEDT, P.S. 1995. Susceptibility of β -Lactoglobulin and sodium caseinate to proteolysis by pepsin and trypsin. **J. Dairy Sci.** 78(11):2336-2344.
- HADGE, R. L. and HOFREITER, B.T. 1962. Determination of reducing sugar carbohydrates. In **Methods in carbohydrate chemistry**. Whistler, R.L. and Walfrom, M.L. ed. v.1, p.388-389. Academic Press, New York.
- HARDHAM, J.F. 1981. The determination of total and reactive sulphydryl of whey protein concentrates. **Aust. J. Dairy Technol.** 36(4):153-155.
- HEAPE, J. 1990. The role of goats in today's dairy industry. **J. Soc. Dairy Technol.** 43(4):111-114.
- HIDALGO, J. and GAMPER, E. 1977. Solubility and heat stability of whey protein concentrates. **J. Dairy Sci.** 60:1515-1518.
- IAMETTI, S., TRANSIDICO, P., BONOMI, F., VECCHIO, G., PITTIA, P., ROVERG, P. and DALL'AGLIO, G. 1997. Molecular modifications of β -Lactoglobulin upon exposure to high pressure. **J. Agric. Food Chem.** 45(1):23-29.

IBGE. 1995. **Anuário Estatístico do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.

JAUREGUI, C.A., REGENSTEIN, J.M. and BAKER, R.C. 1981. A simulated method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. **J. Food Sci.** 46:1271-1273.

JENESS, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. **J. Dairy Sci.** 63:1605-1630.

JOST, R. and MONTI, J.C. 1977. Partial enzymatic hydrolysis of whey protein by trypsin. **J. Dairy Sci.** 60(9):1387-1393.

JU, Z.Y., OTTE, J., MADSEN, J.S. and QVIST, K.B. 1995. Effects of limited proteolysis on gelation and gel properties of whey protein isolate. **J. Dairy Sci.** 78(10):2119-2128.

JUÁREZ, M., RAMOS, M. 1986. Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. **Int. Dairy Fed. Bull.**, 202:54-67.

KARLESKIND, D., LAYE, I., MEI, F.J. and MORR, C.V. 1995. Gelation properties of lipid-reduced and calcium-reduced whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 60(4):731-737,741.

KESTER, J.J. and RICHARDSON, T. 1984. Modification of whey proteins to improve functionality. **J. Dairy Sci.** 67:2757-2774.

KIM, S.H., MORR, C.V., SEO, A. and SURAK, J.G. 1989. Effect of pretreatment on composition and functional properties of whey protein concentrate. **J. Food Sci.** 51(1):25-29.

- KINSELLA, J.E. 1976. Functional properties of proteins in foods: A survey. **CRC Food Sci. Nutr.**, 7:219-280.
- KINSELLA, J.E. 1984. Milk proteins: physicochemical and functional properties. **CRC Food Sci. and Nutr.** 21(2):197-262.
- KORNHORST, A. L. and MANGINO, M.E. 1985. Prediction of the strength of whey protein gels based on composition. **J. Food Sci.** 50:1403-1405.
- KUHN, P.R. and FOEGEDING, E.A. 1991a. Mineral salt effects on whey protein gelation. **J. Agric. Food Chem.** 39(6):1013-1016.
- _____. 1991b. Factors influencing whey protein gel rheology: dialysis and calcium chelation. **J. Food Sci.** 56(3):789-791.
- LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature** 227(15):689-685.
- LANARA. 1981. **Métodos Físicos e Químicos para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes.** Laboratório Nacional de Referência Animal. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.
- LANGLEY, K.K. and GREEN, M.L. 1989. Compression and impact strength of gels, prepared from fractionated whey proteins, in relation to composition and microstructure. **J. Dairy Research** 56:275-284.
- LAW, A. J. R. 1995. Heat denaturation of bovine, caprine and ovine whey proteins. **Milchwissenschaft** 50(7):384-388.
- LEE, A ., CANNON, R.Y. and HUFFMAN, D.L. 1980. Whey protein concentrates in a processed meat loaf. **J. Food Sci.** 45:1278-1279, 1804.

- LEE, S.Y., MORR, C.V. and HA, E.Y.W. 1992. Structural and functional properties of caseinate and whey protein isolate as affected by temperature and pH. **J. Food Sci.** 57(5):1210-1229.
- LEMAN, J. and KINSELLA, J.E. 1989. Surface activity, film formation, and emulsifying properties of milk proteins. **CRC Food Sci. Nutr.** 28(2):115-138.
- LIAO, S.Y. and MANGINO, M.E. 1987. Characterization of the composition, physicochemical and functional properties of acid whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 52(4):1013-1037.
- LI-CHAN, E. 1983. Heat-induced changes in the proteins of whey protein concentrate. **J. Food Sci.** 48:47-56.
- MANGINO, M.E. 1984. Physicochemical aspects of whey protein functionality. **J. Dairy Sci.** 67:2711-2722.
- MANGINO, M.E. 1990. Functionality of whey protein concentrates. ADPI/CDR Dairy Products Conference. Chicago, April, 25-26:73-83.
- MANGINO, M.E. 1992. Gelation of whey protein concentrate. **Food Technol.** 46(1):114-117.
- MANGINO, M.E., KIM, J.H., DUNKERLEY, J. A. and ZADOW, J.G. 1987. Factors important to the gelation of whey protein concentrates. **Food Hydrocolloids**, 1(4):277-282.
- MANGINO, M.E., LIAO, Y.Y., HARPER, N.J., MORR, C.V. and ZADOW, J.G. 1987. Effects of heat processing on the functionality of whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 52(6):1522-1524.

- MANOEL PINTO, C., JORGE VILLENA, P., HECTOR JOFRE, B. 1984. Contribucion al studio de la composicion de la leche de cabra anglo nubian. **Agric. Sur.** 12(2):163-173.
- MATTHEWS, M.E. 1979. Advances in whey processing: ultrafiltration and reverse osmosis. Rev.. **N.Z. J. Dairy Sci. Technol.** 14(2):86-92.
- MAUBOIS, J.L. 1984. Separation, extraction and fractionation of milk protein components. **Le Lait**, 64:485-495.
- McDONOUGH, F.E., MATTINGLY, W. A . and VESTAL, J.H. 1971. Protein concentrate from cheese whey by ultrafiltration. **J. Dairy Sci.** 54(10):1406-1409.
- McDONOUGH, F.E., HARGROVE, R.E., MATTINGLY, W. A ., POSATI, L.P. and ALFORD, J.A . 1974. Composition and properties of whey protein concentrate from ultrafiltration. **J. Dairy Sci.** 57(12):1436-1443.
- MENDES, E.S.; CARVALHO, M.L. de, COSTA, V.E. da. 1988. Características físicas e químicas do leite de cabra do Agreste Pernambucano após o seu descongelamento. **Revista do ILCT**, Juiz de Fora, 43(260):31-34.
- MODLER, H.W. 1985. Functional properties of non fat dairy ingredients - a review. Modification of lactose and products containing whey proteins. **J. Dairy Sci.** 68(9):2206-2214.
- MONAHAN, F.J., GERMAN, J.B. and KINSELLA, J.E. 1995. Effect of pH and temperature on protein unfolding and tiol/disulfide interchange reactions during heats induced disulfide interchange reations during heats induced gelation of whey proteins. **J. Agric. Food Chem.** 43(1):46-52.
- MORR, C.V. 1975. Chemistry of milk protein in food processing. **J. Dairy Sci.** 58(7):977-984.

- MORR, C.V. 1979. Rev.: Functionality of whey protein products. **N. Z. J. Dairy Sci. Technol.** 14:185-194.
- MORR, C.V. 1985. Composition , physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 50:1406-1411,1421.
- MORR, C.V. 1987. Effects of HTST pasteurization of milk, cheese whey and cheese whey UF retentate upon the composition, physicochemical and functional properties of whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 52(2):312-317.
- MORR, C.V. 1989. Whey proteins: manufacture. In **Developments in Dairy Chemistry - 4**. p.245-282. Elsevier Applied Science. London.
- MORR, C.V. and FOEGEDING, E.A. 1990. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: a status report. **Food Technol.** 44(4):100, 102-104, 106, 108, 110 e 112
- MORR, C.V. 1992. Improving the texture and functionality of whey protein concentrate. **Food Technol.** 46(1):110-113.
- MORR, C.V. and HA, E.Y.W. 1993. Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. **CRC Food Sci. Nutr.** 33(6):431-476.
- MORR, C.V., GERMAN, B., KINSELLA, J.E., REGENSTEIN, J.M., KILARA, A ., LEWIS, B.A . and MANGINO, M.E. 1985a. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **J. Food Sci.** 50:1715-1718.
- MORR, C.V. 1985b. Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates. **J. Food Sci.** 50:1406-1411, 1421.
- MULVIHILL, D.M. and KINSELLA, J.E. 1987. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. **Food Technol.** 41(9):102-111.

- MULVIHILL, D.M. and KINSELLA, J.E. 1988. Gelation of β -Lactoglobulin: effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. **J. Food Sci.** 53(1):231-236.
- MUTILANGI, W, R.M. e KILARA, A , 1985. Functional properties of heat-denatured whey protein. I Solubility. **Milchwissenschaft**, 40(6):338-340.
- NAKAI, S. and LI-CHAN, E. 1989. Chemical and enzymatic modification of milk proteins. In **Developments in Dairy Chemistry - 4**. London:Elsevier Applied Science Publishers. P.345-376.
- NIELSEN, A., COULTER, S.T., MORR, C.V. and ROSENAU, J.R. 1973. Four factor response surface experimental design for evaluating the role of processing variables upon protein denaturation in heated whey systems. **J. Dairy Sci.** 56(1):77-83.
- OLMEDO, R.G., ESTEVEZ, A . C, e ORTIZ, M. A . 1980. Composición química de la leche de cabra. **Rev. Española de Lechería** 117:153-159.
- OTTE, J., JU, Z.Y., KRIVER, A. and QVIST,K.B. 1996. Effects of limited proteolysis on the microstructure of heat-induced whey protein gels at varying pH. **J. Dairy Sci.** 79(5):782-790.
- PANYAM, D. and KILARA, A. 1996. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification. **Trends Food Sci. Technol.** 7(4):250-255.
- PARKASH, S. JENESS, R. 1968. The composition and characteristics of goats' milk: a review. **Dairy Sci. Abs.** 30(2):67-87.
- RAMOS, M. and JUÁREZ, M. 1981. The composition of ewe's and goat's milk. **Bull. Int. Dairy Fed.** 140:5-19.

- RENEUF, F. 1992. Physico-chemical properties of goat milk in relation to processing characteristics. In **NATIONAL SYMPOSIUM ON DAIRY GOAT PRODUCTION AND MARKETING**. Langston. Proceedings. Langston:E.(KICA) de La Garza Institute for Goat Research.
- RINN, J.C., MORR, C.V., SEO, A. and SURAK, J.G. 1990. Evaluation of nine semi-pilot scale whey pre-treatment modifications for producing whey protein concentrate. **J. Food Sci.**, 55(20):510-515.
- RUEG, M., MORR, U. and BLANC, B. 1977. A calorimetric study of the thermal denaturation whey protein in simulated milk ultrafiltrate. **J. Dairy Res.** 44:509-520.
- SAS. 1982. **SAS Users' Guide: Statistics**. SAS Institute, Inc., Carey, NC SAS, Inc.
- SATO, K., NAKAMURA, M. NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1995. Preparation of a gel of a partially heat-denatured whey protein by proteolytic digestion. **Milchwissenschaft** 50(7):389-392.
- SATO, K., NAKAMURA, M. NISHIYA, T., KAWANARI, M. and NAKAJIMA, I. 1996. Preparation and some properties of heat-denatured whey protein hydrolysates. **Milchwissenschaft** 51(6):324-327.
- SAWYER, W.H. 1968. Heat denaturation of bovine β -lactoglobulins and relevance of disulfide aggregation. **J. Dairy Sci.** 51(3):323-329.
- SCHÄGGER, H. and VON JAGON, G. 1987. Tricine-sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of proteins in the ranger from 1 to 100 KDa. **Anal. Biochem.** 166:368-379.

- SCHMIDT, D.G. and POLL, J.K. 1991. Enzymatic hydrolysis of whey proteins. Hydrolysis of α -Lactalbumin and β -lactoglobulin in buffer solution by proteolytic enzymes. **N. Milk Dairy J.** 45:225-240.
- SCHMIDT, K. and McNEILL, V. 1993. Effect of heat treatments on the functional properties of caseinate and whey protein isolate solutions. **Milchwissenschaft** 48(1):3-6.
- SCHMIDT, R.H., ILLINGWORTH, B.L. and AHMED, E.M. 1978. Heat-induced gelation of peanut protein/ whey protein blends. **J. Food Sci.** 43(2):613-618, 621.
- SCHMIDT, R.H., PACKARD, V.S. and MORRIS, H.A. 1984. Effect of processing on whey protein functionality. **J. Dairy Sci.** 67(11):2723-2733.
- SHIMADA, K. and CHEFTEL, J.C. 1989. Sulphydryl group/dissulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **J. Agric. Food Chem.** 37(1):161.
- STEHLING, R.H. e SOUZA, H.M. 1987. Leite de cabra. Aspectos nutritivos e mercado. **Inf. Agropec.** 13(146):54-55.
- SVASTI, J. and PANIJPAN, B. 1977. SDS-polyacrylamide gel electrophoresis. A simple explanation of why it works. **J. Chem. Education** 54(9):560-562.
- SZCZESNIAK, A . S. 1963. Classification of textural characteristics. **J. Food Sci.** 28:385.
- SZCZESNIAK, A . S. 1975. General foods texture profile revisited - ten years perspective. **J. Text. Stu.** 6(1):5-17.

- TANG, Q., MUNRO, P. A. and McCARTHY, O.J. 1993. Rheology of whey protein concentrate solution as a function of concentration, temperature, pH and salt concentration. **J. Dairy Res.** 60:349-361.
- TANG, K., McCARTHY, D.J. and MUNRO, P. A. 1995. Effects of pH on whey protein concentrate gel properties: comparisons between small deformation (dynamic) and large deformation (failure) testing. **J. Texture Studies** 26:255-272.
- TAYLOR, S.M., GLADDEN, L.F. and FRYER, P.J. 1994. Changes in the gelation mechanism of whey protein concentrate with pH and temperature. **J. Dairy Res.** 61:71-81.
- URBIENÉ, S. and LESKAUSKAITÉ, D. 1996. Determination of the influence of some technological factors on the content of SH-groups in whey protein concentrate obtained by ultrafiltration. **Milchwissenschaft** 51(2):85-87.
- VAN CAMP, J., MESSENS, W., CLÉMENT, J. and HUYGHEBAERT, A. 1997. Influence of pH and calcium chloride on the high-pressure induced aggregation of a whey protein concentrate. **J. Agric. Food Chem.** 45(5):1600-1607.
- WIT de, J.N. 1989. Functional properties of whey proteins. In **Developments in Dairy Chemistry-4**, p.285-321. Elsevier Applied Science. London.
- WIT de, J.N. and KLARENBECK, G.. 1984. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **J. Dairy Sci.** 67:2701-2710.
- ZIEGLER, G.R. and FOEGEDING, E.A.1990. The gelation of proteins. **Adv. Food Nutr. Res.** 34:203-298.
- ZIRBEL, F. and KINSELLA, J.E. 1988. Factors affecting the rheological properties of gels made from whey protein isolated. **Milchwissenschaft** 43(11):691-694.

ANEXO 1

Tabela 1. Análise de variância do efeito da interação concentração de proteína e pH no perfil de textura dos géis do CPSLC1

Dureza					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	61296.67	61296.67	442.21	0.0001
pH	2	75526.63	37763.61	272.43	0.0001
Proteína*pH	2	21925.85	10963.93	79.10	0.0001
Elasticidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.5236	0.5236	471.88	0.0001
pH	2	0.7320	0.3660	329.85	0.0001
Proteína*pH	2	0.1428	0.0716	64.56	0.0001
Coesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.3425	0.3425	29.69	0.0001
pH	2	1.0377	0.5188	44.98	0.0001
Proteína*pH	2	0.0219	0.0109	0.95	0.4131
Mastigabilidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	35572.26	35572.26	362.50	0.0001
pH	2	35273.00	17636.50	179.72	0.0001
Proteína*pH	2	19813.73	9906.86	100.95	0.0001
Gomosidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	45483.59	45483.59	392.13	0.0001
pH	2	51092.67	25546.33	2220.25	0.0001
Proteína*pH	2	23126.45	11563.22	99.69	0.0001
Adesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	143.62	143.62	490.01	0.0001
pH	2	102.82	51.41	175.40	0.0001
Proteína*pH	2	102.82	51.41	175.40	0.0001

Tabela 2. Análise de variância do efeito da interação concentração de proteína e pH no perfil de textura dos géis do CPSLC2

Dureza					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	59904.14	59904.14	463.57	0.0001
pH	2	29822.20	14911.10	115.39	0.0001
Proteína*pH	2	3280.34	1640.17	12.69	0.0001
Elasticidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.7779	0.7779	1180.26	0.0001
pH	2	0.4281	0.2140	324.77	0.0001
Proteína*pH	2	0.2023	0.1011	153.51	0.0001
Coesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.6555	0.6555	248.60	0.0001
pH	2	0.7884	0.3942	149.49	0.0001
Proteína*pH	2	0.0197	0.0098	3.74	0.0547
Mastigabilidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	31310.19	31310.19	632.39	0.0001
pH	2	15198.61	7599.30	153.49	0.0001
Proteína*pH	2	9730.48	4865.24	98.27	0.0001
Gomosidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	42783.19	42783.19	860.48	0.0001
pH	2	23365.57	11682.78	234.97	0.0001
Proteína*pH	2	11517.43	5758.71	115.82	0.0001
Adesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	323.97	323.97	379.72	0.0001
pH	2	295.58	147.79	173.22	0.0001
Proteína*pH	2	295.58	147.79	173.22	0.0001

Tabela 3. Análise de variância do efeito da interação concentração de proteína e pH no perfil de textura dos géis do CPSLC3

Dureza					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	59314.12	59340.12	791.26	0.0001
pH	2	52504.71	26252.35	350.06	0.0001
Proteína*pH	2	9785.90	4892.95	65.24	0.0001
Elasticidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.4920	0.4920	578.56	0.0001
pH	2	0.7265	0.3622	427.15	0.0001
Proteína*pH	2	0.1760	0.0880	103.49	0.0001
Coesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	0.3581	0.3581	172.57	0.0001
pH	2	1.0906	0.5453	262.76	0.0001
Proteína*pH	2	0.0515	0.0257	12.42	0.0012
Mastigabilidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	31604.41	31604.41	1078.79	0.0001
pH	2	25199.23	12599.61	430.08	0.0001
Proteína*pH	2	11857.73	5928.86	202.38	0.0001
Gomosidade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	42653.70	42653.7	971.19	0.0001
pH	2	38414.41	19207.20	437.33	0.0001
Proteína*pH	2	14164.99	7082.49	161.26	0.0001
Adesividade					
Fonte de Variação	G.L	Soma do Quadrado	Quadrado Médio	F	Pr>F
Proteína	1	128.53	128.53	68.94	0.0001
pH	2	93.67	46.83	25.12	0.0001
Proteína*pH	2	93.67	46.83	25.12	0.0001

ERRATA

Página 1, 1º parágrafo, linha 3 - **onde se lê** organolépticas e superiores... **lê-se** e organolépticas superiores...

Página 4, 3º parágrafo, linha 5 - **onde se lê** dissulfídicos... **lê-se** disulfídicos...

Página 5, 2º parágrafo, linha 3 - **onde se lê** dissulfídicas... **lê-se** disulfídicas...

Página 35, tabela 5, linha 15 - **onde se lê** fenialanina **lê-se** fenilalanina.

Página 36, tabela 7, linha 3, 2ª coluna - **onde se lê** -2.09a **lê-se** -2.09b.

Página 40, linha 29 - **onde se lê** - com **lê-se** - como...

Página 51, tabela 2, linha 4, 2ª coluna - **onde se lê** 100.7b **lê-se** 99.86b.

Página 52, tabela 3, linha 2, 3ª coluna - **onde se lê** 95.50a **lê-se** 75.50a.

Página 59, 5º parágrafo, linha 2 - **onde se lê** trabaram... **lê-se** trabalharam...

Página 65, item 2.2, linha 5 - **onde se lê** subsesquentes... **lê-se** subsequentes...

Página 81, 2º parágrafo, linha 4 - **onde se lê** diferentes... **lê-se** diferente...

Página 87, item 2.2, linha 6 - **onde se lê** 0,2 ml e adicionados 2 ml de TNBS 0,1%... **lê-se** 0,2 ml, adicionados 2 ml de tampão fosfato 0,2125 pH 8,2 e 2 ml de TNBS 0,1%, agitados ...

Página 87, item 2.2, linha 9, **onde se lê** foram nvertidos... **lê-se** foram invertidos...

Página 88, item 2.5, linha 4, **onde se lê** A tripsina...**Lê-se** A tripsina de pâncreas bovino (EC 3.4.21.4)...