



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ALIMENTAR E NUTRIÇÃO

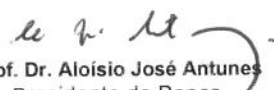
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE BOVINO EM PRODUTOS CÁRNEOS

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Henelyta Santos Ribeiro, aprovada pela Comissão Julgadora em 10 de abril de 2001.

Campinas, 10 de abril de 2001


Prof. Dr. Aloísio José Antunes
Presidente da Banca

Henelyta Santos Ribeiro
Engenheira Química
MSc. Engenharia de Alimentos

Prof. Dr. Aloísio José Antunes
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Doutora em Ciência da Nutrição Aplicada a Tecnologia de Alimentos

Campinas
São Paulo - Brasil
2001



027411005

UNIDADE BC
 N.º CHAMADA: T/ UNICAMP
R354o
 V. Ex.
 TOMBO BC/ 45276
 PROC. 26-392107
 C ☐ D ☒
 PREÇO R\$ 11,00
 DATA 07/07/01
 N.º CPD

CM00158105-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

R354o Ribeiro, Henelyta Santos
 Obtenção e aplicação de concentrados protéicos de soro de
 leite bovino em produtos cárneos / Henelyta Santos Ribeiro. –
 Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Aloísio José Antunes
 Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Soro de leite. 2.Proteínas. 3.Músculos. Antunes, Aloísio
 José. II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
 Engenharia de Alimentos. III.Título.

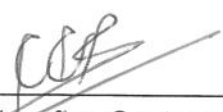
BANCA EXAMINADORA



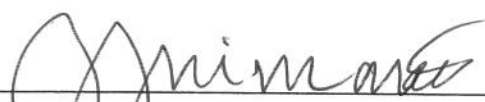
Prof. Dr. Aloísio José Antunes
Orientador – (FEA/UNICAMP)



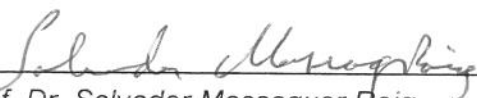
Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto
Membro Titular – (FEA/UNICAMP)



Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo
Membro Titular – (CTC/ITAL)



Prof. Dr. Jorge Almeida Guimarães
Membro Titular – (CBIOT/UFRGS)



Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
Membro Titular – (FEA/UNICAMP)

Prof. Dr. Eloízio Júlio Ribeiro
Membro Suplente – (DEQ/UFU)

Profa. Dra. Marise A. R. Pollonio
Membro Suplente – (FEA/UNICAMP)

Campinas, 10 de abril de 2001.

"O rio atinge seus objetivos porque aprendeu
a contornar obstáculos".

(Lao Tse)

Dedico

Ao meu marido **Amaro**,
companheiro em todos os momentos,
por sua *Grandeza* como pessoa,
quem desejo estar ao lado por toda a vida.

Aos meus Pais, **João e Terezinha**,
exemplos de Trabalho,
Perseverança e Coragem.

AGRADECIMENTOS

Em especial, ao Prof. Aloísio J. Antunes, pela valiosa orientação, confiança e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições e sugestões apresentadas para a redação final da tese.

À Prof. Mirna L. Gigante, Prof. Salvador M. Roig, Prof. Carlos A. Gasparetto e Prof. Eloízio J. Ribeiro pela preciosa ajuda.

Aos técnicos Beth, Julianna e José Roberto, pela ajuda prestada na parte experimental.

À Kity, Rose, Sônia, Vera, Elke, Luciano e Milton pela ajuda inestimável.

Aos amigos Lia, Liliane, Jaime, Denise, Flávios, Álvaro, Calixto, Cristina, Jorge, Andréa, Alessandra e Flávio Cardoso, pela amizade e convivência.

Ao Chico, Rose, Eliana, Soeli, Carla, Liana, Celes, Cidinha, Robson, Bete, Fátima, Sr. Nelson, Sr. Valdeci e Adalto, por todas as contribuições durante a execução deste trabalho.

À UNICAMP e à Faculdade de Engenharia de Alimentos pela oportunidade.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

A todos os amigos e colegas que conviveram comigo no período de doutorado e de alguma forma contribuíram para esta conquista.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
NOMENCLATURA	XXI
RESUMO	XXIII
ABSTRACT	XXV

INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS	1
-------------------------------------	----------

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
------------------------------	----------

1. O LEITE	5
2. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE	5
3. PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE	8
3.1. β -Lactoglobulina (β -Lg)	10
3.2. α -Lactalbumina (α -La)	11
3.3. Albumina do Soro Bovino (BSA)	12
3.4. Imunoglobulinas (Ig)	12
3.5. Proteose-peptonas (PP)	12
3.6. Outras proteínas	13
4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE	13
4.1. Solubilidade	13
4.2. Formação de Espuma	14
4.3. Gelatinização	15
4.4. Emulsificação	18
5. PROTEÍNAS DA CARNE	19
6. COMPOSIÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES	20
7. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES	22
7.1. Solubilidade	22
7.2. Gelatinização	23
7.3. Emulsificação	23
8. AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS EM SISTEMAS MODELO	24
9. APLICAÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE EM PRODUTOS CÁRNEOS	25

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ESTUDO 1	31
OBTENÇÃO DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE COM TEORES PROTÉICOS DE 60% E 80%	
RESUMO	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAIS E MÉTODOS	34
2.1. Matéria-prima	34
2.2. Produção dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite	34
2.2.1. <i>Produção de Queijo Minas Frescal</i>	34
2.2.2. <i>Produção dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite Bovino com Teores Protéicos de 60% e 80%</i>	34
2.2.2.1. <u>Obtenção do Concentrado Protéico de Soro de Leite com Teor Protéico de 60% (CPS 60)</u>	34
2.2.2.2. <u>Obtenção do Concentrado Protéico de Soro de Leite com Teor Protéico de 80% (CPS 80)</u>	37
2.2.3. <i>Cálculos Utilizados nos Processos</i>	39
2.2.3.1. <u>Cálculo do Fator de Concentração</u>	39
2.2.3.2. <u>Cálculo do Índice de Retenção na Membrana</u>	39
2.3. Determinação das Características Físico-Químicas dos Leites Utilizados nos Dois Processamentos	40
2.4. Determinação das Características Físico-Químicas dos Soros e dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite Utilizados nos Dois Processamentos	40
2.5. Análises Estatísticas	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1. Produção de Queijo Minas Frescal	41
3.2. Processos de Desnate e Pasteurização do Soro de Leite	41
3.3. Processos de Ultrafiltração e Diafiltração dos Soros de Leite	43
3.3.1. <i>Índice de Retenção na Membrana</i>	48
3.4. Secagem dos Retentados	49
4. CONCLUSÃO	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ESTUDO 2	55
SISTEMA MODELO DE GÉIS PUROS E MISTOS DE CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE E PROTEÍNAS MIOFIBRILARES	
RESUMO	55
1. INTRODUÇÃO	56
2. MATERIAIS E MÉTODOS	57

2.1. Matérias-primas	57
2.2. Análise das Matérias-primas	57
2.3. Extração das Proteínas Miofibrilares	57
2.4. Gelatinização em Sistemas Modelo	60
2.4.1. <i>Elaboração dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite</i>	60
2.4.2. <i>Elaboração dos Géis Mistos</i>	61
2.5. Umidade Espremível	62
2.6. Avaliação do Perfil de Textura dos Géis Puros e Mistos	62
2.7. Eletroforese dos géis isolados e mistos	63
2.8. Análises Estatísticas	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1. Composição Centesimal das Matérias-Primas	64
3.2. Extração das Proteínas da Carne	64
3.3. Avaliação dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite em Sistema Modelo	65
3.3.1. <i>Aparência dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite</i>	65
3.3.2. <i>Análise do Perfil de Textura e Umidade Espremível dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite</i>	68
3.3.3. <i>Fatores que Podem Influenciar na Formação dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite</i>	93
3.3.3.1. <u>Sulfidril Total e Reativa</u>	93
3.3.3.2. <u>Concentração Protéica</u>	94
3.3.3.3. <u>pH</u>	94
3.3.3.4. <u>Tratamento Térmico</u>	95
3.3.3.5. <u>Lipídeos e Lactose</u>	95
3.3.3.6. <u>Sais</u>	96
3.4. Avaliação dos Géis Mistos em Sistema Modelo	98
3.4.1. <i>Análise do Perfil de Textura dos Géis Mistos</i>	98
3.4.2. <i>Umidade Espremível dos Géis Mistos</i>	104
3.4.3. <i>Eletroforese dos géis isolados e mistos</i>	105
4. CONCLUSÃO	108
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

ESTUDO 3 **113**

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS DO SORO E DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES DO MÚSCULO BOVINO

RESUMO	113
1. INTRODUÇÃO	114
2. MATERIAIS E MÉTODOS	115
2.1. Matérias-primas	115
2.2. Composição Centesimal dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite e da Carne	115

2.3. Solubilidade	115
2.4. Emulsificação	115
2.4.1. <i>Índice de Atividade Emulsificante</i>	116
2.4.2. <i>Capacidade de Emulsificação</i>	117
2.5. Formação de Espuma	117
2.5.1. <i>"Overrun"</i>	117
2.5.2. <i>Estabilidade da Espuma</i>	118
2.6. Análises Estatísticas	118
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
3.1. Composição Centesimal dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite e da Carne	119
3.2. Solubilidade	119
3.3. Emulsificação	121
3.3.1. <i>Índice de Atividade Emulsificante (EAI)</i>	121
3.3.2. <i>Capacidade de Emulsificação (EC)</i>	123
3.4. Formação de Espuma	125
3.4.1. <i>Overrun</i>	125
3.4.2. <i>Estabilidade da Espuma</i>	126
4. CONCLUSÃO	129
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

ESTUDO 4 **133**

APLICAÇÃO DE CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE EM PRODUTOS CÂRNEOS

RESUMO	133
1. INTRODUÇÃO	134
2. MATERIAIS E MÉTODOS	135
2.1. Matérias-primas	135
2.2. Análise das Matérias-primas e Produtos Cárneos	135
2.3. Sistemas Cárneos	135
2.3.1. <i>Formulação e Processamento dos Bolos de Carne e Salsichas</i>	135
2.3.2. <i>Formulação e Processamento dos Hambúrgueres</i>	138
2.4. Análises de Rendimentos dos Produtos Cárneos	139
2.5. Análise do Perfil de Textura dos Produtos Cárneos	140
2.6. Análises Estatísticas	140
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	141
3.1. Composição Centesimal das Matérias-Primas	141
3.2. Resultados dos Bolos de Carne	141
3.2.1. <i>Análise do Perfil de Textura dos Bolos de Carne</i>	141
3.2.2. <i>Análises de Rendimentos dos Bolos de Carne</i>	142

	Índice Geral
3.3. Resultados das Salsichas	148
3.3.1. <i>Análise do Perfil de Textura das Salsichas</i>	148
3.4. Resultados dos Hambúrgueres	153
3.4.1. <i>Análise do Perfil de Textura dos Hambúrgueres</i>	153
3.4.2. <i>Análises de Rendimentos dos Hambúrgueres</i>	157
4. CONCLUSÕES	161
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
 CONCLUSÕES GERAIS	 165
 APÊNDICE A	 167
APÊNDICE B	175
APÊNDICE C	185

ÍNDICE DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
Figura 1 – Processo de ultrafiltração (fluxo tangencial)	7
Figura 2 – Curva típica do perfil de textura obtido em texturômetro TAT-XT2	18
ESTUDO 1	31
Figura 1.1 – Fluxograma do processamento utilizado para a obtenção do CPS 60	36
Figura 1.2 – Fluxograma do processamento utilizado para a obtenção do CPS 80	38
Figura 1.3 – Curva de permeação do processo de ultrafiltração do soro A	43
Figura 1.4 – Curva de permeação do processo de ultrafiltração (1ª tentativa) para a obtenção do CPS 80	46
ESTUDO 2	55
Figura 2.1 – Fluxograma das etapas de extração das proteínas da carne	59
Figura 2.2 – Porcentagem de proteínas miofibrilares extraídas em função do pH	65
Figura 2.3 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na adesividade dos géis dos Calpros 8002 e 80	79
Figura 2.4 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na adesividade dos géis dos CPSs 60 e 80	80
Figura 2.5 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na coesividade dos géis dos Calpros 8002 e 80	81
Figura 2.6 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na coesividade dos géis dos CPSs 60 e 80	82
Figura 2.7 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na dureza dos géis dos Calpros 8002 e 80	83
Figura 2.8 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na dureza dos géis dos CPSs 60 e 80	84
Figura 2.9 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na elasticidade dos géis dos Calpros 8002 e 80	85
Figura 2.10 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na elasticidade dos géis dos CPSs 60 e 80	86
Figura 2.11 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na gomosidade dos géis dos Calpros 8002 e 80	87
Figura 2.12 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na gomosidade dos géis dos CPSs 60 e 80	88
Figura 2.13 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na mastigabilidade dos géis dos Calpros 8002 e 80	89
Figura 2.14 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na mastigabilidade dos géis dos CPSs 60 e 80	90
Figura 2.15 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na umidade espremível dos géis dos Calpros 8002 e 80	91
Figura 2.16 – Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na umidade espremível dos géis dos CPSs 60 e 80	92

Figura 2.17 – Conteúdo de sulfidrilas totais e reativas dos quatro CPSs	94
Figura 2.18 – Teores de cálcio total e iônico dos quatro concentrados	97
Figura 2.19 – Perfil de textura dos géis mistos	103
Figura 2.20 – Umidade espremível dos géis mistos	105
Figura 2.21 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do Calpro 8002	106
Figura 2.22 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do Calpro 80	106
Figura 2.23 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do CPS 60	107
Figura 2.24 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do CPS 80	107
ESTUDO 3	113
Figura 3.1. – Curva de solubilidade das amostras	120
Figura 3.2 – Índice de atividade emulsificante das proteínas do soro e miofibrilares	123
Figura 3.3 – Capacidade de emulsificação das amostras de CPS e proteínas miofibrilares	124
Figura 3.4 – Porcentagem do “overrun” das amostras	126
Figura 3.5 – Estabilidade das espumas dos Calpros 8002 e 80 e do CPS 80	127
ESTUDO 4	133
Figura 4.1 – Fluxograma dos processos de fabricação dos bolos de carne e salsichas	137
Figura 4.2 – Fluxograma do processo de fabricação dos hambúrgueres	138
Figura 4.3 – Perfil de textura dos bolos de carne	145
Figura 4.4 – “Cooking yield” dos bolos de carne	147
Figura 4.5 – Retenção de umidade das amostras de bolo de carne	148
Figura 4.6 – Perfil de textura das salsichas	152
Figura 4.7 – Perfil de textura dos hambúrgueres	156
Figura 4.8 – “Cooking yield” das amostras de hambúrgueres	159
Figura 4.9 – Retenção de umidade das amostras de hambúrgueres	159
Figura 4.10 – Perdas por encolhimento das amostras de hambúrgueres	160

ÍNDICE DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
Tabela 1 - Composição dos concentrados e isolados protéicos de soro de leite	6
Tabela 2 - Peso molecular das proteínas do soro de leite	6
Tabela 3 - Composição do soro de leite a 6,2% de sólidos totais	8
Tabela 4 - Propriedades fundamentais das proteínas do soro	9
Tabela 5 - Resíduos de aminoácidos das proteínas β -Lg e α -La	10
Tabela 6 - Análise dimensional do perfil de textura	17
Tabela 7 - Componentes principais das Miofibrilas	21
ESTUDO 1	31
Tabela 1.1 - Características físico-químicas das amostras coletadas no processo de obtenção do CPS 60 e suas quantidades	45
Tabela 1.2 - Características físico-químicas das amostras coletadas no processo de obtenção do CPS 80 e suas quantidades	48
Tabela 1.3 - Índice de retenção na membrana para os processos de ultrafiltração e diafiltração	49
Tabela 1.4 - Composição centesimal e teor de cálcio dos CPSs 60 e 80	49
ESTUDO 2	55
Tabela 2.1- Níveis das variáveis consideradas nos planejamentos experimentais	60
Tabela 2.2 - Dados do planejamento experimental dos géis de concentrados protéicos de soro de leite	61
Tabela 2.3 - Planejamento experimental dos géis mistos	61
Tabela 2.4 - Composição centesimal das matérias-primas	64
Tabela 2.5 - Porcentagem de proteínas miofibrilares extraídas do músculo bovino	64
Tabela 2.6 - Frações protéicas extraídas da carne em pH 6,5 (<i>Quadriceps femoris</i>)	65
Tabela 2.7 - Aparência dos géis obtidos à partir dos dois concentrados protéicos de soro de leite comerciais	66
Tabela 2.8 - Aparência dos géis obtidos à partir dos CPSs 60 e 80	67
Tabela 2.9 - Perfil de textura e umidade espremível dos géis do Calpro 8002	69
Tabela 2.10 - Perfil de textura e umidade espremível dos géis do Calpro 80	70
Tabela 2.11 - Perfil de textura e umidade espremível dos géis do CPS 60	71
Tabela 2.12 - Perfil de textura e umidade espremível dos géis do CPS 80	72
Tabela 2.13 - Modelo de regressão ajustado para a umidade espremível dos géis dos quatro CPSs	73
Tabela 2.14 - Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (Calpro 8002)	73
Tabela 2.15 - Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (Calpro 8002)	74
Tabela 2.16 - Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (Calpro 80)	74

Tabela 2.17 - Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (Calpro 80)	75
Tabela 2.18 - Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (CPS 60)	75
Tabela 2.19 - Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (CPS 60)	76
Tabela 2.20 - Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (CPS 80)	76
Tabela 2.21 - Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (CPS 80)	76
Tabela 2.22 - Sulfidril total e reativa dos CPSs	93
Tabela 2.23 - Teor de cálcio livre e total dos quatro CPSs	96
Tabela 2.24 - Perfil de textura dos géis mistos (Calpro 8002 + proteínas miofibrilares)	101
Tabela 2.25 - Perfil de textura dos géis mistos (Calpro 80 + proteínas miofibrilares)	101
Tabela 2.26 - Perfil de textura dos géis mistos (CPS 60 + proteínas miofibrilares)	102
Tabela 2.27 - Perfil de textura dos géis mistos (CPS 80 + proteínas miofibrilares)	102
Tabela 2.28 - Umidade espremível dos géis mistos	104
ESTUDO 3	113
Tabela 3.1 - Solubilidade das amostras dos CPSs e das proteínas miofibrilares	119
Tabela 3.2 - Dados necessários para a determinação do EAI	122
Tabela 3.3 - Fatores que determinam as propriedades de emulsificação das amostras	122
Tabela 3.4 - Porcentagem de "overrun" em pH 7,0	125
Tabela 3.5 - Estabilidade da Espuma	127
ESTUDO 4	133
Tabela 4.1 - Formulação do Bolo de Carne e Salsicha sem CPS	136
Tabela 4.2 - Formulações dos Bolos de Carne e Salsichas em diferentes níveis de substituições	136
Tabela 4.3 - Formulação do hambúrguer sem CPS	139
Tabela 4.4 - Formulações dos hambúrgueres em diferentes níveis de substituições	139
Tabela 4.5 - Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o Calpro 8002	143
Tabela 4.6 - Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o Calpro 80	143
Tabela 4.7 - Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o CPS 60	144
Tabela 4.8 - Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o CPS 80	144
Tabela 4.9 - Análises de rendimento dos bolos de carne com o Calpro 8002	146
Tabela 4.10 - Análises de rendimento dos bolos de carne com o Calpro 80	146
Tabela 4.11 - Análises de rendimento dos bolos de carne com o CPS 60	146
Tabela 4.12 - Análises de rendimento dos bolos de carne com o CPS 80	147
Tabela 4.13 - Análise do perfil de textura das salsicha com o Calpro 8002	150
Tabela 4.14 - Análise do perfil de textura das salsicha com o Calpro 80	150

Tabela 4.15 - Análise do perfil de textura das salsicha com o CPS 60	151
Tabela 4.16 - Análise do perfil de textura das salsicha com o CPS 80	151
Tabela 4.17 - Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o Calpro 8002	154
Tabela 4.18 - Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o Calpro 80	154
Tabela 4.19 - Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o CPS 60	155
Tabela 4.20 - Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o CPS 80	155
Tabela 4.21 - Análises de rendimento dos hambúrgueres com o Calpro 8002	157
Tabela 4.22 - Análises de rendimento dos hambúrgueres com o Calpro 80	158
Tabela 4.23 - Análises de rendimento dos hambúrgueres com o CPS 60	158
Tabela 4.24 - Análises de rendimento dos hambúrgueres com o CPS 80	158

NOMENCLATURA

CPS	Concentrado protéico de soro de leite	
IPS	Isolado protéico de soro de leite	
WPC	Whey Protein Concentrate	
TPA	Análise do perfil de textura ("Texture Profile Analysis")	
UF	Ultrafiltração	
DF	Diafiltração	
KDa	Kilo Dalton	
α -La	α -lactalbumina	
β -Lg	β -Lactoglobulina	
BSA	Albumina do soro bovino	
Ig	Imunoglobulina	
PP	Proteose-peptona	
DBO	Demanda biológica de oxigênio	
DQO	Demanda química de oxigênio	
NNP	Nitrogênio não-protéico	
$^{\circ}$ D	Graus Dornic	
m	Massa	(g) (kg)
T	Temperatura	($^{\circ}$ C)
t	tempo	(s) (min) (h)
P	Pressão	(kgf/cm ²)
EAI	Índice de atividade emulsificante (Emulsifying Activity Index)	(m ² /g)
EC	Capacidade de Emulsificação ("Emulsion Capacity")	(mL/mg)
W _o	Peso seco da emulsão/peso da emulsão	(%)
W ₁	Perda de peso da emulsão/peso da emulsão	(%)
E	Concentração de soluto	(g/mL)
C	Peso de proteínas por unidade de volume da fase aquosa	(g/mL)
ϕ	Fração de volume de óleo da emulsão	
P	Proteína	(%)
G	Gordura	(%)
U	Umidade	(%)

TESE DE DOUTORADO

Autora: Henelyta Santos Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Aloísio José Antunes

Título: Obtenção e Aplicação de Concentrados Protéicos de Soro de Leite Bovino em Produtos Cárneos.

Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP.

RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar o comportamento das proteínas miofibrilares e de quatro concentrados protéicos de soro de leite (CPS) em sistema modelo, utilizando-os devido às suas propriedades funcionais compatíveis com aplicações na indústria da carne e investigar as características de textura dos produtos elaborados a partir dessas proteínas. Os CPSs foram avaliados em relação à solubilidade, gelatinização e emulsificação. As proteínas miofibrilares do músculo bovino Quadriceps femuris foram extraídas e testadas as propriedades funcionais, como foi feito nas amostras de CPS. Géis mistos (CPS e proteínas miofibrilares) foram avaliados pela sua propriedade funcional de gelatinização, para proporcionar informações sobre o propósito de substituição em sistemas cárneos. Os bolos de carne, hambúrgueres e salsichas foram elaborados de acordo com formulações clássicas, utilizadas pela indústria da carne. Nestes produtos, as proteínas miofibrilares foram substituídas em diferentes proporções pelos CPSs (1,0 a 5,0%). Todas as amostras de CPS utilizadas neste estudo apresentaram uma solubilidade alta (83,2 a 97,1%), bem como uma eficiente capacidade de emulsificação e gelatinização. As proteínas miofibrilares apresentaram uma capacidade de emulsificação e gelatinização inferior às proteínas do soro. A avaliação das salsichas, bolos de carne e hambúrgueres ("cooking yield" e análise do perfil de textura, ou TPA) demonstrou viabilidade de substituição.

Palavras Chave: Concentrado Protéico de Soro de Leite (CPS), Funcionalidade, Proteínas Miofibrilares, Produtos Cárneos.

DOCTORATE THESIS

Author: Henelyta Santos Ribeiro

Adviser: Prof. Dr. Aloísio José Antunes

Title: Production and Application of Whey Protein Concentrates in Meat Products.

Faculty of Food Engineering – UNICAMP.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the behavior of the myofibrillar proteins and four whey protein concentrates in model system, and utilize the four whey protein concentrates due to their functional properties compatible with applications in the meat industry, and to investigate the textural characteristics of the manufactured products with these proteins. WPCs was evaluated in relation to solubility, gelation and emulsification. Myofibrillar proteins from bovine muscle Quadriceps femoris were extracted and tested for functional properties as it was done for the WPC samples. Mixed gels (WPC and myofibrillar proteins) were evaluated for their functional property of gelation, to provide information about the intended substitution in meat systems. Meat loaves, meat patties and sausages were manufactured according to the classical formulations, utilized by the meat industry. In these products, myofibrillar proteins were replaced in different proportions by WPCs (1,0 to 5,0%). All WPCs samples utilized in this study showed a high solubility performance (83,2 to 97,1%), as well as an efficient emulsification and gelatinization capacities. The myofibrillar proteins showed gelatinization and emulsifying capacity lower than whey proteins. The evaluation of sausages, meat loaves and meat patties (cooking yield, TPA) have shown the feasibility of the substitution.

Key Words: Whey Protein Concentrate (WPC), Functionality, Myofibrillar Proteins, Meat Products.

INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento da indústria de queijos no Brasil, tem havido considerável aumento na quantidade de soro descartado em rios e mananciais. O soro de leite é um potente poluente ambiental e vem sendo motivo de grande preocupação em muitos países. A produção de concentrados protéicos de soro de leite (CPS) é uma solução viável para resolver este problema, pois o soro apresenta um sistema protéico da melhor qualidade, tanto sob o ponto de vista nutricional como pelas propriedades funcionais. A procura por suas aplicações é uma importante motivação para os cientistas e tecnologistas de alimentos. A funcionalidade dos CPSs depende de vários fatores, dentre os quais pode-se incluir a composição e qualidade do leite, pré-tratamentos e manuseio do soro, condições empregadas durante os processos de ultrafiltração e diafiltração (concentração), e secagem. A correta manipulação destas variáveis pode levar os CPSs a apresentarem propriedades funcionais específicas e com destino adequada ao produto no qual será utilizado como ingrediente.

Propriedades funcionais como: solubilidade, capacidade de gelatinização, emulsificação e formação de espuma são típicas de concentrados protéicos de soro de leite (Kinsella, 1984; Kinsella & Whitehead, 1989; Morr & Ha, 1993). Algumas dessas propriedades são essenciais para a aplicação de CPSs em produtos cárneos como: excelentes propriedades gelatinizantes formando géis coesivos em concentrações protéicas acima de 0,5%; capacidade de retenção de água, aumento da suculência e retenção de gordura, alta solubilidade em ampla faixa de pH, podendo também ser utilizado na formulação de produtos cárneos "low fat". Outra grande vantagem dos CPSs como ingrediente funcional, é não gerar nenhum tipo de sabor estranho ou "off-flavor" ao produto em que ele é adicionado (Van den Hoven, 1987; Giese, 1994).

Carnes cominuídas, ou mecanicamente separadas podem ser convenientemente reestruturadas com a adição de CPSs. Na elaboração de salsichas são adicionados de 2,0% a 5,0% de proteína (Schmidt & McNeill, 1993), cujas propriedades de ligação com a água, coesão-adesão, perfil de textura, emulsificação e adsorção de gordura são favorecidas. Eles aumentam a propriedade de adesão em carnes reestruturadas e pré-cozidas, como também no caso de presuntos (Konno & Kimura, 1993), proporcionando uma textura macia (Mancini, 1992; Lawson, 1994). As propriedades de formação de gel, habilidade em envolver água e outras propriedades funcionais, determinam a estabilidade e textura destes produtos cárneos.

Neste trabalho foram processados dois soros de leite para obtenção de dois CPSs com diferentes porcentagens protéicas, sendo avaliadas suas propriedades funcionais em sistema modelo, e de outros dois CPSs comerciais, visando a aplicação como ingrediente em produtos cárneos como: bolo de carne, salsicha e hambúrguer.

2. OBJETIVOS

1. Obtenção de dois CPSs com teores protéicos de aproximadamente 60,0% e 80,0%, a partir da concentração das proteínas do soro utilizando os processos de ultrafiltração e diafiltração, e secagem por liofilização.
2. Avaliação das propriedades funcionais destes dois concentrados protéicos (CPS 60 e CPS 80) e de outros dois comerciais (Calpro 8002 e Calpro 80) como: solubilidade, emulsificação, formação de espuma e o estudo em sistema modelo de fatores como pH e concentração de proteínas, para verificar os efeitos destas variáveis na capacidade de gelatinização dos CPSs.
3. Extração das proteínas miofibrilares do músculo bovino *Quadriceps femoris* e a determinação das propriedades funcionais em sistema modelo, como: solubilidade, gelatinização e emulsificação.
4. Estudo em sistema modelo da propriedade funcional de gelatinização dos dois sistemas protéicos em conjunto (proteínas miofibrilares + proteínas do soro de leite) em pH 6,5.
5. Testar o emprego dos quatro CPSs em três produtos cárneos: bolo de carne, hambúrguer e salsicha, e avaliar os seus perfis de textura, além de propriedades como rendimento com o cozimento ("cooking yield") e retenção de umidade ("moisture retention").

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. O LEITE

Os principais constituintes do leite são: água, gordura, proteínas, lactose e minerais. Em adição à caseína e às proteínas do soro, o leite também contém nitrogênio não-protéico que, em média, representa 5,0% do nitrogênio total. O leite contém uma concentração de minerais em sua composição centesimal menor que 1,0%, porém esta quantidade não é constante. Os minerais podem ficar dissolvidos no soro, ou estar presentes nas micelas de caseína, sendo os mais importantes: cálcio, sódio, potássio e magnésio, que ocorrem como fosfatos, cloretos, citratos e caseinatos. O leite também contém quantidades traços de outras substâncias, como pigmentos, enzimas (peroxidase, catalase, fosfatase e lipase), vitaminas (A, B₁, B₂, C e D), leucócitos e fosfolipídeos, bem como gases que são encontrados dissolvidos no leite. Estes consistem na maioria de CO₂, N₂ e O₂.

2. PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE

O soro doce de leite é obtido através do processamento de queijo, onde a caseína, que constitui aproximadamente 78,0% das proteínas do leite e 2,6% do leite integral, é insolubilizada enzimaticamente pela ação da renina no seu ponto isoelétrico (pH 4,6), que produz proteólise limitada da κ -caseína, sendo obtida uma massa coesiva ou um coágulo. O soro pode também ser obtido através da produção de caseína e “cottage cheese” por precipitação ácida, sendo neste caso, chamado de soro ácido.

Após secagem, o soro apresenta uma composição de aproximadamente 13,0% de proteínas, 76,0% de lactose, 10,0% de cinzas e 1,0% de gordura, podendo o teor de proteínas ser concentrado a 35,0%, 50,0%, 70,0%, 80,0% (Tabela 1), passando a denominar concentrado protéico de soro de leite (CPS) (Giese, 1994). Os concentrados com teor de proteína acima de 90,0% são chamados isolados protéicos de soro de leite (WPI) e são obtidos pelo processo de troca iônica (Houldsworth, 1980). Cada concentração oferece uma faixa de aplicação devido às suas diferentes propriedades funcionais.

Para a obtenção de concentrados entre 35,0-50,0% de proteína, o soro é pasteurizado e estocado em tanque de armazenamento. Em seguida é clarificado para remoção de resíduos de caseína e concentrado pelo processo de ultrafiltração, no qual

ocorre a permeação em membranas e o líquido ultrafiltrado é chamado de permeado, sendo composto por água, sais, e lactose. As proteínas (Tabela 2) e a gordura, que possuem peso molecular na ordem de grandeza de 100 a 1.000 vezes maior que dos componentes do permeado, são retidas na membrana, as quais são concentradas, sendo denominadas de retentados (Figura 1). Após o processo de ultrafiltração, o retentado é concentrado à vácuo, cuja etapa é opcional e posteriormente passa pelo processo de secagem, sendo o mais utilizado, a secagem por atomização ("Spray-drying").

TABELA 1

Composição dos concentrados e isolados protéicos de soro de leite.

Compostos	CPS 35%	CPS 50%	CPS 80%	WPI
<i>Proteína (%)</i>	34,0-35,0	53,0	80,0	90,0
<i>Lactose (%)</i>	53,0	35,0	7,0	1,0
<i>Gordura (%)</i>	4,0	5,0	4,0-7,0	1,0
<i>Cinzas (%)</i>	8,0	7,0	4,0-7,0	3,0

Fonte: Huffman, 1996.

Para a obtenção de concentrados protéicos na faixa de 60,0% a 80,0% de proteína, acrescenta-se a etapa de diafiltração após a ultrafiltração, proporcionando uma maior concentração das proteínas através da diluição com água, para remoção da lactose e sais que permanecem juntamente com o retentado. As membranas têm a finalidade de reter moléculas com peso molecular acima de 14.000 Daltons (Huffman, 1996), sendo que a espessura, porosidade, diâmetro dos poros e permeabilidade da membrana são características importantes na seletividade dos componentes do soro.

TABELA 2

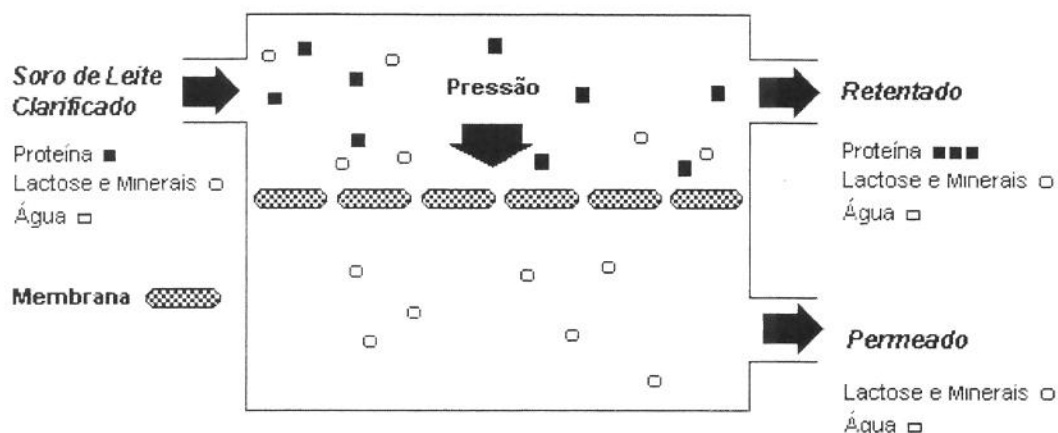
Peso molecular das proteínas do soro de leite.

Constituintes	Peso Molecular (Daltons)
<i>α-Lactalbumina</i>	14.200
<i>β-Lactoglobulina</i>	18.400
<i>Albumina do Soro Bovino</i>	66.000
<i>Imunoglobulina G</i>	160.000
<i>Proteose-peptona 8f</i>	4.100
<i>Proteose-peptona 8s</i>	9.900
<i>Proteose-peptona 5</i>	12.300
<i>Proteose-peptona 3</i>	22.000

Fontes: Morr, 1992; Aguilera, 1995.

A ultrafiltração é um processo físico-químico de fracionamento seletivo por membranas porosas sob pressão (Figura 1), cujas partículas entre peso molecular de 10^3 -

10^6 Daltons (0,001 a 0,02 μm) são retidas (Bird, 1996). Ela facilita a separação seletiva das proteínas do soro, da lactose, sais e água sob moderadas condições de temperatura e pH. No processo, os glóbulos de gordura e sólidos suspensos são também retidos. A força motriz é a diferença de pressão que pode variar de 2,0 a 10,0 kgf/cm^2 e pode operar de 30,0 a 300,0 $\text{L/m}^2\text{h}$ (Renner & Abd El-Salam, 1991).



Fonte: Renner & Abd El-Salam, 1991

Figura 1 – Processo de ultrafiltração (fluxo tangencial).

A concentração das proteínas do soro pelo processo de ultrafiltração em plantas modernas é de aproximadamente 24,0% de sólidos totais, com uma razão de proteínas/sólidos totais de 0,72:1. A diafiltração é empregada para alcançar uma razão mais alta de proteínas/sólidos totais (0,80:1) (Mulvihill, 1997).

Alguns fatores operacionais devem ser controlados na concentração das proteínas do soro pelo processo de ultrafiltração incluindo: a área, pressão e características da membrana como natureza química, porosidade, configuração, seletividade, estabilidade à temperatura e à químicos corrosivos e oxidantes, e pHs extremos. A viscosidade e a densidade do fluido devem ser conhecidas, para que se possa manter um escoamento turbulento, favorecendo as condições de fluxo na membrana. Outros fatores adicionais que afetam o desempenho da membrana de ultrafiltração são: difusividade, pressão osmótica e propriedades das moléculas existentes no retentado, que contribuem para a polarização e o "fouling".

O material da membrana e o tamanho dos poros tem uma influência considerável na quantidade de proteína adsorvida, e o efeito desta adsorção é apresentado no fluxo de permeado e na concentração de proteínas (Carić *et al.*, 2000). As

membranas minerais recentemente desenvolvidas à base de óxido de zircônio, suportadas por carbono grafite, apresentam um ótimo comportamento físico-químico, permitindo a obtenção de produtos de alta viscosidade. Estas membranas chamadas de terceira geração, podem operar em pH ácido ou básico, não sofrem degradação por hidrólise, apresentam melhor desempenho em relação a temperaturas altas (resistem até a 400°C) e estão disponíveis em uma ampla faixa de porosidade.

A principal dificuldade que ocorre no processo de ultrafiltração é o que se define como "fouling". O "fouling" manifesta-se como um declínio no fluxo de permeado com o tempo de processo, quando todos os parâmetros operacionais, tais como pressão, velocidade tangencial, temperatura e fator de concentração são mantidos constantes, ou em regime estacionário.

Na Tabela 3 são apresentadas as composições de soros de leite obtidos por dois processamentos diferentes. Embora a composição de cada tipo de soro seja distinta, ambos contém aproximadamente 0,7% a 0,9% de proteína. O teor de lactose pode variar entre 3,6% e 5,5%.

TABELA 3
Composição do soro de leite à 6,2% de sólidos totais.

Composição	Soro Doce (Cheddar)	Soro Ácido (Cottage)
<i>pH</i>	6,30	4,60
<i>Cinzas (%)</i>	0,53	0,69
<i>Lactose (%)</i>	4,77	4,71
<i>Proteína (%)</i>	0,82	0,75
<i>Gordura (%)</i>	0,07	0,03
<i>Ácido láctico (%)</i>	0,15	0,55
<i>Cálcio (%)</i>	0,05	0,13
<i>Sódio (%)</i>	0,07	0,06
<i>Potássio (%)</i>	0,13	0,15
<i>Fósforo (%)</i>	0,06	0,09

Fonte: Bassette & Acosta, 1988.

3. PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE

A produção de uma tonelada de queijo gera aproximadamente 8,0 a 9,0 toneladas de soro líquido, contendo aproximadamente 20,0% (4,0 a 7,0 g/L) da proteína original do leite. O soro contém em média 93,0% de água, 0,7% de proteínas, 4,6% de lactose, 0,2% de gordura e 0,6% de minerais.

Como pode ser visto na Tabela 2, as frações protéicas do soro são heterogêneas. Normalmente, as proteínas do soro são constituídas de 12,0% de α -

lactalbumina (α -La), 50,0% de β -lactoglobulina (β -Lg), 5,0% de albumina do soro bovino (BSA), 10,0% de imunoglobulinas (Ig), e 20,0% de proteose-peptonas (PP), que são produtos da degradação proteolítica da caseína. O soro contém outras proteínas em menores proporções, sendo as mais significantes dentre elas: a lactoferrina, sorotransferrina e β_2 -microglobulina. A principal globulina no leite pertence à imunoglobulina G (IgG), com menor quantidade de IgA, IgM e IgE. A Tabela 4 apresenta os dados de concentração das principais proteínas que compõem o soro de leite.

As proteínas do soro de leite possuem uma estrutura compacta globular nativa, exceto as proteose-peptonas, com uma sequência e composição de aminoácidos diferentes (Tabela 5), proporcionando propriedades específicas para cada proteína (Kinsella, 1984). Elas também possuem cisteína e metionina em sua estrutura, sendo que a existência de cisteína e uma pequena quantidade de prolina induz à formação de uma estrutura altamente organizada, com uma sequência uniforme de distribuição dos resíduos não polares, polares e carregados em sua composição de aminoácidos.

TABELA 4
Propriedades fundamentais das proteínas do soro de leite.

Proteínas	Concentração (g/L)	Cisteína ^a	pI ^b
<i>β-lactoglobulina</i>	2,0-4,0	5 (1SH)	5,1-5,3
<i>α-lactoalbumina</i>	1,0-1,7	8	4,2-4,8
<i>Albumina do soro bovino</i>	0,1-0,4	35 (1SH)	5,1-5,3
<i>Imunoglobulina</i>	0,6-1,0	32	5,5-8,3
<i>Proteose-Peptona</i>	0,6-1,8	0	-

^abase molar

^bbaseado na composição de aminoácidos

Fontes: Kinsella, 1985; Mulvihill & Kinsella, 1987; Morr, 1992; Aguilera, 1995.

Os resíduos hidrofóbicos das proteínas globulares do soro são intramoleculares, e a estrutura protéica desnatura-se rapidamente a temperaturas acima de 70°C. Elas são ricas em cisteína, possibilitando a formação de ligações cruzadas entre pontes dissulfídicas, que estabilizam a sua estrutura. Quando não desnaturadas, são altamente solúveis, boas formadoras de espuma e emulsões, além de formar géis a 85°C (Kinsella, 1984; de Wit & Klarenbeek, 1984; Kinsella & Whitehead, 1989).

3.1. β -Lactoglobulina (β -Lg)

É a mais abundante das proteínas do soro, constituindo 50,0% do total de suas proteínas, com 162 resíduos de aminoácidos, 15,0% α -hélice, 50,0% β -sheet, 18,0% β -turns, e o restante de estrutura não organizada. Contém em sua estrutura duas pontes dissulfídicas (S-S) (resíduos 66 ao 160, e 121 ao 106) e um grupo sulfidril (-SH) livre por monômero (resíduo 119), cujos grupos tióis são capazes de interagir para formar novas pontes dissulfídicas (Kinsella, 1985).

TABELA 5
Resíduos de aminoácidos das proteínas β -Lg e α -La

Aminoácidos	Concentração de proteínas no leite (% mol)	
	β -lactoglobulina	α -lactoalbumina
<i>Alanina</i>	5,4	1,5
<i>Arginina</i>	2,5	1,1
<i>Asparagina</i>	3,1	9,6
<i>Ácido aspártico</i>	6,9	7,3
<i>Cisteína</i>	2,8	5,8
<i>Glutamina</i>	6,2	4,5
<i>Ácido glutâmico</i>	11,2	7,2
<i>Glicina</i>	0,9	2,4
<i>Histidina</i>	1,5	2,9
<i>Isoleucina</i>	6,2	6,4
<i>Leucina</i>	13,6	10,4
<i>Lisina</i>	10,5	10,8
<i>Metionina</i>	2,8	0,9
<i>Fenilalanina</i>	3,2	4,1
<i>Prolina</i>	4,2	1,4
<i>Serina</i>	3,3	4,3
<i>Treonina</i>	4,4	5,0
<i>Triptofano</i>	2,0	5,2
<i>Tirosina</i>	3,6	4,6
<i>Valina</i>	5,4	4,2

Fonte: Kinsella *et al.*, 1989.

Em soluções acima do ponto isoelétrico (Tabela 4), a β -Lg existe como um dímero (36,7 kDa) devido a interações eletrostáticas entre resíduos de ácido aspártico e glutâmico (130 e 134, respectivamente), com resíduos de lisina na molécula vizinha. Em pHs abaixo de 3,5, o dímero dissocia-se em monômero por causa das fortes forças eletrostáticas repulsivas e entre 3,5 e 5,2 o dímero polimeriza-se num octômero (147 kDa). A β -Lg é solúvel no ponto isoelétrico em estado nativo, e é altamente sensível aos íons cálcio na forma desnaturada. Os grupos sulfidrilas reativos ligam compostos

hidrofóbicos, favorecendo a formação de géis, espumas e emulsões. Sua estrutura possui 34,0% de resíduos polares, nenhum grupo fosforilado e é particularmente resistente à proteólise (Mulvihill & Kinsella, 1987).

As ligações dissulfídicas afetam a solubilidade desta proteína. A estrutura protéica desnatura-se a aproximadamente 70°C, segundo uma reação cinética de segunda ordem (Mutilangi & Kilara, 1985), cujos grupos sulfidrilas livres são expostos e novas pontes dissulfídicas são formadas dentro e entre suas moléculas, ou com outras proteínas que contém grupos tióis livres.

3.2. α -Lactalbumina (α -La)

A α -La representa quantitativamente a segunda mais importante (20,0% a 25,0%), com peso molecular de 14,2 kDa (Tabela 2) e é a mais resistente a tratamentos térmicos. Com 123 resíduos de aminoácidos em sua estrutura globular, ela possui aproximadamente 36,0% de resíduos apolares, 2 resíduos de prolina, 12 resíduos de lisina, e nenhum grupo tiol livre. Os aminoácidos sulfurados na forma de ligações dissulfídicas intramoleculares (resíduos de cisteína), ocorrem como quatro pontes dissulfídicas por molécula, ligando os resíduos 6 ao 120, 28 ao 111, 61 ao 77, e 73 ao 91; sendo responsáveis principalmente pelas suas mudanças conformacionais reversíveis sob desnaturação térmica, evidenciando uma estrutura mais estável que da β -lactoglobulina.

Em pH 7,0, sua estrutura secundária apresenta 26,0% α -hélice, 14,0% β -sheet, nenhuma estrutura β -turns e 60,0% de estrutura desordenada. A molécula normalmente ocorre como um monômero compacto globular. É uma proteína ligante de cálcio, cujo íon estabiliza sua conformação, sendo também capaz de ligar zinco e outros metais. Os resíduos de lisina são expostos à superfície como é típico de proteínas globulares (de Wit & Klarenbeek, 1984). Além de ser rica em lisina, possui também grande porcentagem de leucina, treonina, triptofano e cisteína (Kinsella, 1985).

A α -La desnatura-se a 65,2°C em pH 6,0 a 7,0 segundo uma reação cinética de primeira ordem, sendo que de 80,0% a 90,0% da fração desnaturada reverte-se com o resfriamento (Mutilangi & Kilara, 1985). É solúvel no ponto isoelétrico e possui boas propriedades de emulsificação. A α -La e β -Lg podem combinar-se através de ligações dissulfídicas e o híbrido protéico na forma desnaturada é insolúvel no ponto isoelétrico.

3.3. Albumina do Soro Bovino (BSA)

É a proteína mais simples e maior de todas as proteínas do soro, com peso molecular de 66 kDa, com 28,0% de resíduos apolares, 28 resíduos de prolina, 59 resíduos de lisina; 17 ligações dissulfídicas intramoleculares, e um grupo sulfidril livre por molécula no resíduo 34. Apresenta uma estrutura ordenada, com 54,0% α -hélice, 18,0% β -sheet e 20,0% β -turns. Ela é idêntica à isolada do sangue, com 582 aminoácidos e liga ácidos graxos livres e materiais lipídicos, que estabilizam sua molécula contra desnaturação térmica a 64°C (Kinsella, 1985), podendo também ligar cátions em sua superfície, especialmente Cu^{+2} e Ni^{+2} .

A BSA possui um bom perfil de aminoácidos essenciais, sendo também uma proteína globular. A atividade da superfície da cadeia polipeptídica resulta de uma completa desnaturação da estrutura terciária (Brock & Enser, 1987), proporcionando boas propriedades de emulsificação e formação de espuma. Como representa apenas 10,0% das proteínas do soro, presume-se que ela tenha relativamente pequeno efeito nas propriedades funcionais dessas proteínas.

3.4. Imunoglobulinas (Ig)

As imunoglobulinas do soro de leite possuem uma estrutura complexa. As cinco classes principais de Ig são reconhecidas como IgG (IgG_1 , IgG_2 , IgG_3 , IgG_4), IgA (IgA_1 , IgA_2), IgM, IgD e IgE. A imunoglobulina G representa mais de 80,0% da composição total das imunoglobulinas, possuindo peso molecular de 160 kDa. Das quatro sub-unidades de cadeias polipeptídicas, duas cadeias são leves e duas são pesadas, sendo unidas por pontes dissulfídicas. Apresentam a seguinte ordem de desnaturação dentre as outras proteínas do soro: $\text{Ig} > \text{BSA} > \beta\text{-Lg} > \alpha\text{-La}$. Após serem desnaturadas, são menos solúveis e mais sensíveis aos íons cálcio que a forma nativa.

3.5. Proteose-peptonas (PP)

As proteose-peptonas são polipeptídeos derivados da caseína, resultado da ação enzimática da quimosina e renina, cujas enzimas proteolíticas rompem a κ -caseína, causando perda de sua carga hidrofílica (Shimada & Cheftel, 1988, 1989). A maioria das proteose-peptonas existentes no soro tem sido identificada como segmentos N-terminal da β -caseína. Elas são compostos fosforilados (fosfopeptídeos) e não

possuem estrutura compacta globular como as proteínas do soro (de Wit & Klarenbeek, 1984); têm características termoestáveis e são solúveis em pH 4,6. Possuem uma cadeia polipeptídica heterogênea, com uma pequena concentração de aminoácidos aromáticos e sulfurados. Apresentam excelente propriedade de formação de espuma, mas tais espumas são instáveis à quente.

3.6. Outras proteínas

As transferrinas existentes no soro podem ser caracterizadas como sorotransferrina e lactoferrina. Estas proteínas são positivamente carregadas em pH neutro, enquanto a maioria das proteínas do soro são negativamente carregadas sob as mesmas condições (Regester *et al.*, 1996). A Lactoferrina é uma glicoproteína simples, com peso molecular de aproximadamente 80.000 Daltons e possui dois grupos carboidratos ligados na sua estrutura. Ela é uma proteína capaz de ligar dois íons ferro (Fe^{+3}) por molécula e uma das únicas proteínas básicas do soro (Kinsella & Whitehead, 1989).

4. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE

Em estruturas globulares, que caracterizam as proteínas do soro, os grupos hidrofóbicos encontram-se internamente na molécula e os hidrofílicos no exterior. As propriedades funcionais de tais proteínas dependem de fatores físico-químicos intrínsecos, como composição e sequência de aminoácidos, flexibilidade, tamanho, conformação e distribuição de cargas na estrutura da molécula; e de fatores extrínsecos, como pH, temperatura, concentração de proteína, e tipos de íons (Bryant & McClements, 1998).

4.1. Solubilidade

As proteínas são solúveis em água quando forças eletrostáticas e/ou a repulsão de hidratação entre as proteínas são maiores que as forças governadas pelas interações hidrofóbicas. A solubilidade é influenciada pela composição e sequência de aminoácidos, razão de aminoácidos polares e não-polares, peso molecular e conformação da proteína, podendo ser afetada por condições do meio, como pH, temperatura, sais

(espécies e concentração) e interações com outros componentes do meio. As ligações iônicas e hidrofílicas influenciam positivamente a sua solubilidade.

As proteínas do soro são altamente solúveis, tanto em pH ácido como em pH básico ou neutro, podendo variar de 24,0 a 98,0% em pH 6,0 e de 65,0 a 100% em pH 7,0. Mesmo com o aumento das forças atrativas na faixa de pH isoelétrico, elas permanecem solúveis (Kinsella, 1984). A solubilidade é muito importante para a aplicação de CPS como ingrediente alimentício, a qual é necessária para o desenvolvimento de outras propriedades funcionais como: formação de espumas, emulsificação e gelatinização.

4.2. Formação de Espuma

Na propriedade de formação de espuma, segmentos hidrofóbicos e hidrofílicos das proteínas são expostos ao ar e à fase aquosa, formando um filme interfacial entre as duas fases. A separação ar-água é mantida por repulsões eletrostáticas entre a superfície do filme, segmentos hidratados flexíveis, viscosidade e pressão negativa na borda, que tende a reter o fluido. A pressão superficial aumenta à medida que mais proteína interage com a interface. A barreira eletrostática desenvolve-se por causa dos grupos carregados das proteínas orientadas, preferencialmente para o lado da interface aquosa. Energia cinética adequada é necessária para sobrepor a barreira elétrica, para comprimir as moléculas na superfície, permitindo a adsorção. Uma vez adsorvida na interface, moléculas de proteína interagem com a interface mais afastada resultando num estado mais baixo de energia livre.

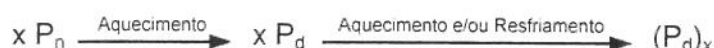
Esta propriedade pode ser afetada pela concentração de proteínas e de sólidos, pH, tipo de íons, força iônica, grau de desnaturação, tempo de agitação mecânica, temperatura, níveis de proteose-peptonas e lipídios. Como a maioria dos CPSs contém lipídeos, estes competem com as proteínas no posicionamento em torno das bolhas de ar, prejudicando a sua formação.

As proteínas globulares formam filmes viscoelásticos com boas propriedades mecânicas, possivelmente por causa de maiores interações polipeptídicas. Parciais desnaturações destas proteínas sem perda de solubilidade, aumentam em alguns casos a propriedade de formação de espuma. O pH afeta sua estabilidade por afetar a rigidez do filme interfacial. Os CPSs são excelentes formadores de espuma, porém suas espumas não são muito estáveis ao serem aquecidas. A capacidade de

formação de espuma das proteínas do soro pode ser determinada através de medidas de “overrun” e estabilidade (Phillips *et al.*, 1987).

4.3. Gelatinização

Ferry (1948) propôs um mecanismo de formação de géis através da gelatinização termicamente induzida de proteínas, onde ocorre a abertura completa de sua estrutura, e o polímero estendido associa-se para formar a rede. O processo é constituído de duas etapas:



Onde:

x = número de moléculas de proteínas

P_n = proteína nativa

P_d = proteína desnaturada

A gelatinização é um fenómeno de agregação de proteínas na qual interações proteína-proteína e proteína-água são mantidas por forças atrativas e repulsivas perfeitamente balanceadas, de tal modo que proporciona a formação de uma rede ou matriz bem ordenada e estável, capaz de reter grandes quantidades de água. Se forças atrativas predominam, um coágulo é formado e a água é expelida da matriz do gel, mas se forças repulsivas predominam, nenhuma rede é formada (Mangino, 1992).

As forças envolvidas na estabilidade dos géis à base de proteínas são: ligações dissulfídicas, pontes de hidrogênio, ligações iônicas, e ligações hidrofóbicas. A propriedade de gelatinização é influenciada pela composição de aminoácidos, carga da rede, peso molecular, concentração de proteínas, lipídeos, lactose, nitrogênio não-protéico, sólidos totais, concentração de íons, como o cálcio; número de sulfidrilas livres (-SH), pH e temperaturas de aquecimento e resfriamento. A força e dureza dos géis aumentam com a concentração de proteínas e a temperatura empregada. Géis formados a temperaturas mais elevadas tem um maior número de ligações intermoleculares, consequentemente um melhor perfil de textura (Kinsella, 1984). O conteúdo de cálcio, grupos sulfidrilas e hidrofobicidade das proteínas são os fatores que tem o maior efeito na textura dos géis, porque são importantes formadores de ligações cruzadas.

As proteínas do soro são muito susceptíveis à desnaturação termicamente induzida, portanto é necessário um controle rígido das variáveis de processamento para

que não ocorram perdas de suas propriedades funcionais. Aquecimentos acima de 70°C podem causar perda parcial de solubilidade entre pH 3,0 e 5,0, devido à agregação e precipitação em seu ponto isoelétrico, que encontra-se na faixa de pH 4,5 a 5,3 (Huffman, 1996).

Os CPSs formam géis irreversíveis a partir de concentrações acima de 7,0%, formando matrizes que envolvem água, prevenindo perdas por sinerese. Sua utilização como ingrediente provoca modificações nas características de textura de produtos alimentícios, como dureza, coesividade e elasticidade, sendo fatores importantes para a sua aplicação em produtos cárneos (Huffman, 1996). Acima do pH 7,5, os géis são translúcidos e viscoelásticos, sendo influenciados pela solubilidade e número de proteínas com grupos sulfidrilas. Em pH abaixo de 7,5 os géis são opacos e pouco viscoelásticos (Mangino, 1992).

Os parâmetros de textura dos géis de CPS são importantes para caracterizar e quantificar seus atributos. Tais atributos podem ser obtidos pela análise do perfil de textura (TPA) utilizando um instrumento denominado texturômetro, o qual simula o processo de desintegração de um alimento pelos dentes. Os atributos são graficados como força em função do tempo (Figura 2), sendo correlacionados com a avaliação sensorial. A Tabela 6 apresenta a análise dimensional de cada variável medida. Os parâmetros que compõem o perfil são definidos como:

Dureza: É a força necessária para que a amostra atinja uma dada deformação, ou a força para ocasionar a sua compressão. A dureza corresponde ao pico máximo positivo (A_1), obtido na primeira curva do ciclo de compressão ("primeira mordida"), como ilustrado na Figura 2.

Adesividade: É o trabalho a ser simulado para sobrepor as forças de atração entre a superfície da amostra, e a superfície do elemento de prova ("probe", ou punção) que está em contato com a mesma (Força x Comprimento). Quando a adesividade é maior que a coesividade, a amostra ficará aderida ao "probe". Ela representa a área do pico negativo existente após o primeiro ciclo de compressão (A_3).

Coesividade: É um parâmetro adimensional, cuja medida correlaciona-se com a adesividade da amostra, observando-se que quando a adesividade é menor que a coesividade o “probe” permanece limpo. Em sistema real, a amostra não fica aderido aos dentes. Coesividade é a relação entre a área da curva positiva (A_2) obtida durante o segundo ciclo de compressão, e a área da curva positiva (A_1) obtida no primeiro ciclo de compressão, ou A_2/A_1 .

Elasticidade: É a medida da distância de deformação da amostra, que ao ser comprimida pelo “probe”, volta à sua condição original logo após ser retirada a força de deformação; ou é a unidade de comprimento que a amostra recupera durante o tempo que transcorre entre o final da primeira mordida e o começo da segunda. Na Figura 2, ela é a medida do tempo que o alimento recupera entre o primeiro e o segundo ciclo de compressão.

Fraturabilidade: É a força necessária para que a amostra seja fraturada. Ocorre em amostras com alto valor de dureza e baixo valor de coesividade.

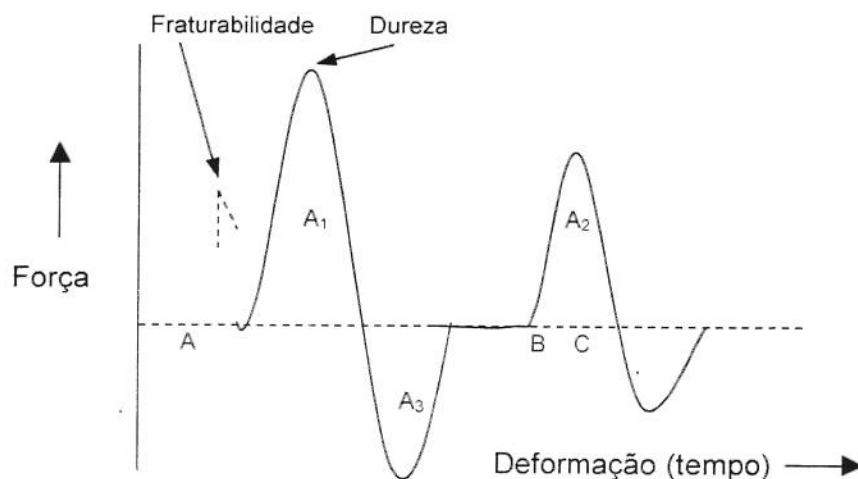
Gomosidade: Representa a força requerida para desintegrar uma amostra semi-sólida até o ponto de ser engolida. É o produto da dureza e a coesividade.

Mastigabilidade: Representa o trabalho necessário para mastigar uma amostra semi-sólida até o ponto de ser engolida. É o produto da elasticidade e a gomosidade (elasticidade x dureza x coesividade).

TABELA 6
Análise dimensional do perfil de textura.

Parâmetros de Textura	Variáveis Medidas	Dimensões das Variáveis Medidas
<i>Dureza</i>	Força	MLT^{-2}
<i>Coesividade</i>	Adimensional	$M^0L^0T^0$
<i>Elasticidade</i>	Distância	M^0LT^0
<i>Adesividade</i>	Trabalho	ML^2T^{-2}
<i>Fraturabilidade</i>	Força	MLT^{-2}
<i>Mastigabilidade</i>	Trabalho	ML^2T^{-2}
<i>Gomosidade</i>	Força	MLT^{-2}

Fonte: Bourne, 1978.



Fonte: Bourne, 1978, 1982; Rizvi, 1981.

Figura 2 – Curva típica do perfil de textura obtido em texturômetro TAT-XT2.

4.4. Emulsificação

Uma emulsão é definida como um sistema heterogêneo, consistindo de no mínimo um líquido imiscível intimamente disperso num outro na forma de gotas, cujo diâmetro, em geral é maior que $0,1\mu\text{m}$.

Durante a formação da emulsão, a proteína perde a estrutura terciária e parte da estrutura secundária, ocorrendo a difusão e adsorção na interface óleo-água. Os resíduos hidrofóbicos orientam-se em direção à fase apolar (óleo), enquanto os seguimentos polares carregados se estendem dentro da fase polar (aquosa), levando a redução da energia livre do sistema. A maioria das cadeias polipeptídicas ocupam a interface, e interagem com moléculas vizinhas, proporcionando a formação de um filme coeso e resistente (Phillips *et al.*, 1994). O processo de adsorção da proteína na interface é irreversível, especialmente a baixas concentrações na superfície. O filme pode ser estabilizado por interações proteína-proteína não-covalentes, promovidos por pontes de hidrogênio e interações eletrostáticas e possivelmente por pontes dissulfídicas.

A coalescência refere-se a um decréscimo no número e um aumento no tamanho dos glóbulos individuais. Ela consiste na colisão de duas ou mais gotas resultando na formação de uma gota maior. Este processo reduz a área superficial do sistema de emulsão e é associada com o decréscimo na energia da superfície. A coalescência é a principal causa da quebra de emulsões, porque envolve dissolução do

filme interfacial. Vários fatores, como solubilidade, pH, sais, concentração de proteína, temperatura e suas próprias propriedades como filme interfacial afetam a estabilidade da emulsão (Morr, 1979; Phillips *et al.*, 1994). Um aumento na viscosidade da emulsão reduz a mobilidade dos glóbulos de gordura e minimiza a coalescência.

As proteínas do soro possibilitam a formação de emulsões devido a característica anfipática de suas moléculas. Tais proteínas formam uma membrana interfacial em volta do óleo ou da água prevenindo a coalescência e consequentemente a saída de óleo (Huffman, 1996). A solubilidade e a distribuição de peso molecular são fatores importantes na definição da propriedade de emulsificação dos CPSs (Morr, 1979). Outro fator importante é o pH, que proporciona uma baixa capacidade de emulsificação às proteínas do soro na faixa de 4,0 a 5,0.

Alguns termos são comuns para definir as propriedades de emulsificação das proteínas, como capacidade de emulsificação (EC), estabilidade da emulsão, floculação, índice de atividade emulsificante (EAI), e área interfacial. Para determinar a capacidade de emulsificante, normalmente é medido o índice de atividade emulsificante (m^2/g) através da análise turbidimétrica da emulsão, e a capacidade de emulsificação, que determina a razão do volume de óleo emulsificado pela massa de proteína presente na solução.

5. PROTEÍNAS DA CARNE

O músculo é composto em média, de 75,0% de água, 20,0% de proteína, 3,0% de gordura e 2,0% de substâncias solúveis não-nitrogenadas. As proteínas do tecido muscular são geralmente classificadas como sarcoplasmáticas, estromáticas e miofibrilares, segundo suas solubilidades em soluções salinas. As proteínas sarcoplasmáticas contam com aproximadamente 30,0% a 34,0% do total, enquanto que as proteínas miofibrilares contribuem com 50,0% a 55,0% (Tabela 7). O restante de 10,0% a 15,0% é composto pela fração do estroma, que é composto principalmente de colágeno (40,0% a 60,0%) e elastina (10,0% a 20,0%) (Ziegler & Acton, 1984; Lawrie, 1985).

As proteínas sarcoplasmáticas são definidas como solúveis quando extraídas com água ou soluções de baixa concentração de sal (força iônica, $\mu < 0,1$). Elas são globulares, tem baixa viscosidade; peso molecular na faixa de 20 a 100 kDa (Tabela 7) e ponto isoelétrico entre os valores de pH de 6,0 a 7,0.

As proteínas miofibrilares também chamadas de proteínas solúveis em solução salina ($\mu > 0,3$) (SSP), são as principais frações protéicas do músculo, fazendo parte: a miosina, actina, tropomiosina, troponina, α -actinina e muitos outros componentes menores (Hultin *et al.*, 1995). A miosina representa 45,0% do total das proteínas miofibrilares, sendo o componente funcional comum ao filamento espesso de todos os tipos de músculos. Sua estrutura proporciona propriedades de retenção de água e textura em produtos cárneos processadas (Hermansson *et al.*, 1986; Foegeding, 1987). A actina representa 22,0% das proteínas miofibrilares, e existe em outras duas formas, globular (G-actina) e fibrosa (F-actina), dependendo da força iônica do meio. A actomiosina é um complexo de alta viscosidade formado pela miosina e actina. Proteínas como a miosina, actomiosina, e o colágeno são formadas por uma estrutura molecular fibrosa (Doi, 1993).

6. COMPOSIÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

A miosina e actina são as proteínas que apresentam maior proporção em relação às outras proteínas do músculo esquelético (Tabela 7).

A miosina é a mais abundante das proteínas miofibrilares. É caracterizada por sua alta proporção de aminoácidos ácidos e básicos, aproximadamente 17,0% e 18,0%, respectivamente, tornando-a uma molécula extremamente carregada, com um grande conteúdo de resíduos de ácido aspártico e glutâmico, que podem ligar de 6 a 7 moléculas de água cada um e 38,0% de sua estrutura é constituída de grupos polares. Ela contém em sua estrutura um menor teor de prolina que a actina, portanto possui uma característica mais fibrosa. Seu formato é como um tubo alongado, com um espessamento numa das extremidades, que é chamado de região da cabeça, tal que mesmo em sua conformação nativa, ela tem uma superfície disponível muito maior para interação que as proteínas globulares (Brock & Enser, 1987). Sua molécula é altamente assimétrica, sendo a relação de longitude e diâmetro de 100:1. Devido ao seu alto conteúdo de ácido aspártico e glutâmico e de aminoácidos dibásicos, conforme mencionado acima, ela possui uma carga elétrica elevada e tem grande afinidade por cálcio e magnésio. Seu ponto isoelétrico está aproximadamente no pH 5,4 (Lawrie, 1985). A miosina pode ser obtida por extração com soluções fracamente alcalinas ou salinas, constituindo-se numa massa altamente adesiva (Xiong & Brekke, 1989). O sal aumenta a habilidade da miosina em ligar água pelo aumento da carga negativa efetiva da rede e quebra das pontes iônicas, causando um inchamento molecular.

TABELA 7
Componentes principais das Miofibrilas

Proteínas	Proteínas Miofibrilares (%) [*]	Peso molecular (Da) [*]
<i>Miosina</i>	43,0	521.000
<i>C-Proteína</i>	2,0	140.000
<i>Miomesina</i>	2,0	165.000
<i>Creatina quinase</i>	<1,0	84.000
<i>Actina</i>	22,0	42.000
<i>Tropomiosina</i>	5,0	67.000
<i>Troponina</i>	5,0	70.000
<i>β-Actinina</i>	<1,0	71.000
<i>α-Actinina</i>	2,0	206.000
<i>Titina</i>	10,0	1.000.000
<i>Desmina</i>	<10,0	55.000
<i>Filamina</i>	<1,0	500.000
<i>Nebulina</i>	5,0	500.000

^{*}valores aproximados

Fonte: Morrissey *et al.*, 1987.

A miosina é uma das proteínas funcionais mais importantes da carne e seu estado de agregação tem um impacto nas propriedades de textura, retenção de água e gordura de produtos cárneos (Acton *et al.*, 1983, Ziegler & Acton, 1984, Whiting, 1988). O pH, temperatura, taxa de cisalhamento, força iônica, presença de diferentes íons, conteúdo de umidade e interações com outros compostos afetam a sua estrutura e conformação, e conseqüentemente sua funcionalidade.

A actina é uma proteína globular que apresenta alta estabilidade térmica. Como muitas outras proteínas globulares, ela tem uma superfície polar, e um interior hidrofóbico (Brock & Enser, 1987). Sua estrutura primária é constituída por 14,0% de aminoácidos ácidos, 13,0% básicos e 33,0% polares, e tem três sequências longas de resíduos não-polares, que permanecem no seu interior. A cadeia polipeptídica também contém cinco resíduos de sulfidril livres, que são distribuídos em diferentes posições da sequência linear da proteína. Ela pode existir em duas formas, como G-actina, que consiste em unidades relativamente globulares, e F-actina, constituída por unidades globulares agregadas uma na continuação da outra, formando uma dupla cadeia. A G-actina polimeriza-se para formar a F-actina em presença de sais e pequenas quantidades de ATP. A F-actina combina-se com a miosina para formar a actomiosina contrátil do músculo ativo ou em *pre rigor*, e a actomiosina inextensível do músculo em *rigor mortis* (Lawrie, 1985).

Um dos aspectos mais interessantes das proteínas do músculo, particularmente de um ponto de vista funcional no processamento de carnes, é o alto nível

de grupos sulfidril na miosina, que contém aproximadamente 42 resíduos de tiol livre, sendo que 12 a 13 deles estão presentes em cada uma das duas cabeças. A porcentagem de sulfidrilas na miosina e actina é de 65,0% e 29,0%, respectivamente.

7. PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

As proteínas miofibrilares, actina e miosina, são responsáveis pela formação de uma matriz de gel elástica em produtos cárneos (Hongsprabhas & Barbut, 1999). No processamento de carnes, a funcionalidade das proteínas é normalmente descrita em termos de capacidade de retenção de água e gordura, solubilidade, viscosidade e propriedades de superfície como emulsificação e gelatinização. As proteínas sarcoplasmáticas e estromáticas influenciam na funcionalidade, mas diferentemente das proteínas miofibrilares (Smith, 1988).

Determinadas propriedades funcionais são particularmente importantes em cada tipo de produto cárneo. A solubilidade e a capacidade de reter água das proteínas miofibrilares são propriedades muito importantes porque delas dependem os atributos de textura e suculência desses produtos. A afinidade da proteína pela água relaciona-se também com outras propriedades funcionais como viscosidade, gelatinização e emulsificação. A atração hidrofílica pode ser medida através do grau de hidratação e a habilidade do produto em absorver água espontaneamente. A gelatinização das proteínas miofibrilares é talvez a mais importante das propriedades funcionais que ocorre em produtos cárneos reestruturados e de salsicharia, sendo responsável pela textura, viscoelasticidade, suculência e estabilização de gorduras emulsionadas (Acton *et al.*, 1983; Xiong, 1994).

7.1. Solubilidade

O isolamento das principais proteínas miofibrilares baseia-se inicialmente na desintegração das células, ruptura do sarcolema e sua liberação, seguido pela extração das proteínas, baseado na solubilidade em soluções de diferentes forças iônicas. O papel principal do NaCl é desagregar, solubilizar e extrair as proteínas miofibrilares. No caso da miosina, baixas concentrações de sal aumentam as interações hidrofóbicas dentro da estrutura quaternária. Já a altas concentrações de sal, as ligações com a água são rompidas e a proteína se dissocia, ocorrendo a abertura da estrutura protéica.

7.2. Gelatinização

Desde que uma baixa força iônica favorece a associação de moléculas de miosina em filamentos, é provável que estes filamentos formem estruturas agregadas quando aquecidos. Por outro lado, à elevada força iônica, moléculas de miosina existem num equilíbrio monômero/dímero. Estes, sob aquecimento, produzem uma rede viscoelástica tridimensional com boa capacidade de retenção de água. A agregação da região globular da cabeça da miosina é dependente da oxidação dos grupos tióis (SH) (Ishioroshi *et al.*, 1982).

A formação de um gel com textura desejável é dependente não apenas da força iônica, pH, temperatura de aquecimento, extractabilidade das proteínas, quantidade de tecido conjuntivo e história *post mortem* do músculo, mas também da espécie de animal e tipo de músculo (Lan *et al.*, 1995; Hongsprabhas & Barbut, 1999). A transformação de solução em gel, que ocorre durante o tratamento térmico, é responsável pela elaboração de produtos de salsicharia, ocorrendo o desenvolvimento das propriedades viscoelásticas, de suculência, de textura e estabilidade da emulsão. A actomiosina, e em particular a miosina são responsáveis pelas ligações e força dos géis. A habilidade de ligação da miosina começa a aumentar a aproximadamente 50°C e aumenta linearmente com a temperatura até 80°C. Entretanto, a temperatura em que ocorre a máxima ligação, depende do pH e da força iônica do meio.

7.3. Emulsificação

Uma das importantes funções das proteínas do músculo é formar uma camada protéica interfacial na interface gordura/água em emulsões de carnes cominuídas. A capacidade de emulsificação de diferentes proteínas segue a ordem decrescente: miosina > actomiosina > proteínas sarcoplasmáticas > actina.

As interações proteína-proteína são responsáveis pela estabilização físico-química de emulsões cárneas e pelas ligações nas superfícies entre pedaços de carne em produtos processados. A maneira pela qual a matriz protéica é formada e suas interações específicas com a fase aquosa e a gordura dispersa, pode auxiliar na definição das características específicas de textura destes produtos. A gelatinização termo-induzida e as mudanças nas propriedades viscoelásticas da miosina, actina e actomiosina são responsáveis pela ligação, estabilização de emulsões e pela integridade estrutural.

Os fatores que afetam a estabilidade de emulsões de proteínas em produtos cárneos incluem: pH, força iônica, temperatura de fusão da gordura, conteúdo de proteínas, interações proteína-proteína, proteína-água e proteína-gordura. A temperatura de processamento tem um papel decisivo na estabilidade dessas emulsões. Maior estabilidade é observada em temperaturas finais entre 12°C e 16°C e na maioria dos procedimentos a temperatura ótima é a média entre as duas (14°C). A máxima imobilização da fase aquosa ocorre a aproximadamente 18°C, provavelmente devido à expansão das miofibrilas e solubilização da actomiosina e da miosina, induzidas pela adição de NaCl. Se a temperatura de processamento for acima de 20°C, resulta em produtos não estáveis.

A estabilidade de emulsões cárneas é também dependente das propriedades da membrana, espessura do filme interfacial da proteína e das características viscoelásticas da fase contínua. A natureza da membrana interfacial da proteína é altamente dependente da temperatura do processo em que a carne foi submetida. Em baixas temperaturas no "cutter", os glóbulos de gordura são envolvidos por um filme protéico fino, mas conforme a temperatura aumenta, a proteína torna-se espessa e perde flexibilidade (Jones & Mandigo, 1982). A formação da membrana protéica interfacial é primeiramente responsável pela estabilidade de emulsões de salsichas cruas. Entretanto, no caso de salsichas cozidas, as interações proteína-proteína e a gelatinização são responsáveis pela estabilidade física e química da gordura e da água do sistema (Acton *et al.*, 1983).

A hidrofobicidade tem uma relação significativa com a tensão interfacial e índice de emulsificação. Isto significa que proteínas hidrofóbicas se orientam mais rapidamente para a interface do que as menos hidrofóbicas, cujos grupos polares estão orientados em direção à fase aquosa e os grupos hidrofóbicos em direção à fase não aquosa. Como a miosina possui uma superfície ativa maior que a actomiosina e actina, ela migra mais rapidamente para a interface. Neste caso a adição de NaCl durante o processo ajuda na sua solubilização.

8. AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS EM SISTEMAS MODELO

Sistema modelo aplicado à avaliação funcional de um alimento, é definido como a avaliação de uma ou mais propriedades funcionais, não imitando completamente as etapas e ingredientes de um sistema real. Ele é apropriado para prever o comportamento funcional de uma proteína em alimentos formulados, podendo

proporcionar um melhor conhecimento das propriedades funcionais das proteínas com relação à sua composição e variação estrutural, favorecendo a otimização de seu uso em sistemas alimentícios. Neste sistema pode-se avaliar diferentes variáveis ao mesmo tempo e observar através dos resultados as interações entre as mesmas, fixando aquelas que não influenciam no resultado final. Harper (1984) propôs a utilização de sistemas modelo para avaliar o emprego de CPS como ingrediente alimentício.

9. APLICAÇÃO DE CONCENTRADO PROTÉICO DE SORO DE LEITE EM PRODUTOS CÁRNEOS

O uso de ingredientes protéicos em produtos cárneos depende da compatibilidade entre ambos, mas principalmente da capacidade em formar géis sob condições normais de processamento (Voutsinas *et al.*, 1983). Algumas características importantes observadas nos CPSs possibilitam a sua aplicação em produtos cárneos (Morr, 1979, Gupta & Thapa, 1991). Destacam-se as excelentes propriedades emulsificantes e gelatinizantes, aumento da capacidade de retenção de água e gordura e prevenção da sinerese.

Os CPSs podem ser usados em carnes processadas para prevenir, ou minimizar, as perdas por encolhimento durante o cozimento (Giese, 1994). Suas propriedades de gelatinização podem ser usadas para modificar as características de textura destes produtos, tais como dureza e elasticidade, formando géis coesivos em concentrações acima de 0,5% (Keeton, 1994; Smith & Rose, 1995; Huffman, 1996).

Por ser solúvel e possuir baixa viscosidade, os CPSs são apropriados para o uso em salmoras de injeção. A injeção em carnes frescas e curadas (concentração $\geq 10,0\%$ de proteína), pode aumentar o rendimento até aproximadamente 30,0% (Mulvihill, 1997).

Por ligar água e gordura, as proteínas do soro eliminam a necessidade de ingredientes químicos como o fosfato em produtos cárneos (Mancini, 1992). Além de todos os benefícios citados, outros fatores também são importantes na escolha de CPSs como ingrediente cárneo: perfil balanceado de aminoácidos (Pearce, 1995); ausência de toxicidade e fatores anti-nutricionais; baixo valor calórico; mínimo conteúdo de gordura, de lactose e de sódio; ausência de coloração e pigmentos; alta qualidade bacteriológica. Além disso, CPSs tem a grande vantagem de não alterar o sabor próprio dos alimentos (Melachouris, 1984). A lactose presente nos CPSs liga água em carnes não-cominuídas, além de mascarar o sabor de sais, de fosfatos e o amargo residual do produto, sem proporcionar um alto perfil de doçura. Por possuir apenas 25,0% da capacidade

edulcorante da sacarose, ela tem ação redutora, e melhora a estabilidade dos produtos (Schut, 1982).

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acton, J. C.; Ziegler, G. R.; Burge Jr., D. L. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.11, p.99-121, 1983.
- Aguilera, J. M. Gelation of whey proteins. **Food Technology**, v.49, n.10, p.83-89, 1995.
- Bassette, R.; Acosta, J. S. Composition of milk products. In: **Fundamentals of Dairy Chemistry**. N. P. Wong Editor. Van Nostrand Reinhold, New York. 1988. 39p.
- Bird, J. The application of membrane systems in the dairy industry. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.49, n.1, p.16-23, 1996.
- Bourne, M. C. Texture profile analysis. **Food Technololy**, v.32, n.7, p.62-66, 1978.
- Bourne, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. Academic Press, California, USA. 1982.
- Brock, C. J.; Enser, M. A model system for studying protein binding to hydrophobic surfaces in emulsions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.40, n.3, p.263-273, 1987.
- Bryant, C. M.; McClements, D. J. Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey. **Trends in Food Science and Technology**, v.9, n.1, p.143-151, 1998.
- Caric, M. D.; Milanovic, S. D.; Krstic, M. N. Fouling of inorganic membranes by adsorption of whey proteins. **Journal of Membrane Science**, v.165, n.1, p.83-88, 2000.
- de Wit, J. N.; Klarenbeek, G. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2701-2710, 1984.
- Doi, E. Gels and gelling of globular protein. **Trends in Food Science and Technology**, v.4, n.1, p.1-5, 1993.
- Ferry, J. D. Protein gels. In: **Advances in Protein Chemistry**. v.4, p.1-50, 1948.
- Foegeding, E. A. Functional properties of turkey salt-soluble proteins. **Journal of Food Science**, v.52, n.6, p.1495-1499, 1987.
- Giese, J. Proteins as ingredients: types, functions, applications. **Food Technology**, v.48, n.10, p.50-60, 1994.
- Gupta, V. K.; Thapa, T. B. Application of whey protein concentrates in food industry – a review. **Indian Journal of Dairy Science**, v.44, n.1, p.104-110, 1991.
- Harper, W. J. Model food system approaches for evaluating whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2745-2756, 1984.
- Hermansson, A. -M.; Harbitz, O.; Langton, M. Formation of two types of gels from bovine myosin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.37, n.1, p.69-84, 1986.
- Hongsprabhas, P.; Barbut, S. Use of cold-set whey protein gelation to improve poultry meat batters. **Poultry Science**, v.78, n.7, p.1074-1078, 1999.
- Houldsworth, D. W. Demineralization of whey by means of ion exchange and electrodialysis. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.33, n.2, p.45-51, 1980.
- Huffman, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, v.50, n.2, p.49-52, 1996.

- Hultin, H. O.; Feng, Y.; Stanley, D. W. A re-examination of muscle protein solubility. **Journal of Muscle Foods**, v.6, n.2, p.91-107, 1995.
- Ishioroshi, M.; Samejima, K.; Yasui, T. Further studies on the roles of the head and tail regions of the myosin molecule in heat-induced gelation. **Journal of Food Science**, v.47, n.1, p.114-124, 1982.
- Jones, K. W.; Mandigo, R. W. Effects of chopping temperature on the microstructure of meat emulsions. **Journal of Food Science**, v.47, n.6, p. 1930-1935, 1982.
- Keeton, J. T. Low-fat meat products – technological problems with processing. **Meat Science**, v.36, n.1&2, p.261-276, 1994.
- Kinsella, J. E. Milk protein: physicochemical and functional properties. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.21, n.3, p.197-262, 1984.
- Kinsella, J. E. Proteins from whey: factors affecting functional behavior and uses. In: **New Dairy Products via New Technology**. IDF Seminar, Atlanta, USA. 1985. p.87-105.
- Kinsella, J. E.; Whitehead, D. M. Protein in whey: chemical, physical and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.33, p.343-438, 1989.
- Kinsella, J. E.; Whitehead, D. M.; Brady, J.; Bringe, N. A. Milk proteins: possible relationships of structure and function. In: **Developments in Dairy Chemistry-4**, P. F. Fox Editor. Elsevier Applied Science, N.Y. USA, 1989. 55p.
- Konno, A.; Kimura, M. Effects of the addition of whey protein concentrate on the water-retention properties and texture of ham. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v.40, n.6, p.427-432, 1993.
- Lan, Y. H.; Novakofski, J.; McCusker, R. H.; Brewer, M. S.; Carr, T. R.; McKeith, F. K. Thermal gelation of pork, beef, fish, chicken and turkey muscle as affected by heating rate and pH. **Journal of Food Science**, v.60, n.5, p.936-945, 1995.
- Lawrie, R. **Meat Science**. 4th. Edition. Pergamon Press, London. 1985.
- Lawson, M. A. Milk proteins as food ingredients. **Food Technology**, v.48, n.10, p.101, 1994.
- Mancini, L. Dairy ingredients – the natural choice for versatility. **Food Engineering**, v.64, n.11, p.73-75, 1992.
- Mangino, M. E. Gelation of whey protein concentrate. **Food Technology**, v.46, n.1, p.114-117, 1992.
- Melachouris, N. Critical aspects in development of whey protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2693-2700, 1984.
- Morr, C. V. Functionality of whey protein products. **New Zealand Journal Dairy Science and Technology**, v.14, n.2, p.185-194, 1979.
- Morr, C. V. Improving the texture and functionality of whey protein concentrate. **Food Technology**, v.46, n.1, p.110-113, 1992.
- Morr, C. V.; Ha, Y. W. Whey protein concentrate and isolates: processing and functional properties. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n.6, p.431-476, 1993.
- Morrissey, P. A.; Mulvihill, D. M.; O'Neill, E. M. Functional properties of muscle proteins. In: **Developments in Food Protein. V.5**. B. J. F. Hudson. Editor. Elsevier Applied Science Publishers, London. 1987. p.195-256.

- Mulvihill, D. M. Production, functional properties and utilization of milk protein products. In: **Advanced Dairy Chemistry – Proteins**. P. F. Fox Editor. Blackie Academic & Professional. 1997. p.369-404.
- Mulvihill, D. M.; Kinsella, J. E. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. **Food Technology**, v.41, n.9, p.102-111, 1987.
- Mutilangi, W. A. M.; Kilara, A. Functional properties of heat-denatured whey protein. I. Solubility. **Milchwissenschaft**, v.40, n.6, p.338-341, 1985.
- Pearce, R. J. Food Functionality: success or failure for dairy based ingredients. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.50, n.1, p.15-23, 1995.
- Phillips, L. G.; Haque, Z.; Kinsella, J. E. A method for the measurement of foam formation and stability. **Journal of Food Science**, v.52, n.4, p.1074-1077, 1987.
- Phillips, L. G.; Whitehead, D. M.; Kinsella, J. **Structure-function properties of food proteins**. Academic Press, San Diego, Califórnia. 1994.
- Regester, G. O.; McIntosh, G. H.; Lee, V. W. K.; Smithers, G. W. Whey proteins as nutritional and functional food ingredients. **Food Australia**, v.48, n.3, p.123-127, 1996.
- Renner, E.; Abd El-Salam, M. H. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. Elsevier Science Publishers, New York, USA. 1991. p.217-314.
- Rizvi, S. S. H. Rheological properties of comminuted meat systems. **Food Technology**, v.35, n.5, p.238-243, 1981.
- Schmidt, K.; McNeill, V. Effect of heat treatments on the functional properties of caseinate and whey protein isolate solutions. **Milchwissenschaft**, v.48, n.1, p.3-5, 1993.
- Schut, J. What milk protein can do for you. **Meat Processing**, v.38, n.7, p.46-51, 1982.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Texture characteristics, protein solubility, and sulfhydryl group/disulfide bond contents of heat-induced gels of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, n.5, p.1018-1025, 1988.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Sulphydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.1, p.161-168, 1989.
- Smith, D. M. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. **Food Technology**, v.42, n.4, p.116-121, 1988.
- Smith, D. M.; Rose, A. J. Properties of chicken salt-soluble protein and whey protein concentrate gels as influenced by sodium tripolyphosphate. **Poultry Science**, v.74, n.1, p.169-175, 1995.
- Van den Hoven, M. Functionality of dairy ingredients in meat products. **Food Technology**, v.41, n.10, p.72-103, 1987.
- Voutsinas, L. P.; Nakai, S.; Harwalkar, V. R. Relationships between protein hydrophobicity and thermal functional properties of food proteins. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v.16, n.3, p.185-190, 1983.
- Whiting, R. C. Ingredients and processing factors that control muscle protein functionality. **Food Technology**, v.42(4), pp. 104-210, 1988.
- Xiong, Y. L. Myofibrillar protein from different muscle fiber types: implications of biochemical and functional properties in meat processing. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.34, n.3, p.293-320, 1994.

- Xiong, Y. L.; Brekke, C. J. Changes in protein solubility and gelation properties of chicken myofibrils during storage. **Journal of Food Science**, v.54, n.5, p.1141-1146, 1989.
- Ziegler, G. R.; Acton, J. C. Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue. **Food Technology**, v.38, n.5, p.77-82, 1984.

ESTUDO 1**OBTENÇÃO DOS CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE
COM TEORES PROTÉICOS DE 60% E 80%****RESUMO**

Com intuito de encontrar aplicações para o soro de leite proveniente das indústrias de queijo, eliminando o efeito poluente quando é descartado em rios e mananciais, este trabalho visa o aproveitamento do soro de leite, na sua forma de concentrado para aplicação em produtos cárneos. Nas últimas décadas, os países desenvolvidos têm processado o soro para a obtenção de concentrados protéicos e também de isolados protéicos. O processamento do soro é uma tecnologia relativamente nova, que começou na década de 70. A ultrafiltração é o processo de concentração das proteínas do soro mais recomendado, pois pode ser conduzida à temperatura ambiente e a pressões relativamente baixas, o que leva a alterações estruturais mínimas das proteínas. Através da otimização das variáveis de processo, pode-se obter CPSs para serem aplicados numa infinidade de produtos alimentícios, conferindo a eles funcionalidade e maior valor nutricional. Este estudo proporcionou a obtenção de dois concentrados, o CPS 60 e o CPS 80, a partir do soro (doce) de queijo "minas frescal". Os soros foram concentrados num módulo de ultrafiltração em escala piloto, utilizando uma membrana mineral com "cut-off" de 20.000 Daltons. As temperaturas de processamento foram em média 30 °C (soro A) e 55 °C (soro B) e fator de concentração igual a 12, seguidos de duas diafiltrações com um volume de água deionizada duas vezes maior que o volume de retentado, sob as mesmas condições de ultrafiltração. Os retentados A e B foram liofilizados e analisados quanto às suas características físico-químicas.

1. INTRODUÇÃO

O conteúdo de sólidos totais do soro doce é de aproximadamente 6,0%, que consiste de 76,0% de lactose, 11,0% de proteínas, e 8,0% de minerais (Morr & Ha, 1993). A lactose e as proteínas podem ser recuperadas e utilizadas como ingredientes isolados em vários produtos alimentícios. O teor de lactose e proteínas torna o soro de leite um potente poluente ambiental, com uma alta demanda biológica (DBO) e demanda química (DQO) de oxigênio. A DBO do soro doce e soro ácido é de 35.000 e 45.000 mg/L, respectivamente (Jelen, 1979; Dybing & Smith, 1991). Cem quilogramas de soro doce líquido produzem aproximadamente 3,5 kg de DBO e 6,8 kg de DQO, com um poder poluente equivalente aos detritos produzidos por 45 pessoas. Nos Estados Unidos a "Environmental Protection Agency" (EPA) estabelece normas rígidas para o descarte de efluentes líquidos, incluindo limites para sólidos totais suspensos, DBO e pH (Alvarez *et al.*, 1998).

O soro obtido a partir da hidrólise da κ -caseína pela ação da renina, é conhecido como soro doce, com o pH $\geq 5,6$. Na fabricação de caseína, ou na produção de "cottage cheese", através da precipitação ácida em seu ponto isoelétrico (pH 4,6), é produzido o soro ácido. Embora o ponto isoelétrico das proteínas do soro encontre-se dentro da faixa normal de pH do soro doce e ácido, um conjunto de fatores incluindo a natureza hidrofílica nativa, compactação e conformação globular dessas proteínas previnem a sua precipitação isoelétrica pela ação adicional da renina ou de ácidos, mas são precipitadas em pH abaixo da neutralidade se forem submetidas a tratamentos térmicos a 70°C, ou acima desta temperatura, como no caso da fabricação de ricota.

Como resultado da tecnologia de ultrafiltração, o processamento de soro tem se tornado uma atividade importante, produzindo uma ampla faixa de CPSs com uma razão de proteína/sólidos totais entre 0,35 e 0,75 (Maubois & Ollivier, 1992). No processo de ultrafiltração, aproximadamente 95,0% do soro é coletado como permeado, e uma concentração de proteínas de 70,0% pode ser obtida no produto após secagem. O permeado, que é o soro sem proteínas, é uma excelente matéria-prima para a fabricação de lactose, e a partir desta, etanol.

O soro pode ser submetido à pré-tratamentos antes do processo de ultrafiltração para melhorar as taxas de fluxo de permeado (Harper & Raman, 1979; Matthews, 1979; 1984; Kim *et al.*, 1989; Pouliot & Jelen, 1995). Alguns pré-tratamentos do soro durante a ultrafiltração incluem, a clarificação, centrifugação, pasteurização e aquecimentos (Muller & Harper, 1979). Na fabricação de CPSs, o tratamento térmico é a

principal variável a ser monitorada (Kilara, 1984; Kilara & Sharkasi, 1984). Temperaturas mais elevadas podem modificar a estrutura das proteínas e suas propriedades funcionais, como a solubilidade, gelatinização, emulsificação e formação de espuma (Kinsella, 1976).

Neste trabalho foram obtidos dois concentrados protéicos de soro de leite, o CPS 60 e o CPS 80, com teores protéicos de 60% e 80%, respectivamente, proveniente de dois soros doces denominados A e B, resultantes de dois processos isolados de fabricação de queijo "Minas Frescal". Os soros foram ultrafiltrados e diafiltrados até um fator de concentração igual a 12, sendo que o soro B passou por um pré-tratamento com ajuste do pH. Em seguida, os CPSs foram obtidos pelo processo de secagem por liofilização ("Freeze-drying").

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matéria-prima

Os leites utilizados nos dois processamentos foram obtidos na Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas (CLC), localizada no município de Jaguariúna-SP. No primeiro processamento, foram utilizados 250 kg de leite integral e no segundo 300 kg de leite desnatado. Estas amostras foram pasteurizadas, refrigeradas a 5°C e acondicionados em latões de 50 litros.

2.2. Produção dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite

2.2.1. *Produção de Queijo Minas Frescal*

Os dois processamentos foram realizados na planta piloto de processamento de leite e derivados do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Inicialmente, os leites A e B foram homogeneizados com o auxílio de um agitador manual de aço inoxidável de placa circular perfurada e após a homogeneização foram retiradas amostras para análise.

A produção dos queijos minas frescal foi realizada de acordo com o procedimento empregado pelas indústrias queijeiras no Brasil, cujas etapas estão ilustradas nas Figuras 1.1 e 1.2. Após a drenagem do soro, coletou-se uma amostra para efetuar a medida do pH.

2.2.2. *Produção dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite Bovino com Teores Protéicos de 60% e 80%*

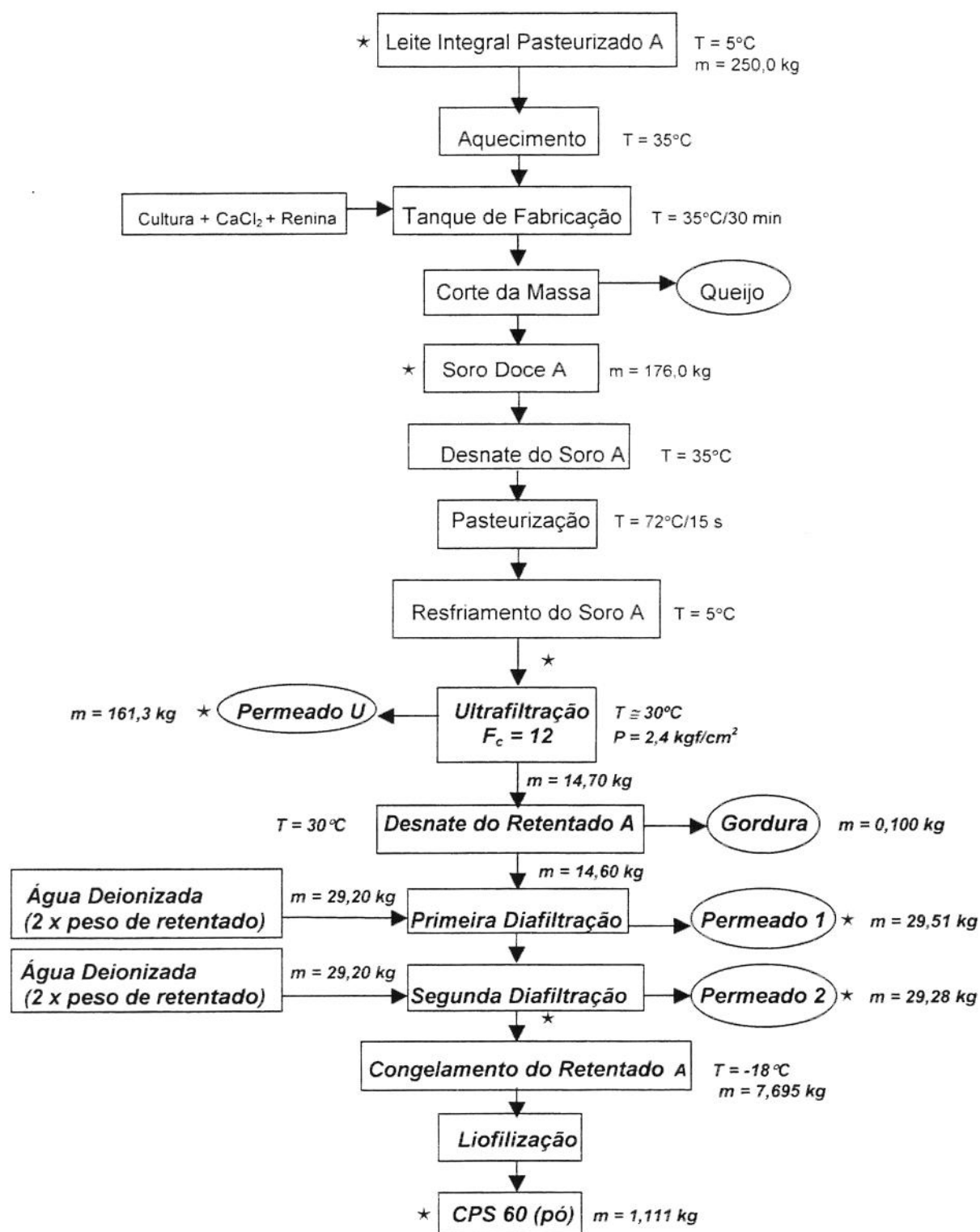
2.2.2.1. Obtenção do Concentrado Protéico com Teor Protéico de 60% (CPS 60)

Devido à utilização de leite integral, tornou-se necessário o processo de desnate do soro A, após o corte da massa. Como as proteínas do soro são muito susceptíveis à desnaturação térmica, optou-se pelo processo de desnate a 35°C. Posteriormente, o soro foi pasteurizado em trocador de calor a placas a 72°C/15segundos e refrigerado a aproximadamente 5°C durante a noite. Outra amostra foi retirada para análise. No dia seguinte, o soro foi retirado da câmara de refrigeração (5°C) para

pesagem e aquecimento a 30°C, temperatura na qual foi conduzido o processo de ultrafiltração. Nesta etapa foi coletada outra amostra de soro para análise.

O concentrado protéico de soro de leite 60 (CPS 60) foi obtido em unidade piloto de ultrafiltração Alfa Laval UFS-1, utilizando-se uma membrana mineral de óxido de zircônio (ZrO_2) com suporte de carbono grafite (Daufin & Merin, 1995), com área de 0,8 m² e "cut-off" de 20 kDa. O soro foi concentrado pelos processos de ultrafiltração e diafiltração. As etapas do processo estão apresentadas na Figura 1.1. A temperatura do processo foi mantida entre 30°C e 35°C com o auxílio de circulação de água gelada na camisa do tubo de circulação do retentado e do tanque pasteurizador, sendo que os sistemas de refrigeração foram ligados e desligados manualmente, tornando-se necessário um constante monitoramento na variação de temperatura. O fluxo do processo foi mantido por duas bombas ligadas em série, com uma pressão média de 1,6 kgf/cm² e 2,4 kgf/cm² em cada bomba, sendo que este último valor refere-se à pressão de entrada de fluxo na membrana. As condições operacionais foram otimizadas no sentido de minimizar a desnaturação das proteínas do soro. O processo foi conduzido até fator de concentração 12, determinado através da redução de volume de soro durante o processo de ultrafiltração, controlado pela quantidade de permeado retirado (Equação 1.1). Na etapa de ultrafiltração foram obtidas as proteínas do soro concentradas (retentado) com um alto teor de lactose e gordura, tornando necessário o desnate do retentado A para diminuir a quantidade de gordura.

Para obter um retentado mais concentrado em proteínas foram necessárias duas diafiltrações, utilizando duas vezes o seu volume de água deionizada. Após as diafiltrações, o retentado foi recolhido e resfriado a aproximadamente 8°C. Durante e ao final dos processos de ultrafiltração e diafiltração, foram retiradas amostras de permeado para análise. A amostra de retentado foi retirada apenas no final do processo, após ser resfriado. Todas as amostras foram acondicionadas e congeladas. O retentado pesando aproximadamente 7,7 kg foi armazenado em câmara de congelamento a temperatura de aproximadamente -18°C. No outro dia o retentado foi liofilizado.



★ coleta de amostra

1º dia

2º dia

Figura 1.1 – Fluxograma do processamento utilizado para a obtenção do CPS 60.

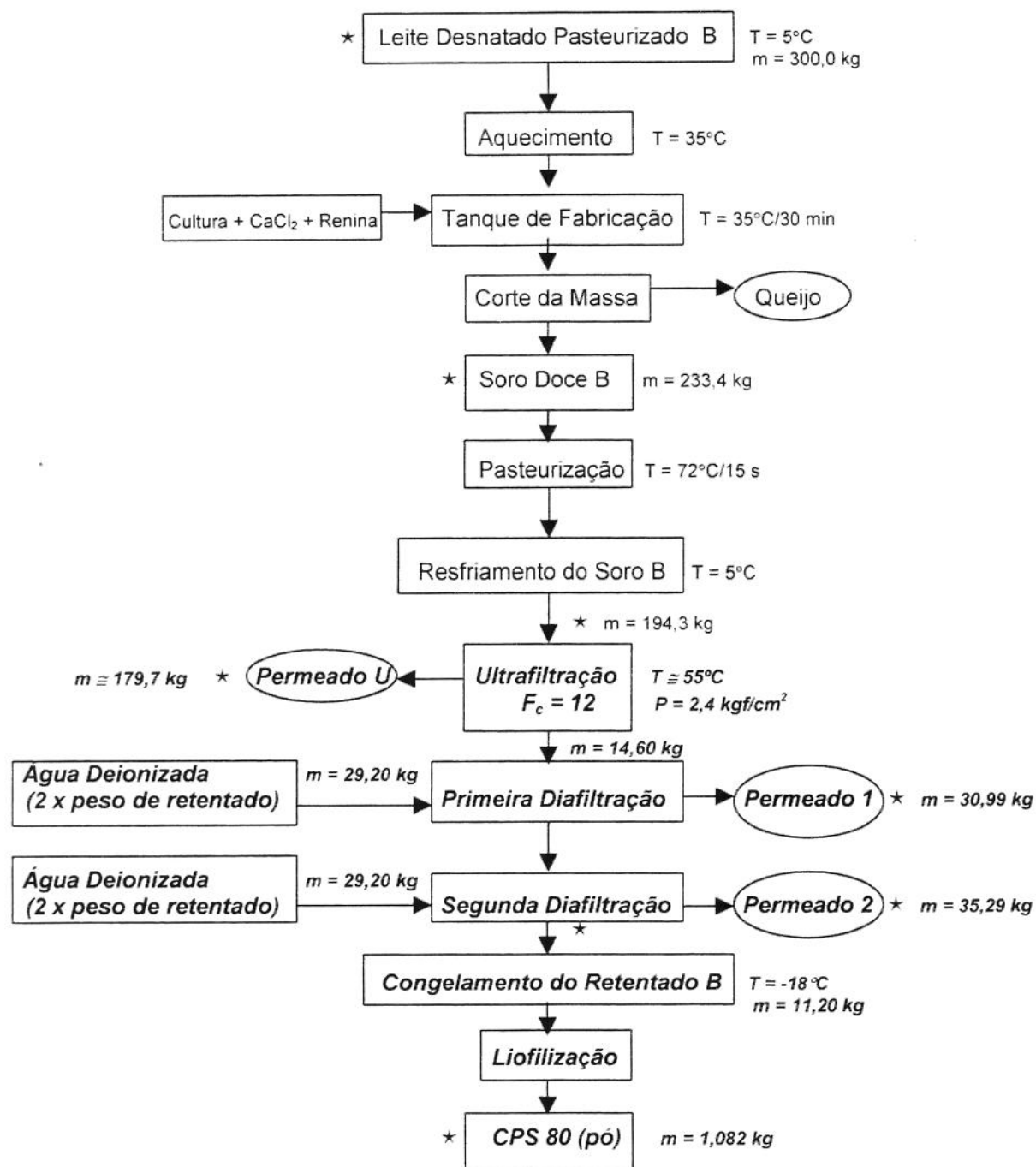
Ao término de cada processamento foi realizado o processo de limpeza e sanitização da membrana de acordo com o procedimento descrito a seguir:

- 1) Limpeza alcalina: 200 g/20 L de NaOH a 80°C/30 minutos.
- 2) Enxágüe: Água deionizada a 30°C até pH 7,0 (leitura do pH efetuada com papel tornassol).
- 3) Limpeza ácida: 140 mL/40 L de ácido nítrico concentrado (P.A.) a 55°C/30 minutos.
- 4) Enxágüe: Água deionizada a 30°C até pH 7,0 (leitura do pH efetuada com papel tornassol).
- 5) Sanitização: Hipoclorito de sódio 200 ppm durante 15 minutos a 30°C.
- 6) Enxágüe: Hipoclorito de sódio 20 ppm durante 15 minutos a 30°C.

2.2.2.2. Obtenção do Concentrado Protéico com Teor Protéico de 80% (CPS 80)

Como neste processamento utilizou-se leite desnatado, não foi necessário o processo de desnate do soro. O soro foi pasteurizado em trocador de calor a placas a 72°C/15 segundos e refrigerado a aproximadamente 5°C durante a noite. No dia seguinte, procedeu-se conforme descrito no item 2.2.2.1. O Concentrado protéico de soro de leite 80 (CPS 80) foi obtido na mesma unidade piloto de ultrafiltração com a mesma membrana utilizada anteriormente. O soro B também foi concentrado pelos processos de ultrafiltração e diafiltração. A Figura 1.2 ilustra as etapas do processo, onde pode-se notar algumas diferenças com relação à Figura 1.1, como as variáveis de processamento e o processo de desnate do soro A e do retentado A.

Ao iniciar a ultrafiltração a 30°C, ocorreu um rápido declínio no fluxo de permeado, tornando inviável a continuação do processo por causa do excessivo tempo que levaria para concentrar todo o soro, portanto foi necessário uma limpeza em todo o sistema para reiniciar o processo de ultrafiltração. Na segunda e terceira tentativa com a temperatura de processamento a 30°C, ocorreu o mesmo problema. Na quarta tentativa a temperatura de processo foi alterada para 55°C, e o soro foi pré-tratado com o ajuste do pH. Este ajuste foi realizado com a adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH 2N). A quantidade de solução de NaOH adicionada foi determinada com base em teste preliminar com uma amostra de soro B. O pH foi corrigido de 6,3 para 6,6.



★ coleta de amostra
1º dia
2º dia, 3º dia e 4º dia

Figura 1.2 – Fluxograma do processamento utilizado para a obtenção do CPS 80.

A temperatura média de processamento após o pré-tratamento do soro foi mantida a 55°C e a pressão média de cada bomba de 1,9 kgf/cm² e 2,4 kgf/cm² (entrada de fluxo na primeira bomba e entrada de fluxo na membrana, respectivamente). O

processo também foi conduzido até fator de concentração igual a 12, como no processamento supracitado. Após a ultrafiltração do soro, procedeu-se as duas diafiltrações e finalmente o retentado congelado, para ser liofilizado. Após o término do processamento, a membrana foi lavada e sanitizada como descrito no processo anterior.

2.2.3. Cálculos Utilizados nos Processos

2.2.3.1. Cálculo do Fator de Concentração

O fator de concentração foi calculado segundo as Equações 1.1 e 1.2:

$$F_c = \frac{P_{\text{soro}}}{P_{\text{retentado}}} \quad 1.1$$

$$P_{\text{retentado}} = P_{\text{soro}} - P_{\text{permeado}} \quad 1.2$$

Onde:

P = peso (g) e

F_c = fator de concentração.

2.2.3.2. Cálculo do Índice de Retenção na Membrana

O índice de retenção na membrana foi calculado para a porcentagem de proteína, gordura e sólidos totais pela Equação 1.3:

$$\text{Índice de Retenção} = 1 - \frac{C_{\text{permeado}}}{C_{\text{retentado}}} \times 100 \quad 1.3$$

Onde:

C = concentração de proteína ou gordura (%).

2.3. Determinação das Características Físico-Químicas dos Leites Utilizados nos Dois Processamentos

O teor de proteína do leite foi determinado utilizando o método micro-Kjeldahl, cuja porcentagem de nitrogênio total foi multiplicada pelo fator 6,38. Utilizou-se o método de “Mojonnier” para determinar a porcentagem de gordura e a densidade foi obtida utilizando um lactodensímetro de Quévenne. A acidez foi obtida por titulação da amostra com uma solução de NaOH 0,1N em presença do indicador fenolftaleína e o teor de cinzas foi determinado pela incineração das amostras a aproximadamente 550°C por 5 horas. A porcentagem de sólidos totais foi obtida após a secagem a 100°C em estufa. Determinou-se também o pH e a porcentagem de nitrogênio não-protéico (NNP) pela precipitação das proteínas em solução de ácido tricloroacético (TCA), cuja alíquota solúvel foi dosada por micro-Kjeldahl. Todas as determinações foram realizadas em triplicata, segundo as metodologias descritas pela A.O.A.C. (1997).

2.4. Determinação das Características Físico-Químicas dos Soros e dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite Utilizados nos Dois Processamentos

As determinações do teor de proteína, gordura, acidez, cinzas, sólidos totais, pH e nitrogênio não-protéico foram realizadas como descrito no item 2.3. A umidade dos CPSs 60 e 80 foi obtida após a secagem das amostras em estufa a 100°C até peso constante (A.O.A.C., 1997). O teor de lactose dos CPSs foi determinado pelo método enzimático descrito por Kurz e Wallenfels (1974). O cálcio não ligado foi determinado por um eletrodo de íons cálcio e o teor de cálcio total foi determinado por absorção atômica (A.O.A.C., 1997). Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto o teor de lactose que foi determinado em duplicata.

2.5. Análises Estatísticas

Os cálculos das médias e desvios padrão dos resultados das composições centesimais e das demais análises, bem como as curvas de permeação, foram efetuados com o auxílio do Software Statistica 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção de Queijo Minas Frescal

Os leites denominados A e B foram recebidos em boas condições de higiene, como indicam os resultados de acidez e pH nas Tabelas 1.1 e 1.2. O teor de sólidos totais do leite B foi menor que do leite integral normal (10,5% a 14,5%) por causa do seu baixo teor de gordura (0,15%). A densidade foi de 1,034 g/cm³ (leite A) e 1,030 g/cm³ (leite B), cuja faixa normal varia de 1,028 a 1,034 g/cm³. Os parâmetros medidos dependem do conteúdo de lactose, proteínas e minerais do leite. Nesta etapa do processo foram obtidos os soros doces A e B.

3.2. Processos de Desnate e Pasteurização do Soro de Leite

O desnate do soro é considerado como um pré-tratamento físico, que remove a gordura e os fosfolípidos que podem afetar a funcionalidade dos CPSs (Muller & Harper, 1979; Barker & Morr, 1986; Pearce *et al.*, 1992; Daufin & Merin, 1995). Após o desnate do soro A, o teor de gordura foi de 0,34% (Tabela 1.1). Com este resultado pode-se constatar que a eficiência do processo foi muito baixa, pois normalmente neste tipo de processamento o ideal são valores em torno de 0,07% (Bassete & Acosta, 1988). Como o leite B foi desnatado antes do recebimento, não foi necessário este tipo de operação no laboratório.

O desnate e a clarificação removem impurezas sólidas do leite, precipitados finos de caseína, gordura e bactérias (Pouliot & Jelen, 1995). Algumas proteínas do soro previamente desnaturadas podem também ser removidas em pH ácido. Muller & Harper (1979) relataram que a clarificação do soro resultou no aumento do fluxo de permeado, embora alguns dos glóbulos de gordura maiores tenham permanecido no soro.

Outros pré-tratamentos físicos do soro antes do processo de ultrafiltração incluem: pré-aquecimento, pasteurização e esterilização. Eles podem precipitar o excesso de fosfato de cálcio, e reduzir o teor de cálcio iônico (Pouliot & Jelen, 1995), podendo afetar reversivelmente ou não, a estrutura e as propriedades das proteínas do soro. Sob aquecimento, o teor de fosfato de cálcio aumenta, aumentando o pH do soro. No soro normal, o fosfato compete com as proteínas pelo cálcio, resultando num aumento da solubilidade das proteínas, principalmente da β -Lg (de Wit & Klarenbeek, 1984).

O soro deve sofrer tratamentos térmicos mínimos, para evitar a desnaturação das proteínas (Kinsella & Whitehead, 1989; Schmidt *et al.*, 1984). Normalmente deve este ser pasteurizado em trocadores de calor a placas a 72°C/15s e ser mantido a temperaturas baixas para minimizar deteriorações microbiológicas, bioquímicas e químicas de seus componentes, que alteram desfavoravelmente o sabor e a qualidade final dos CPSs. Mesmo tratamentos térmicos relativamente brandos como a pasteurização podem afetar a funcionalidade dos CPSs (Morr, 1985; Mangino *et al.*, 1988; Kilara & Sharkasi, 1984).

Mangino *et al.* (1988) observaram que o tratamento térmico do soro a 72°C/15s antes da ultrafiltração diminuiu a hidrofobicidade do retentado, afetando negativamente a funcionalidade do CPS. A 64°C/15s o mesmo efeito não foi observado. Num outro estudo, Mangino *et al.* (1987) relataram que baixas temperaturas de pasteurização do soro aumentaram a hidrofobicidade da superfície das proteínas, correlacionando com a propriedade de formação de espuma. A hidrofobicidade das proteínas do soro pode ser afetada pelo processamento térmico recebido nos vários estágios de fabricação. O tratamento a 72°C/15s diminuiu a hidrofobicidade da superfície devido ao decréscimo na capacidade de emulsificação. Neste mesmo estudo, observou-se que a pasteurização do soro influenciou no conteúdo de fósforo, cálcio e magnésio do retentado, comprovando que o tratamento térmico do soro alterou o equilíbrio mineral.

McDonough *et al.* (1974) observaram que aproximadamente 20% das proteínas do soro, sofreram desnaturação após a pasteurização de amostras de retentado a 78,2°C/15s e 62,4°C/30min, embora os tratamentos térmicos e ajuste de pH tenham sido efetivos na produção de boas espumas. Resultados opostos foram obtidos por Morr (1985), cuja pasteurização do soro anterior à ultrafiltração/diafiltração e secagem, demonstrou pouco efeito sobre as propriedades de solubilidade e formação de espuma dos CPSs.

Kilara & Sharkasi (1984) observaram que a pasteurização e outros tratamentos térmicos combinados podem resultar no aumento da associação dos componentes protéicos, alterando a concentração das proteínas no produto final.

Morr (1987) relatou que a pasteurização do leite e do soro a 72°C/15s não teve efeito na solubilidade dos CPSs, embora a pasteurização do retentado tenha diminuído significativamente a sua solubilidade.

3.3. Processos de Ultrafiltração e Diafiltração dos Soros de Leite

Neste estudo, o processo de ultrafiltração do soro A foi iniciado com uma quantidade equivalente a 176,0 kg e exibiu um fluxo inicial na membrana de 110 kg/h.m^2 , havendo um rápido declínio no mesmo, conforme ilustrado na Figura 1.3. Após a etapa inicial de rápido declínio, o fluxo continuou a cair, mas lentamente, pois é nesta fase que ocorre o “fouling” da membrana. A perda de fluxo pelo “fouling” é geralmente irreversível, e só é restabelecido após a lavagem química da membrana. Após os primeiros minutos, o fluxo foi baixo e quase constante, com um declínio muito lento, que pode ser atribuído a adicionais deposições de partículas.

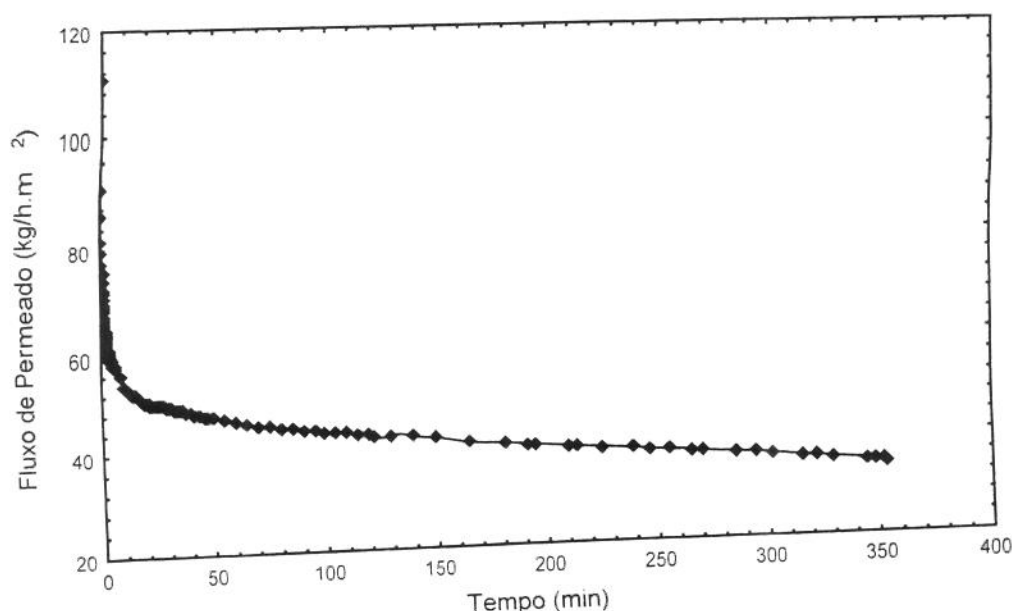


Figura 1.3 – Curva de permeação do processo de ultrafiltração do soro A.

Durante o processo de ultrafiltração, aminoácidos livres, minerais solúveis e vitamina B em seu estado livre (não associada às proteínas) são carregados com a água no permeado. A alta retenção de cálcio e magnésio é devido às associações dos cátions com as proteínas do soro (Premaratne & Cousin, 1991).

A pressão de entrada de fluxo na membrana foi de $2,4 \text{ kgf/cm}^2$, que é relativamente baixa. Tratamentos a altas pressões podem induzir à desnaturação parcial da molécula de β -Lg, resultando no aumento de sua hidrofobicidade e na formação de agregados protéicos. Isto geralmente tem efeito negativo sobre algumas propriedades funcionais das proteínas do soro, como capacidade de emulsificação e formação de

espuma. O processamento a pressões elevadas é desvantajoso principalmente no início do fracionamento, porque pode levar ao entupimento da membrana. No final do processo de ultrafiltração, o fluxo de permeado foi de aproximadamente $34,0 \text{ kg/h.m}^2$, representando uma queda de 31,0% do fluxo inicial (Tabela A1.1 do Apêndice A). O processo durou 5,9 horas e foi interrompido ao atingir o fator de concentração igual a 12. O peso de permeado retirado foi de 161,3 kg. Por apresentar um alto teor de gordura, o retentado passou por outro processo de desnate.

Nos processos de diafiltração, o fluxo médio foi de $29,0 \text{ kg/h.m}^2$ em 1,3 horas, e $25,8 \text{ kg/h.m}^2$ em 1,7 horas, para a primeira e segunda diafiltração, respectivamente (Tabela A1.2. do Apêndice A). Nesta etapa, o fluxo de permeado foi parcialmente restabelecido pela adição de água, embora a perda causada pelo "fouling" tenha sido mantida. Foram retirados 29,5 kg (primeira diafiltração) e 29,3 kg de permeado (segunda diafiltração). O retentado pesou 7,7 kg após os dois processos de diafiltração. A diafiltração, que segue a ultrafiltração, é usada para concentrar as proteínas do soro na faixa de 60,0 a 80,0% (Huffman, 1996). Taxas mínimas de recirculação de retentado são normalmente usadas para economizar nos custos de bombeamento e também minimizar a desnaturação das proteínas pelo excessivo cisalhamento e aumento de temperatura.

Todos os dados referentes aos processos de ultrafiltração e diafiltração dos soros A e B, como tempo e fluxo de permeado estão citados nas Tabelas A1.1 a A1.6 do Apêndice A. As propriedades de fluxo e físicas das proteínas podem proporcionar informações necessárias para um ótimo desempenho das unidades de processamento e controle dos processos de fabricação, garantindo qualidade aos produtos (Alizadehfard & Wiley, 1996).

A Tabela 1.1 mostra as mudanças na composição físico-química do soro durante as várias etapas de concentração. Os resultados mostram que houve um aumento seletivo das proteínas e gordura no retentado, embora grande parte das cinzas também tenham sido concentradas, provavelmente pela associação dos minerais com proteínas e gorduras, ou com a membrana. Como o processo durou algumas horas, já se esperava a diminuição do pH por causa da atuação dos microrganismos.

Na ultrafiltração do soro B, o peso inicial do soro foi de 194,3 kg. O processo passou por quatro tentativas, devido a problemas causados no fluxo de permeação da membrana. Como neste processo o soro continha um baixo teor de gordura (Tabela 1.2), acredita-se que este fato possa ter influenciado no processo de polarização da concentração na superfície, além do "fouling". Apesar do soro sem gordura levar a maiores fluxos de permeado, nestes casos necessita-se de membranas com menor "cut-off", para reter as proteínas do soro (Maubois & Ollivier, 1992). Como foi

utilizada uma membrana com “cut-off” de 20 kDa e as proteínas α -La e β -Lg possuem pesos moleculares abaixo deste valor, elas podem ter influenciado no fenômeno de polarização da concentração e “fouling” da membrana. Os depósitos na membrana podem envolver não apenas proteínas, mas interações entre proteína-proteína, proteína-minerais e proteína-lipídeos (Muller & Harper, 1979). Outro fator importante é a formação de um filme na superfície da membrana, principalmente pelos íons cálcio livres (iônico) e complexos de fosfato de cálcio, que impedem a passagem da água e dos compostos que compõem o permeado. Os minerais podem ser ligados ou depositados na superfície da membrana. No processo de ultrafiltração, o cálcio coloidal é completamente retido no retentado, enquanto o cálcio solúvel permeia livremente através da membrana. Em baixos valores de pH pode ocorrer a formação e precipitação de sais de cálcio na superfície da membrana, diminuindo a taxa de permeação.

TABELA 1.1
Características físico-químicas das amostras coletadas no processo de obtenção do CPS 60 e suas quantidades.

Amostra	pH	Acidez (°D)	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	Sólidos Totais (%)	NNP (%)	Peso (kg)
<i>Leite A</i>	6,77	17,0 ± 0,04	2,76 ± 0,02	3,08 ± 0,05	0,69 ± 0,03	10,8 ± 0,1	0,052 ± 0,004	250,0
<i>Soro A (não pasteurizado)</i>	6,38	-	-	-	-	-	-	-
<i>Soro A (pasteurizado)</i>	6,30	14,0 ± 0,03	0,340 ± 0,01	0,768 ± 0,03	0,54 ± 0,06	6,28 ± 0,01	0,075 ± 0,007	176,0
<i>Permeado U (UF)</i>	6,10	10,3 ± 0,6	0,0930 ± 0,02	0,251 ± 0,01	0,41 ± 0,04	5,44 ± 0,05	0,052 ± 0,004	161,3
<i>Permeado 1 (1ª DF)</i>	5,88	4,60 ± 0,01	0,00	0,198 ± 0,02	0,18 ± 0,01	2,37 ± 0,02	0,037 ± 0,004	29,51
<i>Permeado 2 (2ª DF)</i>	5,87	1,80 ± 0,01	0,00	0,151 ± 0,01	0,058 ± 0,01	1,06 ± 0,01	0,037 ± 0,004	29,28
<i>Retentado A</i>	5,84	-	3,94 ± 0,05	9,58 ± 0,2	0,34 ± 0,02	14,46 ± 0,02	0,14 ± 0,007	7,695
<i>CPS 60</i>	-	-	24,0 ± 1,3	60,2 ± 0,5	2,1 ± 0,03	-	0,25 ± 0,01	1,111

UF = Ultrafiltração
DF = Diafiltração

Na primeira tentativa, o fluxo inicial foi de aproximadamente $151,0 \text{ kg/h.m}^2$ numa pressão de $1,9 \text{ kgf/cm}^2$ na entrada da membrana. Logo após os primeiros minutos de processo houve um declínio acentuado do fluxo, como pode ser visto na Figura 1.4. Após 29,0 minutos, o fluxo estava em $14,4 \text{ kg/h.m}^2$ e permaneceu aproximadamente constante até 2,6 horas de ultrafiltração, sendo necessário parar o processo para efetuar uma limpeza na membrana, cujo peso de permeado retirado foi de 29,0 kg. Na segunda tentativa, ao se passar 45 minutos de processo, o fluxo estava em $7,9 \text{ kg/h.m}^2$, tornando inviável a sua continuação, onde foram retirados apenas 4,7 kg de permeado, portanto foi efetuada uma nova parada e a limpeza da membrana, para o restabelecimento do seu fluxo normal com água deionizada. Na terceira tentativa, aumentou-se a pressão para $2,4 \text{ kgf/cm}^2$, mas após 3,6 horas de processo, o fluxo estava a $18,4 \text{ kg/h.m}^2$, com mais 53,6 kg de permeado retirado. Então o processo foi novamente interrompido, seguido de outra lavagem química da membrana. Como havia a necessidade de permear mais 92,4 kg de soro, optou-se pelo pré-tratamento do soro através do ajuste do pH, e aumento da temperatura de processamento. Com tais alterações, houve uma maior permeação através da membrana, sendo o concluído em 4,0 horas.

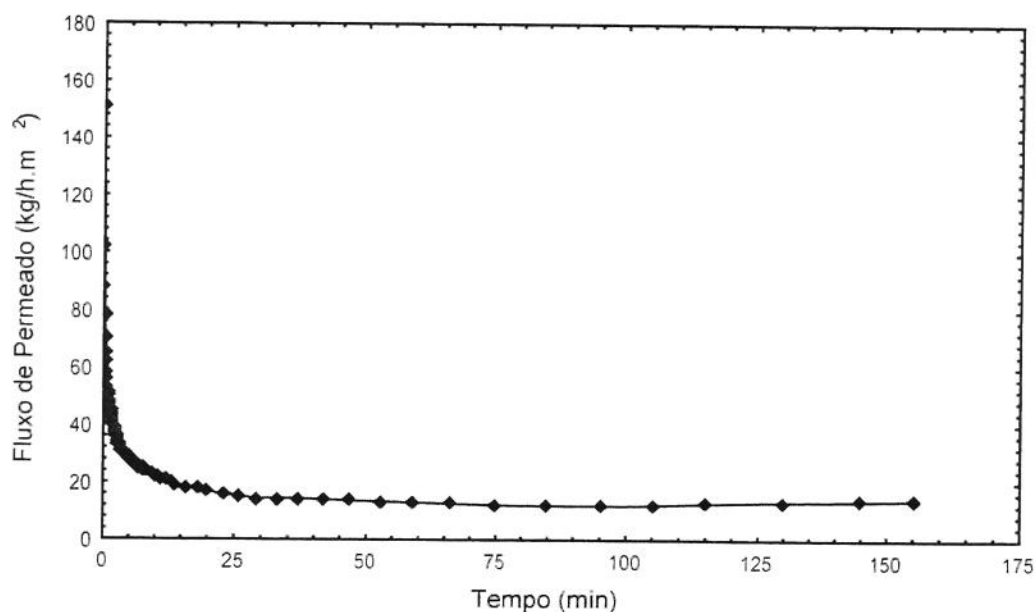


Figura 1.4 – Curva de permeação do processo de ultrafiltração (1ª tentativa) para a obtenção do CPS 80.

Muller & Harper (1979) observaram que pré-tratamentos que levam ao aquecimento e ajuste do pH têm mostrado que o fluxo de permeado no mínimo dobra. A

efetividade dos pré-tratamentos químicos pode ser aumentada por um ou mais pré-tratamentos físicos (mais tipicamente ajuste da temperatura) (Pouliot & Jelen, 1995). Os resultados apresentados na quarta tentativa, sustentaram as afirmações dos autores que observaram que os pré-tratamentos do soro proporcionaram uma alta taxa de fluxo na membrana (Matthews, 1984; Harper, 1992; Pouliot & Jelen, 1995).

Os processos de diafiltração duraram 1,4 h para um fluxo médio de 31,0 kg/h.m² e 2,1 h para um fluxo médio de 28,5 kg/h.m², na primeira e segunda diafiltração, respectivamente. O peso de permeado retirado foi duas vezes o peso de retentado.

Três componentes do soro têm sido identificados por causar o “fouling” da membrana ao longo da ultrafiltração: as proteínas, os minerais (especialmente cálcio e fosfato), e os lipídeos residuais. Neste trabalho foi utilizado o pré-tratamento do soro B para minimizar tal fenômeno. A solubilidade pelo ajuste do pH pode ter diminuído os efeitos dos sais de cálcio, além de ter controlado os níveis de cálcio livre e a solubilidade das proteínas, diminuindo o risco de cristalização nos microporos da membrana durante o processamento (Pouliot & Jelen, 1995). O pH do soro é uma variável importante, onde altas velocidades do fluxo de soro doce na membrana são obtidas em valores de pH abaixo de 3,0 e acima de 5,0 (Muller & Harper, 1979).

Em escala industrial, o “fouling” pode ter uma principal influência na efetividade do processo e no custo (Melachouris, 1984). O “fouling” irreversível da membrana pode resultar no aumento do custo devido a danos permanentes, formação de depósitos difíceis de remoção que levam a fluxos menores e consequentemente, menor eficiência de processo (Pouliot & Jelen, 1995).

Kim *et al.* (1989) analisaram o pré-tratamento do soro, o qual envolveu a adição de CaCl₂ e ajuste do pH para 7,3 com solução de NaOH 6N. A amostra controle apresentou um fluxo de permeado de 29,0 a 32,0 L/h.m², comparado ao soro pré-tratado que foi de 58,0 a 65,0 L/h.m² num período de 4,0 h. Estes resultados confirmaram os benefícios que o pré-tratamento proporciona à taxa de fluxo de permeado na membrana.

Patocka & Jelen (1987) confirmaram as prévias evidências a respeito do efeito da quelação de cálcio na ultrafiltração do soro ácido. Foi observado que o pré-tratamento do soro eliminou o conteúdo de cálcio livre, aumentando o fluxo de permeado. Ao adicionar cloreto de cálcio, aconteceu um efeito inverso.

Rinn *et al.* (1990) avaliaram a ultrafiltração do soro pré-tratado, sendo que a remoção de fosfolipoproteínas melhorou o fluxo de permeado e a solubilidade do CPS. A solubilidade e funcionalidade das proteínas do soro são adversamente afetadas pela complexação com lipídeos residuais e íons cálcio durante seu isolamento e fabricação (Morr, 1984).

A Tabela 1.2 apresenta os dados de composição físico-química dos componentes das etapas de fabricação do CPS 80. O permeado U é a soma dos permeados das quatro tentativas de ultrafiltração. O teor de gordura foi concentrado 10 vezes em relação ao valor encontrado no soro. Uma porcentagem de minerais foi concentrada, além do nitrogênio não-proteico. A retenção das proteínas do soro e a taxa de permeação são as variáveis mais importantes deste tipo de processo, pois elas determinam a sua viabilidade econômica.

TABELA 1.2
Características físico-químicas das amostras coletadas
no processo de obtenção do CPS 80 e suas quantidades

Amostra	pH	Acidez (°D)	Gordura (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	Sólidos Totais (%)	NNP (%)	Peso (kg)
<i>Leite B</i>	6,69	15,3 ± 0,09	0,15 ± 0,008	3,55 ± 0,02	0,75 ± 0,006	8,83 ± 0,5	0,067 ± 0,005	300,0
<i>Soro B (não pasteurizado)</i>	6,55	-	-	-	-	-	-	-
<i>Soro B (pasteurizado)</i>	6,29	12,3 ± 0,03	0,062 ± 0,002	0,950 ± 0,01	0,57 ± 0,01	6,28 ± 0,05	0,063 ± 0,005	194,3
<i>Soro B0 (após ajuste do pH)</i>	6,60	-	-	-	-	-	-	-
<i>Permeado U (UF)</i>	6,39	8,86 ± 0,04	0,00	0,179 ± 0,006	0,52 ± 0,01	5,12 ± 0,05	0,063 ± 0,006	179,7
<i>Permeado 1 (1ª DF)</i>	6,49	4,93 ± 0,03	0,00	0,279 ± 0,001	0,31 ± 0,02	3,52 ± 0,01	0,039 ± 0,004	30,99
<i>Permeado 2 (2ª DF)</i>	6,72	2,95 ± 0,01	0,00	0,231 ± 0,006	0,12 ± 0,01	1,46 ± 0,03	0,029 ± 0,002	35,29
<i>Retentado B</i>	6,65	-	0,62 ± 0,01	9,10 ± 0,1	0,41 ± 0,008	11,06 ± 0,09	0,19 ± 0,007	11,20
<i>CPS 80</i>	-	-	6,1 ± 0,3	80,8 ± 1,4	4,0 ± 0,02	-	0,59 ± 0,01	1,082

3.3.1. Índice de Retenção na Membrana

A Tabela 1.3 representa o índice de retenção de proteínas e gorduras nos processos de ultrafiltração e diafiltração dos soros A e B. Os dados mostram que a retenção foi maior que 96,0% para os dois componentes. A pequena rejeição das proteína

pode ser observada nas Tabelas 1.1 e 1.2, onde houve uma pequena porcentagem destes componentes nos permeados.

TABELA 1.3

Índice de retenção na membrana para os processos de ultrafiltração e diafiltração.

Processo	Proteína (%)	Gordura (%)
CPS 60		
<i>Ultrafiltração</i>	97,38	97,64
<i>1ª Diafiltração</i>	97,93	100,0
<i>2ª Diafiltração</i>	98,42	100,0
CPS 80		
<i>Ultrafiltração</i>	98,03	100,0
<i>1ª Diafiltração</i>	96,94	100,0
<i>2ª Diafiltração</i>	97,46	100,0

3.4. Secagem dos Retentados

Após a secagem por liofilização, foram obtidos aproximadamente 1,1 kg de CPS 60 e 1,1 kg de CPS 80. As composições centesimais estão apresentadas na Tabela 1.4. O processo de secagem por liofilização é viável na manutenção das propriedades originais dos produtos alimentícios, embora seja de custo elevado. Entretanto, Morr (1987) observou que CPSs obtidos por liofilização produziram pobres propriedades de formação de espuma. No mesmo trabalho, CPSs comerciais que foram atomizados apresentaram resultados excelentes para tal propriedade funcional.

TABELA 1.4

Composição centesimal e teor de cálcio dos CPSs 60 e 80.

Amostra	Proteína (%)	Cinzas (%)	Gordura (%)	Lactose (%)	NNP (%)	Umidade (%)	Cálcio Iônico (%)	Cálcio Total (%)
<i>CPS 60</i>	60,2 ± 0,47	2,1 ± 0,03	24,0 ± 1,3	7,6 ± 0,03	0,25 ± 0,01	4,6 ± 0,2	0,071 ± 0,01	0,29 ± 0,01
<i>CPS 80</i>	80,8 ± 1,4	4,0 ± 0,02	6,07 ± 0,33	5,1 ± 0,02	0,59 ± 0,01	3,1 ± 0,03	0,16 ± 0,01	0,64 ± 0,04

O CPS 60 apresentou um teor protéico menor que o CPS 80. Isto se deve à baixa eficiência dos processos de desnate do soro A, que mesmo após ser submetido duas vezes pelo mesmo processo, permaneceu com uma porcentagem relativamente alta

de gordura. Esta alta quantidade de gordura pode levar a grandes diferenças funcionais e estabilidade do produto quanto à dispersão e ao sabor (Morr, 1992). Normalmente, para obter boas propriedades funcionais, o padrão do conteúdo de lipídeos em CPSs é de 4,0% a 7,0%. Acima desta faixa pode comprometer as propriedades de solubilidade, formação de espuma e gelatinização (Shimada & Cheftel, 1989).

A umidade dos dois concentrados foi baixa, o que garante um aumento na vida de prateleira. Os teores de cinzas foram bem maiores para o CPS 80, o que mostra que houve uma maior retenção dos íons cálcio e seus sais durante a ultrafiltração e diafiltração do soro B, estando relacionado aos processos de polarização da concentração e “fouling” da membrana, que gerou um baixo fluxo de permeado, tornando necessárias as paradas de processo e o pré-tratamento do soro. Em ambos CPSs, a quantidade de cálcio iônico foi próxima em relação à quantidade de cálcio total ($\text{Ca}^{+2}/\text{Ca}_{\text{total}}$), com valores de 24,0% e 25,0% para o CPS 60 e 80, respectivamente. O teor de lactose foi relativamente baixo, proporcionado pelos processos de diafiltração que auxiliaram na sua permeação através da membrana.

4. CONCLUSÃO

A combinação de ajuste do pH e aumento da temperatura de ultrafiltração do soro B melhorou o fluxo de permeado (CPS 80), o qual aumentou 121,0% num período de 2,5 h de processo em relação ao soro sem tratamento prévio (1ª tentativa).

Apesar dos inconvenientes, como amostra inadequada (Leite A) e entupimentos da membrana (Soro B), foram alcançados os objetivos de produzir os concentrados protéicos de soro de leite com alto teor protéico, que é uma característica essencial para o prosseguimento dos Estudos 2, 3 e 4.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alizadehfard, M. R.; Wiley D. E. Non-newtonian behaviour of whey protein solutions. **Journal of Dairy Research**, v.63, n.2, p.315-320, 1996.
- Alvarez, V. B.; Yazici, F.; Antunes, A. J.; Michalac, S. pH characterization of dairy wastewater related to cleaning and processing operation. **Dairy, Food and Environmental Sanitation**, v.18, n.10, p.726-731, 1998.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. v.2, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1997.
- Barker, C. M.; Morr, C. V. Composition and properties of spherosil-QMA whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.51, n.4, p.919-923, 1986.
- Bassette, R.; Acosta, J. S. **Composition of milk products**. In: **Fundamentals of Dairy Chemistry**. N. P. Wong Editor. Van Nostrand Reinhold, New York. 1988. 39p.
- Daufin, G. e Merin, U. Fouling of inorganic membranes in filtration processes of dairy products. **IDF Special Issue**, v.9504, p.53-70, 1995.
- de Wit, J. N.; Klarenbeek, G. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2701-2710, 1984.
- Dybing, S. T.; Smith, D. E. Relation of chemistry and processing procedures to whey protein functionality: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v.26, n.1, p.4-12, 1991.
- Harper, W. J. Functional properties of whey protein concentrates and their relationship to ultrafiltration. **IDF Special Issue**, v.9201, p.77-108, 1992.
- Harper, W. J.; Raman, R. V. Effect of whey pretreatment on the protein profile of whey protein concentrate. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v.14, n.2, p.95, 1979.
- Huffman, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, v.50, n.2, p.49-52, 1996.
- Jelen, P. Industrial whey processing technology: an overview. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.27, n.4, p.658-661, 1979.
- Kilara, A. Standardization of methodology for evaluating whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2734-2743, 1984.
- Kilara, A.; Sharkasi, T. Y. Effects of temperature on food proteins and its implications on functional properties. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.23, n.4, p.323-395, 1984.
- Kim, S.-H.; Morr, C. V.; Seo, A.; Surak, J. G. Effect of whey pretreatment on composition and functional properties of whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.54, n.1, p.25-29, 1989.
- Kinsella, J. E. Functional properties of proteins in foods: a survey. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.7, n.3, p.219, 1976.
- Kinsella, J. E.; Whitehead, D. M. Protein in whey: chemical, physical and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 33, p.343-438, 1989.
- Kurz, G.; Wallenfels, K. Determination of lactose and D-galactose. In **Methods of Enzymatic Analysis**. H. U. Bergmeyer Editor. Weinheim Academic Press Inc., New York and London, 1974. p.1180-1279.

- Mangino, M. E.; Liao, Y. Y.; Harper, N. J.; Morr, C. V.; Zadow, J. G. Effects of heat processing and functionality of whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.52, n.6, p.1522-1524, 1987.
- Mangino, M. E.; Huffman, L. M.; Regester, G. O. Changes in the hydrophobicity and functionality of whey during the processing of whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.53, n.6, p.1684-1686, 1988.
- Matthews, M. E. Advances in whey processing – ultrafiltration and reverse osmosis. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v.14, n.2, p.86-92, 1979.
- Matthews, M. E. Whey protein recovery process and products. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.12, p.2680-2684, 1984.
- Maubois, J. L.; Ollivier, G. Milk protein fractionation. **IDF Special Issue**, v.9201, p.15-20, 1992.
- McDonough, F. E.; Hargrove, R. E.; Mattingly, W. A.; Posati, L. P.; Alford, J. A. Composition and properties of whey protein concentrates from ultrafiltration. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.12, p.1438-1443, 1974.
- Melachouris, N. Critical aspects in development of whey protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2693-2700, 1984.
- Morr, C. V. Production and use of milk proteins in foods. **Food Technology**, v.38, n.7, p.39-48, 1984.
- Morr, C. V. Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.50, n.5, p.1406-1421, 1985.
- Morr, C. V. Effect of HTST pasteurization of milk, cheese whey, cheese whey UF retentate upon the composition, physicochemical and functional properties of whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.52, n.2, p.312-317, 1987.
- Morr, C. V. Improving the texture and functionality of whey protein concentrate. **Food Technology**, v.46, n.1, p.110-113, 1992.
- Morr, C. V.; Ha, Y. W. Whey protein concentrate and isolates: processing and functional properties. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.6, p.431-476, 1993.
- Muller, L. L.; Harper, W. J. Effects on membrane processing of pretreatments of whey. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.27, n.4, p.662-664, 1979.
- Patocka, J.; Jelen, P. Calcium chelation and other pretreatments for flux improvement in ultrafiltration of cottage cheese whey. **Journal of Food Science**, v.52, n.5, p.1241-1244, 1987.
- Pearce, R. J.; Marshall, S. C.; Dunkerley, J. A. Reduction of lipids in whey protein concentrates by microfiltration – effect on functional properties. **IDF Special Issue**, v.9201, p.118-129, 1992.
- Pouliot, Y. e Jelen, P. Pretreatments of dairy fluids to minimize long-term membrane fouling. **IDF Special Issue**, v.9504, p.80-92, 1995.
- Premaratne, R. J.; Cousin, M. A. Changes in the chemical composition during ultrafiltration of skim milk. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.3, p.788-795, 1991.
- Rinn, J-C.; Morr, C. V.; Seo, A.; Surak, J. G. Evaluation of nine semi-pilot scale whey pretreatment modifications for producing whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.55, n.2, p.510-515, 1990.

Schmidt, R. H.; Packard, V. S.; Morris, H. A. Effect of processing on whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2723-2733, 1984.

Shimada, K.; Cheftel, J. C. Sulphydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.1, p.161-168, 1989.

ESTUDO 2**SISTEMA MODELO DE GÉIS PUROS E MISTOS DE CONCENTRADOS PROTÉICOS
DE SORO DE LEITE E PROTEÍNAS MIOFIBRILARES****RESUMO**

Neste estudo foi determinada a capacidade de gelatinização das proteínas miofibrilares e do soro de leite, em sistema modelo. Foram elaborados géis puros e mistos (CPS + proteínas miofibrilares), a partir de quatro CPSs, o Calpro 8002, Calpro 80, CPS 60 e CPS 80, e de proteínas miofibrilares extraídas do músculo bovino Quadriceps femuris. Os géis puros de proteínas miofibrilares e mistos (10 a 50% de substituição com CPS) foram elaborados em pH 6,5, aquecidos a 85°C por 15 minutos, depois colocados sob refrigeração a 7°C por 19 horas. Após este período foram determinados os perfis de textura (TPA) e umidade espremível dos géis. Foram avaliados atributos como dureza, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, elasticidade e adesividade. Os parâmetros como dureza (exceto para o Calpro 80), adesividade e umidade espremível (exceto para o CPS 60) diferiram significativamente do controle para todos os níveis de substituição e tipos de CPSs. Melhores resultados dos perfis de textura e umidade espremível foram observados utilizando concentrados com teor protéico acima de 77,0%. A capacidade de gelatinização dos CPSs foi estudada através da elaboração de planejamentos experimentais variando o pH na faixa de 3,0 a 10,0, e a concentração protéica de 9,0 a 12,0% dos géis. As superfícies de resposta representaram os dados dos perfis de textura e umidade espremível. Foi utilizado o gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) para avaliar o perfil eletroforético dos géis mistos e controle (sem substituição).

1. INTRODUÇÃO

As proteínas do soro sofrem gelatinização através de uma série de passos envolvendo desnaturação, agregação, e formação de uma matriz em rede (Aguilera, 1995). A capacidade de ligar água e formar géis induzidos pelo calor são algumas das importantes propriedades funcionais das proteínas do soro em formulações de carnes processadas. A influência da gelatinização das proteínas do soro em produtos cárneos, tem sido responsável pelos seus altos rendimentos após o cozimento (Ziegler & Acton, 1984). Além de proporcionar excelentes propriedades gelatinizantes, elas previnem a sinerese, aumentam a retenção de gordura e a propriedade de adesão em carnes reestruturadas. Tais proteínas não conferem sabor aos alimentos, sendo também uma excelente fonte nutricional.

A gelatinização das proteínas do músculo é responsável pela estabilização física e química da gordura e da água em produtos cárneos. A característica de textura destes produtos pode também ser uma função de propriedades da matriz protéica e suas interações com a fase aquosa contínua e a gordura dispersa. Para obter as propriedades desejáveis no gel, é necessário entender e controlar o processo de desnaturação descrito por Ferry (1948).

Alguns pesquisadores têm estudado a formação de géis mistos formados à partir de CPSs e proteínas miofibrilares, como Hermansson & Åkesson (1975^{a,b,c}), Beuschel *et al.* (1992), Hung & Smith (1993^a) e Smith & Rose (1995). A miosina é a principal proteína responsável pela gelatinização em sistemas cárneos e a β -lactoglobulina é a principal proteína na gelatinização dos CPSs. A miosina do músculo bovino desnatura-se em temperaturas na faixa entre 40 e 45°C, dependendo das condições do meio e a β -Lg na faixa de 76 a 82°C (Aguilera, 1995) e pode também variar com as condições do meio. Quando estas duas proteínas são misturadas, diferentes tipos de géis podem ser formados, cujas proteínas do soro podem ser dispersas na matriz, ligando à água, e/ou gelatinizar e interagir com as proteínas do músculo. Este tipo de agregação depende da temperatura de processamento, solubilidade das proteínas do soro e pH (Beuschel *et al.*, 1992).

O objetivo deste estudo foi determinar a propriedade funcional de gelatinização das proteínas miofibrilares do músculo bovino e de quatro CPSs. Foram elaborados géis puros e mistos em sistemas modelo e avaliados os seus perfis eletroforéticos, de textura e a umidade espremível.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matérias-primas

O músculo bovino *Quadriceps femoris* refrigerado foi obtido em estabelecimento comercial. Esta peça é comercialmente chamada de “patinho”, e seu corte é constituído das massas musculares da face anterior do coxão separado do coxão-mole, do coxão-duro e da maminha-da-alcatra. Foram utilizados quatro CPSs, dentre eles, dois foram cedidos pela “Calpro Ingredients”, o Calpro 8002 e o Calpro 80, e os outros dois, o CPS 60 e CPS 80 são os mesmos obtidos no Estudo 1.

2.2. Análise das Matérias-primas

A composição físico-química e o teor de cálcio dos Calpros 80 e 8002, foram determinados segundo a metodologia descrita no item 2.4 do Estudo 1, página 40. As análises dos teores de proteína, cinzas e umidade da carne seguiram as metodologias descritas pela A.O.A.C. (1997). No cálculo da porcentagem de proteínas, os valores de nitrogênio foram multiplicados por 6,25 para as frações da carne bovina. Na análise do teor de gordura da amostra de carne, utilizou-se a metodologia descrita por Bligh & Dyer (1959). A determinação dos grupos sulfidrilas totais e reativos dos quatro CPSs, baseou-se no uso do reagente de Ellman segundo o método descrito por Hardham (1981). Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

2.3. Extração das Proteínas Miofibrilares

As proteínas miofibrilares foram extraídas segundo a metodologia descrita por Xiong & Brekke (1989) com algumas modificações, onde foram utilizadas diferentes soluções tampão de fosfato de sódio 0,05M em pH 6,5, com NaCl 0,1M; NaCl 0,6M; e NaCl 2,4M.

A carne foi moída e passada através de um disco com furos de diâmetro de 6,0 mm. A extração permaneceu sob constante agitação em banho de gelo a aproximadamente 3°C. A Figura 2.1 ilustra todas as etapas para a obtenção das proteínas miofibrilares, cujos extratos foram centrifugados e separados a 13.000 rpm. Foram realizadas outras extrações em pH 6,0 e 7,0 para a determinação do pH que proporcionasse uma melhor eficiência de extração das proteínas deste músculo. Ao final

do processo de extração, o sedimento (proteínas miofibrilares) foi dosado pelo método de micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1997).

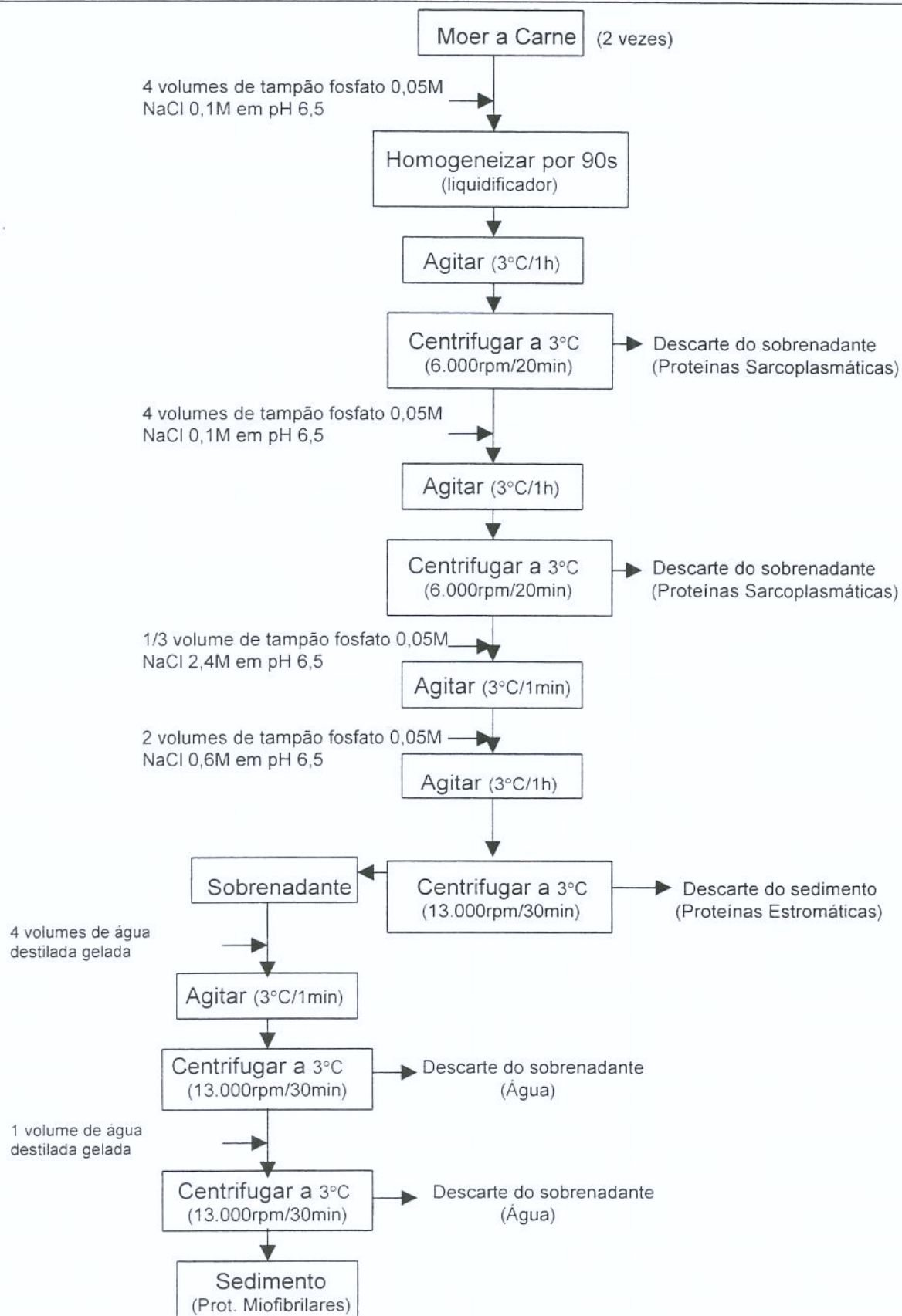


Figura 2.1 – Fluxograma das etapas de extração das proteínas da carne.

2.4. Gelatinização em Sistemas Modelo

2.4.1. Elaboração dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite

Os géis foram elaborados através da gelatinização termicamente induzida das proteínas do soro. Foram utilizados quatro planejamentos experimentais, um para cada CPS, com as variáveis: concentração de proteínas e pH, que variaram de 8,0% a 12,0% e 3,0 a 10,0, respectivamente (Tabela 2.1). O intuito destes planejamentos foi medir os perfis de textura e umidade espremível dos géis.

O experimento constituiu de um planejamento experimental fatorial completo (2^2) em dois níveis (-1,+1), mais os pontos axiais ($-\alpha$, $+\alpha$) que foram utilizados para medir não linearidades (Khuri & Cornell, 1996). Três replicatas foram representadas por valores correspondentes aos pontos centrais para estimar o erro experimental, totalizando 11 ensaios.

TABELA 2.1
Níveis das variáveis consideradas nos planejamentos experimentais.

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
<i>PH</i>	3,00	4,03	6,50	8,98	10,0
<i>Concentração Protéica (%)</i>	9,00	9,44	10,5	11,56	12,0

$\alpha = \pm (2^n)^{1/4} = \pm 1,414$ (n é o número de variáveis).

A Tabela 2.2 apresenta as combinações de pH e concentração para a realização do planejamento fatorial completo com os valores codificados e decodificados. Os primeiros quatro ensaios da tabela são os valores para o planejamento experimental 2^2 (modelo linear). Os ensaios 8 a 11 descrevem os experimentos nos pontos axiais, e os três experimentos replicados no ponto central são dados pelos ensaios 5 a 7.

Foi utilizada a metodologia descrita por Mulvihill & Kinsella (1988), cujas soluções foram preparadas com água destilada. Os géis foram elaborados em triplicata em tubos de vidro de 5,0 cm de comprimento e 2,0 cm de diâmetro, e deixados em banho-maria a 85°C por 15 minutos após a estabilização da temperatura. Depois os tubos foram colocados sob refrigeração a 7°C por 19 horas para determinar o perfil de textura e umidade espremível dos géis.

TABELA 2.2

Dados do planejamento experimental dos géis de concentrados protéicos de soro de leite.

<i>Ensaio</i>	<i>pH</i>	<i>Concentração Protéica (%)</i>	<i>pH</i>	<i>Concentração Protéica (%)</i>
1	-	-	4,03	9,44
2	+	-	8,98	9,44
3	-	+	4,03	11,6
4	+	+	8,98	11,6
5	0	0	6,50	10,5
6	0	0	6,50	10,5
7	0	0	6,50	10,5
8	- α	0	3,00	10,5
9	+ α	0	10,0	10,5
10	0	- α	6,50	9,00
11	0	+ α	6,50	12,0

2.4.2. Elaboração dos Géis Mistos

Foram produzidos géis mistos (proteínas do soro + proteínas miofibrilares) em triplicata. A porcentagem de substituição das proteínas miofibrilares por proteínas do soro variou de zero a 50,0% (Tabela 2.3). A metodologia seguida foi a mesma descrita no item 2.4.1, embora neste caso, os géis tenham sido feitos em pH 6,5.

TABELA 2.3

Planejamento experimental dos géis mistos.

<i>Ensaio</i>	<i>Proteínas Miofibrilares (%)</i>	<i>Proteínas do soro (%)</i>
1	100,0	0,0
2	90,00	10,00
3	80,00	20,00
4	70,00	30,00
5	60,00	40,00
6	50,00	50,00

2.5. Umidade Espremível

A umidade espremível dos géis foi determinada pela metodologia proposta por Jauregui *et al.* (1981), que consiste na quantidade de líquido expelido de um sistema protéico pela aplicação de uma força. Depois foi medida a quantidade de água liberada sob as condições empregadas.

Inicialmente foram pesados aproximadamente 1,5 g de amostras de gel em papel de filtro Whatman #3 em quadruplicata. As amostras foram embrulhadas no papel de filtro e colocadas em tubos de centrifuga, sendo centrifugadas a 2.500 rpm por 15 minutos a 3°C. Após a centrifugação, a parte sólida do gel foi descartada e o papel úmido foi pesado para determinação da quantidade de umidade expelida dos géis, utilizando o cálculo da Equação 2.1

$$\text{Umidade Espremível (\%)} = \frac{(\text{Peso})_{\text{Papel úmido}} - (\text{Peso})_{\text{Papel seco}}}{\text{Peso da amostra}} \quad 2.1$$

2.6. Avaliação do Perfil de Textura dos Géis Puros e Mistos

O perfil de textura dos géis puros e mistos foi obtido a partir das análises propostas por Bourne (1978, 1982). No perfil de textura, quatro parâmetros foram medidos: dureza, coesividade, elasticidade, adesividade; e dois foram calculados: mastigabilidade e gomosidade, cujos dados são graficados como força em função da taxa de deformação (tempo) (Rizvi, 1981). Foi utilizado um texturômetro universal modelo TAT-XT2. Os resultados foram obtidos com o auxílio do programa Texture Expert® versão 1.11. O texturômetro operou sob as seguintes condições:

Teste:

- ♦ Medida de força em compressão e
- ♦ 2 ciclos de compressão

Parâmetros

- ♦ Velocidade antes da penetração do “probe”: 2,0 mm/s;
- ♦ Velocidade do teste: 2,0 mm/s;
- ♦ Velocidade após o teste: 2,0 mm/s;
- ♦ Distância penetrada: 10,0 mm (50% de penetração) e
- ♦ Força: 5g.

As amostras em formato cilíndrico foram cortadas com medidas de 20,0x20,0 mm e foram mantidas sob refrigeração a 7°C até o momento da leitura no texturômetro. Foi utilizado um "probe" de acrílico de 20,0 mm de diâmetro para o teste de compressão. As determinações foram realizadas em triplicata.

2.7. Eletroforese dos géis isolados e mistos

Foram analisados os perfis eletroforéticos dos géis mistos e das amostras controle (proteínas miofibrilares e CPSs puros) utilizando gel de SDS-poliacrilamida com o agente redutor β -mercaptoetanol (Svasti & Panijpan, 1977). Os géis de poliacrilamida foram polimerizados em placas de 7,0x10,0 cm, com 1,0 mm de espessura. A concentração do gel de separação foi de 12,0% e do "stacking gel" 4,0%. Foram aplicados 5 μ L de cada amostra contendo 1,0% de proteína. A separação foi conduzida em 20 mA por placa. Após a separação eletroforética os géis de poliacrilamida foram corados com "comassie blue" 0,4% em solução de metanol:ácido acético:água (40:10:50) por aproximadamente 45,0 minutos, em seguida foram descorados com a mesma solução sem corante, por 2,0 horas. Após a eliminação do excesso de corante, os géis foram preservados em solução de ácido acético a 7,5%.

2.8. Análises Estatísticas

Todos os resultados foram analisados com o auxílio do Software Statistica 5.0. As comparações entre as médias foram feitas utilizando o teste de Tukey. Foram montadas as tabelas de análise de variância (ANOVA) e dos coeficientes dos modelos de regressão, além dos gráficos de superfície de resposta e curvas de nível das equações de regressão ajustados aos dados dos planejamentos experimentais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Centesimal das Matérias-Primas

Os dados da composição centesimal dos concentrados protéicos de soro de leite e da carne bovina estão representados na Tabela 2.4.

TABELA 2.4
Composição centesimal das matérias-primas

Amostra	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Lactose (%)	Umidade (%)
<i>Calpro 8002</i>	77,0 ± 0,38	4,00 ± 0,076	5,29 ± 0,035	7,76 ± 0,021	5,31 ± 0,14
<i>Calpro 80</i>	77,6 ± 0,46	5,21 ± 0,41	2,33 ± 0,010	10,2 ± 0,043	3,58 ± 0,092
<i>CPS 60</i>	60,2 ± 0,47	24,0 ± 1,3	2,08 ± 0,027	7,59 ± 0,038	4,62 ± 0,18
<i>CPS 80</i>	80,8 ± 1,4	6,07 ± 0,33	4,04 ± 0,023	5,05 ± 0,025	3,08 ± 0,075
<i>Carne</i>	20,7 ± 0,13	2,22 ± 0,12	1,13 ± 0,010	-	74,8 ± 0,35

3.2. Extração das Proteínas da Carne

Na Tabela 2.5 pode-se observar que o pH 6,5 foi o que proporcionou uma maior eficiência na extração das proteínas miofibrilares (Figura 2.2). Portanto, as demais extrações foram realizadas neste pH, que foi considerado como o ótimo para o músculo estudado (Tabela B.1 do Apêndice B).

TABELA 2.5
Porcentagem de proteínas miofibrilares extraídas do músculo bovino

Proteína	pH	% Proteína extraída
<i>Miofibrilares</i>	6,0	77,5 ± 3,4
	6,5	90,2 ± 3,8
	7,0	53,4 ± 5,9

As proteínas miofibrilares, principalmente a miosina são solubilizadas quando o músculo é tratado com NaCl e polifosfato durante o processamento para a obtenção de produtos cárneos. A solubilização da miosina é muito importante, porque ela

é o principal componente do exudado adesivo que age como ligante de pedaços de carne e produtos reestruturados, após serem aquecidos (Parsons & Knight, 1990).

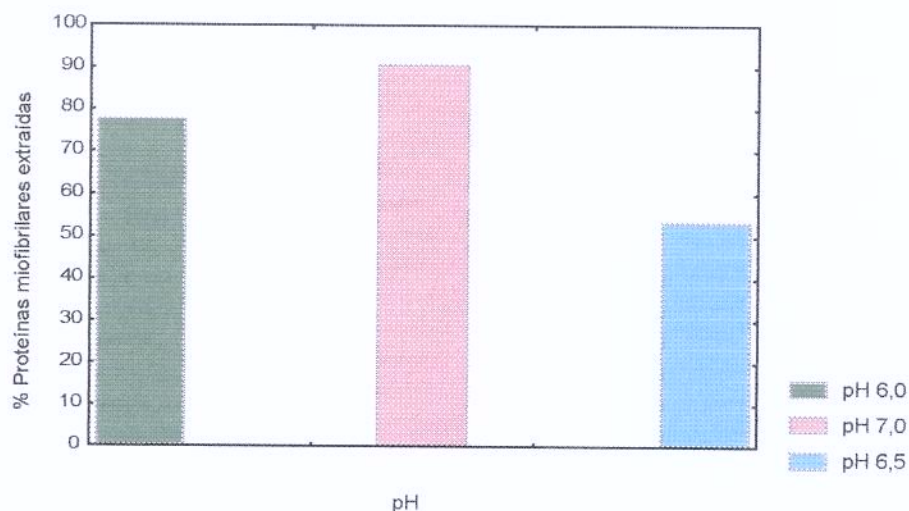


Figura 2.2 - Porcentagem de proteínas miofibrilares extraídas em função do pH.

As frações protéicas extraídas da carne em pH 6,5 são mostradas na Tabela 2.6: aproximadamente 52,0% de proteínas miofibrilares, 33,0% de proteínas sarcoplasmáticas e 15,0% de proteínas do estroma.

TABELA 2.6
Frações protéicas extraídas da carne em pH 6,5 (*Quadriceps femoris*)

Miofibrilares (%)	Sarcoplasmáticas (%)	Estromáticas (%)
10,4 ± 0,08	6,53 ± 0,01	3,01 ± 0,02

3.3. Avaliação dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite em Sistema Modelo

3.3.1. Aparência dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite

O planejamento experimental proporcionou o estudo amplo dos géis de CPS na faixa de pH de 3,0 a 10,0 e concentração de proteína de 9,0% a 12,0%. Em valores de pH abaixo de 6,5, os géis dos quatro CPSs apresentaram-se na forma de

coágulos opacos e adesivos (Tabelas 2.7 e 2.8 e Figuras 2.3 e 2.4). No pH 6,5 foram formados géis com características de coágulo, apresentando-se opacos. Nos valores de pH 9,0 e 10,0 os géis apresentaram-se translúcidos (Calpro 8002 e CPS 60). A variação das concentrações protéicas foi importante na caracterização da textura dos géis, embora nesta etapa, a análise tenha sido apenas visual. Os resultados da aparência podem auxiliar na avaliação preliminar dos géis de CPS em sistema modelo e na sua aplicação em sistemas alimentícios, embora outras análises também sejam necessárias.

TABELA 2.7
Aparência dos géis obtidos a partir dos dois
concentrados protéicos de soro de leite comerciais.

Ensaio	pH	Concentração Protéica (%)	Calpro 8002 (Aparência)	Calpro 80 (Aparência)
1	4,00	9,44	Coágulo branco opaco	Coágulo cor creme claro opaco
2	9,00	9,44	Gel amarelo translúcido	Gel cinza claro Opaco
3	4,00	11,6	Coágulo branco opaco	Coágulo cor creme claro opaco
4	9,00	11,6	Gel amarelo translúcido	Gel cinza claro Opaco
5	6,50	10,5	Gel amarelo claro opaco	Gel cor creme claro opaco
6	6,50	10,5	Gel amarelo claro opaco	Gel cor creme claro opaco
7	6,50	10,5	Gel amarelo claro opaco	Gel cor creme claro opaco
8	3,00	10,5	Coágulo amarelo claro opaco	Coágulo amarelo opaco
9	10,0	10,5	Gel amarelo escuro translúcido	Gel marrom claro opaco
10	6,50	9,00	Gel amarelo claro opaco	Gel amarelo-claro opaco
11	6,50	12,0	Gel amarelo claro opaco	Gel amarelo-claro opaco

As proteínas do soro possuem excelentes características de formação de géis termo-induzidos acima do pH 7,0. Abaixo do pH 7,5, os géis são opacos e menos viscoelásticos devido a tendência à coagulação e agregação das proteínas, causadas pelas excessivas interações eletrostáticas. Acima do pH 7,5, os géis são translúcidos e viscoelásticos (Doi, 1993; Halmos, 1997). Os géis translúcidos tendem a ser mais elásticos porque retêm uma maior quantidade de água. Nestes casos as ligações intermoleculares são menos espaçadas e as baixas forças iônicas acabam favorecendo este tipo de aparência. As ligações cruzadas, o alto conteúdo de grupos sulfidril livre e os íons cálcio, também são responsáveis pela formação de géis opacos.

TABELA 2.8
Aparência dos géis obtidos a partir dos CPSs 60 e 80.

Ensaio	pH	Concentração Protéica (%)	CPS 60 (Aparência)	CPS 80 (Aparência)
1	4,00	9,40	Coágulo branco opaco	Coágulo cinza claro Opaco
2	9,00	9,40	Gel cinza claro translúcido	Gel cinza opaco
3	4,00	11,6	Coágulo amarelo claro opaco	Coágulo cinza opaco
4	9,00	11,6	Gel cinza translúcido	Gel cinza escuro opaco
5	6,50	10,5	Gel branco opaco	Gel cinza opaco
6	6,50	10,5	Gel branco opaco	Gel cinza opaco
7	6,50	10,5	Gel branco opaco	Gel cinza opaco
8	3,00	10,5	Coágulo amarelo claro opaco	Coágulo cinza claro opaco
9	10,0	10,5	Gel cinza translúcido	Gel cinza escuro opaco
10	6,50	9,00	Gel branco opaco	Gel cinza claro opaco
11	6,50	12,0	Gel branco opaco	Gel cinza opaco

Hillier *et al.* (1980) observaram que a opacidade dos géis está relacionada à desnaturação e agregação molecular das proteínas do soro. A matriz de gel formada depende da estrutura dos agregados e das interações entre eles (S-S e/ou ligações hidrofóbicas).

3.3.2. Análise do Perfil de Textura e Umidade Espremível dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite

O efeito das variáveis pH e concentração de proteínas no perfil de textura e umidade espremível dos géis foi dividido em primeira ordem (linear), segunda ordem (quadrática) e interativos (interação entre pares de variáveis). O planejamento fatorial completo pode ser observado na Tabela 2.2. Os dados do perfil de textura e umidade espremível dos géis de CPS estão representados nas Tabelas 2.9 a 2.12. As tabelas de análise de variância (ANOVA) estão no Apêndice B (Tabelas B.2 a B.29).

As Tabelas 2.13 a 2.15 mostram os modelos de regressão ajustados para a umidade espremível e o perfil de textura dos géis do Calpro 8002, representando que o pH teve um efeito linear em todos os parâmetros de textura ($p < 0,01$) e umidade espremível ($p < 0,01$), enquanto que o componente quadrático foi significativo apenas no perfil de textura ($p < 0,001$). Todas as variáveis respostas deste perfil em relação ao pH foram influenciadas pela concentração de proteínas e pode-se notar que houve interações em todos os casos ($p < 0,05$), apenas não foi observado para a umidade espremível dos géis. A concentração de proteínas não teve efeito linear na coesividade e elasticidade, embora tenha sido observado o seu efeito significativo na umidade espremível ($p < 0,05$). O efeito quadrático da concentração não influenciou na dureza, gomosidade, mastigabilidade e umidade espremível. Os efeitos das interações mostram a grande dependência do pH e da concentração de proteínas no perfil de textura destes géis, que são influenciados pelas interações intermoleculares, principalmente interações hidrofóbicas e ligações cruzadas. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.9 e nas Figuras 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.11, 2.13, e 2.15.

TABELA 2.9
Perfil de textura e umidade espremevel dos géis do Calpro 8002.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)	Umidade Espremevel (%)
1	-44,4 ± 2,9 a	0,276 ± 0,005 a	96,181 ± 1,16 a	0,685 ± 0,02 a	26,50 ± 0,0510 a	18,15 ± 0,521 a	60,6 ± 0,28 a
2	-7,25 ± 0,66 bd	0,730 ± 0,01 b	264,57 ± 4,78 b	0,824 ± 0,006 b	193,1 ± 0,131 b	159,0 ± 1,34 b	33,6 ± 2,0 bd'
3	-48,4 ± 2,9 a	0,235 ± 0,004 c	199,28 ± 1,62 c	0,532 ± 0,05 c	46,73 ± 1,00 a	24,86 ± 1,86 a	52,8 ± 2,4 a
4	-4,16 ± 0,37 bd	0,824 ± 0,02 d	661,38 ± 8,17 d	0,936 ± 0,001 d	545,0 ± 5,39 c	510,1 ± 4,32 c	19,6 ± 0,45 c
5	-4,99 ± 0,41 bd	0,793 ± 0,006 de	617,86 ± 25,3 d	0,919 ± 0,01 d	490,0 ± 1,08 cd	450,0 ± 6,05 d	31,9 ± 3,1 bd
6	-4,59 ± 0,18 bd	0,784 ± 0,006 e	617,07 ± 4,41 d	0,927 ± 0,004 d	483,5 ± 8,23 cd	477,9 ± 4,45 cd	30,2 ± 3,0 bcd
7	-5,54 ± 0,18 bd	0,770 ± 0,006 ef	644,48 ± 14,6 d	0,919 ± 0,001 d	496,3 ± 7,57 d	456,1 ± 9,70 cd	35,5 ± 1,8 bd
8	-21,4 ± 0,37 c	0,0900 ± 0,003 g	297,75 ± 0,793 be	0,338 ± 0,01 e	27,39 ± 0,243 a	9,245 ± 0,684 a	39,5 ± 2,9 d
9	-3,88 ± 0,24 bd	0,868 ± 0,002 h	279,77 ± 5,86 b	0,920 ± 0,004 d	242,7 ± 10,0 b	223,2 ± 5,60 e	20,6 ± 1,2 c
10	-1,80 ± 0,12 d	0,741 ± 0,008 f	332,11 ± 11,3 e	0,889 ± 0,005 bd	245,9 ± 2,66 b	218,6 ± 6,72 be	37,3 ± 2,1 bd
11	-17,0 ± 1,5 bc	0,736 ± 0,01 bf	1.248,9 ± 23,3 f	0,921 ± 0,004 d	919,2 ± 4,61 e	846,6 ± 19,9 f	24,0 ± 2,3 bc

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.10
Perfil de textura e umidade espresível dos géis do Calpro 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)	Umidade Espresível (%)
1	-63,4 ± 0,60	0,213 ± 0,001	131,36 ± 3,77	0,531 ± 0,04	27,91 ± 0,960	14,82 ± 1,38	55,4 ± 1,1
2	-6,60 ± 0,51	0,561 ± 0,001	232,31 ± 18,4	0,711 ± 0,01	130,3 ± 9,02	92,65 ± 7,62	40,0 ± 3,6
3	-46,0 ± 1,6	0,142 ± 0,005	320,10 ± 6,55	0,488 ± 0,007	45,29 ± 2,22	22,10 ± 2,33	46,1 ± 2,7
4	-3,39 ± 0,34	0,869 ± 0,005	630,64 ± 10,4	0,941 ± 0,01	548,2 ± 10,3	515,9 ± 14,1	18,2 ± 1,0
5	-28,8 ± 0,25	0,260 ± 0,003	123,46 ± 4,60	0,813 ± 0,002	32,10 ± 1,48	26,08 ± 1,13	52,8 ± 2,2
6	-21,8 ± 2,0	0,246 ± 0,007	169,64 ± 6,09	0,825 ± 0,04	41,73 ± 0,374	34,42 ± 1,87	55,9 ± 4,7
7	-31,9 ± 0,81	0,296 ± 0,001	96,808 ± 3,71	0,735 ± 0,03	28,61 ± 0,267	21,01 ± 0,102	57,0 ± 2,5
8	-46,6 ± 1,9	0,161 ± 0,01	199,02 ± 1,54	0,519 ± 0,01	31,94 ± 2,34	16,56 ± 1,23	29,5 ± 2,6
9	-2,75 ± 0,087	0,879 ± 0,002	199,61 ± 8,78	0,909 ± 0,005	175,4 ± 4,39	159,3 ± 4,91	20,5 ± 1,8
10	-27,2 ± 0,48	0,278 ± 0,02	21,829 ± 2,21	0,503 ± 0,04	6,075 ± 0,573	3,056 ± 0,247	60,2 ± 3,1
11	-23,2 ± 2,3	0,262 ± 0,008	431,94 ± 15,4	0,859 ± 0,01	113,2 ± 10,5	97,15 ± 0,660	48,7 ± 1,6

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.11
Perfil de textura e umidade espresimível dos géis do CPS 60.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)	Umidade Espresimível (%)
1	-91,7 ± 7,9	0,235 ± 0,004	176,66 ± 0,411	0,646 ± 0,04	41,51 ± 0,167	26,82 ± 1,78	54,5 ± 3,1
2	-1,54 ± 0,11	0,850 ± 0,02	223,03 ± 18,2	0,891 ± 0,001	189,6 ± 10,9	168,8 ± 10,8	20,0 ± 1,6
3	-54,5 ± 4,4	0,118 ± 0,01	374,08 ± 16,9	0,260 ± 0,01	43,96 ± 2,63	11,41 ± 0,732	29,5 ± 0,92
4	-15,5 ± 0,41	0,690 ± 0,003	1.003,1 ± 13,1	0,909 ± 0,002	692,2 ± 15,1	628,8 ± 7,87	15,3 ± 0,70
5	-24,3 ± 2,1	0,541 ± 0,03	261,12 ± 5,04	0,801 ± 0,01	141,2 ± 4,55	113,1 ± 5,19	56,7 ± 1,8
6	-31,3 ± 3,0	0,512 ± 0,03	249,53 ± 22,4	0,801 ± 0,01	127,8 ± 4,50	102,3 ± 5,01	51,5 ± 1,1
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-48,2 ± 3,5	0,204 ± 0,008	261,46 ± 10,6	0,543 ± 0,02	53,21 ± 0,0760	28,89 ± 0,815	30,5 ± 0,39
9	-1,31 ± 0,13	0,874 ± 0,001	194,01 ± 13,5	0,909 ± 0,01	169,5 ± 9,96	154,0 ± 11,0	18,8 ± 1,0
10	-31,7 ± 3,0	0,454 ± 0,02	105,99 ± 3,59	0,676 ± 0,004	48,12 ± 0,281	32,53 ± 0,173	61,4 ± 6,1
11	-25,9 ± 0,62	0,660 ± 0,01	559,18 ± 14,26	0,871 ± 0,002	369,1 ± 2,06	321,3 ± 0,692	46,2 ± 1,7

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.12
Perfil de textura e umidade espremível dos géis do CPS 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)	Umidade Espremível (%)
1	-84,1 ± 5,4	0,324 ± 0,02	53,382 ± 4,16	0,779 ± 0,03	17,29 ± 1,16	13,50 ± 0,463	66,5 ± 0,39
2	-4,60 ± 0,44	0,541 ± 0,03	261,31 ± 15,1	0,764 ± 0,02	141,2 ± 8,69	107,8 ± 8,05	52,2 ± 2,4
3	-45,1 ± 1,2	0,215 ± 0,02	119,30 ± 4,16	0,388 ± 0,02	25,55 ± 1,80	9,935 ± 0,575	51,7 ± 1,9
4	-4,75 ± 0,016	0,820 ± 0,01	523,65 ± 30,7	0,919 ± 0,001	429,2 ± 18,5	394,3 ± 17,4	27,8 ± 1,8
5	-33,9 ± 0,72	0,234 ± 0,001	32,283 ± 0,287	0,514 ± 0,01	7,554 ± 0,572	3,883 ± 0,245	64,8 ± 1,1
6	-36,5 ± 1,1	0,247 ± 0,002	33,423 ± 3,02	0,539 ± 0,03	8,239 ± 0,0760	4,437 ± 0,327	64,4 ± 0,36
7	-36,4 ± 0,62	0,248 ± 0,01	33,613 ± 1,64	0,564 ± 0,02	8,336 ± 0,656	4,697 ± 0,409	65,2 ± 0,43
8	-36,9 ± 1,8	0,190 ± 0,009	174,48 ± 4,08	0,588 ± 0,03	33,16 ± 1,48	19,48 ± 1,53	40,5 ± 3,2
9	-0,964 ± 0,021	0,820 ± 0,007	167,38 ± 6,77	0,850 ± 0,004	137,3 ± 1,47	116,7 ± 3,23	20,5 ± 1,9
10	-10,7 ± 0,56	0,201 ± 0,006	7,1740 ± 0,588	0,302 ± 0,01	1,442 ± 0,107	0,4350 ± 0,0180	77,5 ± 3,6
11	-27,9 ± 1,5	0,248 ± 0,02	76,786 ± 4,70	0,624 ± 0,03	19,00 ± 0,0330	11,86 ± 0,0570	57,5 ± 1,1

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

Para os géis do Calpro 80 (Tabelas 2.13, 2.16 e 2.17) houve interação (pH x concentração de proteínas) apenas nos resultados de coesividade, gomosidade e mastigabilidade ($p < 0,05$). Por outro lado, o componente linear do pH foi significativo para a umidade espremível ($p < 0,05$), e todos os parâmetros de textura ($p < 0,05$), com exceção da dureza que apresentou um nível de significância de 0,0584 ($p > 0,05$). A contribuição linear da concentração protéica não foi significativa apenas para a adesividade e coesividade, embora nos demais parâmetros de textura, tenham apresentado $p < 0,05$. Dentre os dois componentes quadráticos, a gomosidade e a mastigabilidade foram influenciados por ambos ($p < 0,01$), embora a componente do pH tenha influenciado também na coesividade e na umidade espremível, e a concentração de proteína na dureza. Os resultados podem ser observados na Tabela 2.10 e nas Figuras 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.11, 2.13, e 2.15.

TABELA 2.13

Modelo de regressão ajustado para a umidade espremível dos géis dos quatro CPSs.

Fatores de Variação	Calpro 8002			Calpro 80			CPS 60			CPS 80		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	32,5	1,6	0,002	55,3	1,2	0,0005	54,1	2,6	0,03	64,6	0,29	0,0000
Linear												
pH	-10,9	0,95	0,008	-6,99	0,76	0,01	-8,15	1,3	0,1	-8,35	0,18	0,0004
C	-5,06	0,95	0,03	-5,92	0,76	0,02	-6,40	1,3	0,1	-8,47	0,18	0,0004
Quadrático												
pH x pH	1,60	1,1	0,3	-15,1	0,91	0,004	-17,1	1,7	0,06	-16,9	0,21	0,0002
C x C	1,89	1,1	0,2	-0,350	0,91	0,7	-2,51	1,7	0,4	1,57	0,21	0,02
Interação												
pH x C	-1,53	1,3	0,4	-3,12	1,1	0,1	5,08	1,9	0,2	-2,49	0,25	0,01

C = concentração de proteínas

CR = coeficiente da regressão

EP = erro padrão

p = nível de significância

TABELA 2.14

Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (Calpro 8002).

Fatores de Variação	Adesividade			Coesividade			Dureza		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	-5,04	0,27	0,003	0,782	0,0070	0,0001	626,5	9,01	0,0002
Linear									
pH	13,3	0,17	0,0002	0,268	0,0040	0,0002	75,63	5,52	0,005
C	-2,81	0,17	0,004	0,00600	0,0040	0,2898	224,6	5,52	0,0006
Quadrático									
pH x pH	-7,56	0,20	0,0007	-0,175	0,050	0,0008	-227,4	6,57	0,0008
C x C	-5,94	0,20	0,001	-0,0450	0,050	0,01	23,46	6,57	0,07
Interação									
pH x C	1,79	0,24	0,02	0,0340	0,0060	0,03	73,43	7,80	0,01

TABELA 2.15
Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (Calpro 8002)

Fatores de Variação	Elasticidade			Gomosidade			Mastigabilidade		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	0,921	0,0030	0,0000	489,9	3,7	0,0001	461,3	8,5	0,0003
<i>Linear</i>									
pH	0,171	0,0020	0,0001	121,2	2,3	0,0003	116,1	5,2	0,002
C	0,00100	0,0020	0,7	165,5	2,3	0,0002	115,8	5,2	0,001
<i>Quadrático</i>									
pH x pH	-0,152	0,0020	0,0002	-216,4	2,7	0,0002	-209,2	6,2	0,0009
C x C	-0,0140	0,0020	0,02	7,350	2,7	0,1119	-0,9800	6,2	0,9
<i>Interação</i>									
pH x C	0,0660	0,0020	0,001	82,90	3,2	0,0015	86,09	7,3	0,007

De todas as variáveis analisadas nos géis do CPS 60 (Tabelas 2.13, 2.18 e 2.19), o componente quadrático do pH foi o que menos afetou o perfil de textura e a umidade espremível, onde foi significativo apenas para a elasticidade ($p < 0,05$). O efeito linear do pH foi significativo apenas para o perfil de textura ($p < 0,05$). A influência da concentração protéica (linear e quadrática) foi importante na dureza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade com $p < 0,05$. Não foi observado nenhum efeito das variáveis independentes na umidade espremível dos géis. Os dados do perfil de textura e umidade espremível destes géis estão representados na Tabela 2.11 e nas Figuras 2.4, 2.6, 2.8, 2.10, 2.12, 2.14, e 2.16.

TABELA 2.16
Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (Calpro 80)

Fatores de Variação	Adesividade			Coesividade			Dureza		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	-27,5	3,0	0,01	0,267	0,015	0,003	130,0	21,3	0,03
<i>Linear</i>									
pH	20,2	1,8	0,008	0,262	0,0090	0,001	51,54	13,0	0,06
C	3,29	1,8	0,2	0,0270	0,0090	0,1	145,9	13,0	0,008
<i>Quadrático</i>									
pH x pH	0,180	2,2	0,9	0,139	0,011	0,01	63,55	15,5	0,05
C x C	-0,100	2,2	0,9	0,0140	0,011	0,3	77,33	15,5	0,04
<i>Interação</i>									
pH x C	-3,55	2,6	0,3	0,0950	0,013	0,02	52,40	18,4	0,1

As análises de variância dos modelos de regressão dos fatores utilizados na elaboração dos géis do CPS 80 mostraram que os efeitos lineares, quadráticos e as interações foram muito importantes na definição de todos os parâmetros de textura e

umidade espremível destes géis ($p < 0,05$), sendo que não sofreram efeitos apenas a adesividade e a elasticidade com relação ao componente linear da concentração de proteínas, e no caso da elasticidade, o componente quadrático da concentração (Tabelas 2.13, 2.20 e 2.21). A Tabela 2.12 e as Figuras 2.5, 2.7, 2.9, 2.11, 2.13, 2.15, e 2.17 mostram os dados do perfil de textura e umidade espremível dos géis do CPS 80.

TABELA 2.17

Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (Calpro 80)

Fatores de Variação	Elasticidade			Gomosidade			Mastigabilidade		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	0,791	0,028	0,001	34,15	3,9	0,01	27,17	3,9	0,02
Linear									
pH	0,148	0,017	0,01	101,0	2,4	0,0006	96,68	2,4	0,0006
C	0,0860	0,017	0,04	73,34	2,4	0,001	70,45	2,4	0,001
Quadrático									
pH x pH	-0,0460	0,021	0,2	61,33	2,9	0,002	53,47	2,9	0,003
C x C	-0,0620	0,021	0,1	39,31	2,9	0,005	34,55	2,9	0,007
Interação									
pH x C	0,0680	0,025	0,1	100,1	3,4	0,001	104,0	3,4	0,001

TABELA 2.18

Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (CPS 60)

Fatores de Variação	Adesividade			Coesividade			Dureza		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	-27,8	3,5	0,08	0,527	0,015	0,02	255,3	5,79	0,01
Linear									
pH	24,4	1,8	0,04	0,267	0,0070	0,02	72,50	2,90	0,03
C	3,95	1,8	0,3	0,00200	0,0070	0,9	202,3	2,90	0,009
Quadrático									
pH x pH	-1,96	2,3	0,5	-0,0130	0,010	0,4	27,22	3,83	0,09
C x C	-4,04	2,3	0,3	-0,00300	0,010	0,8	79,65	3,83	0,03
Interação									
pH x C	-12,8	2,5	0,1	-0,0110	0,010	0,5	145,7	4,10	0,02

TABELA 2.19

Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (CPS 60)

Fatores de Variação	Elasticidade			Gomosidade			Mastigabilidade		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	0,801	0,00030	0,0002	134,5	6,7	0,03	107,7	5,41	0,03
<i>Linear</i>									
pH	0,176	0,00010	0,0005	120,1	3,4	0,02	117,0	2,78	0,01
C	-0,0120	0,00010	0,007	119,9	3,4	0,02	106,6	2,78	0,02
<i>Quadrático</i>									
pH x pH	-0,0560	0,00020	0,002	8,880	4,5	0,3	10,56	3,64	0,2
C x C	-0,0320	0,00020	0,003	57,51	4,5	0,04	53,30	3,64	0,04
<i>Interação</i>									
pH x C	0,101	0,00020	0,001	125,0	4,8	0,02	118,9	3,83	0,02

TABELA 2.20

Modelo de regressão ajustado para a adesividade, coesividade e dureza (CPS 80)

Fatores de Variação	Adesividade			Coesividade			Dureza		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	-35,6	0,85	0,0006	0,243	0,0040	0,0003	33,11	0,412	0,0002
<i>Linear</i>									
pH	21,3	0,52	0,0006	0,214	0,0030	0,0002	75,28	0,251	0,0000
C	1,80	0,52	0,07	0,0300	0,0030	0,008	53,34	0,251	0,0000
<i>Quadrático</i>									
pH x pH	4,43	0,62	0,02	0,159	0,0030	0,0004	102,2	0,308	0,0000
C x C	4,26	0,62	0,02	0,0180	0,0030	0,03	37,68	0,308	0,0001
<i>Interação</i>									
pH x C	-9,78	0,74	0,006	0,0970	0,0040	0,002	49,10	0,365	0,0001

TABELA 2.21

Modelo de regressão ajustado para a elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (CPS 80)

Fatores de Variação	Elasticidade			Gomosidade			Mastigabilidade		
	CR	EP	p	CR	EP	p	CR	EP	p
Constante	0,539	0,014	0,0007	8,043	0,25	0,0009	4,336	0,24	0,0030
<i>Linear</i>									
pH	0,111	0,0091	0,006	84,39	0,15	0,0000	77,01	0,15	0,0000
C	0,0274	0,0091	0,09	40,12	0,15	0,0000	37,38	0,15	0,0000
<i>Quadrático</i>									
pH x pH	0,120	0,010	0,007	65,04	0,18	0,0000	55,43	0,17	0,0000
C x C	-0,00813	0,010	0,5	27,51	0,18	0,0000	24,47	0,17	0,0001
<i>Interação</i>									
pH x C	0,137	0,012	0,008	69,92	0,21	0,0000	72,50	0,21	0,0000

Os resultados provaram que as variáveis pH e concentração de proteínas tiveram um grande efeito sobre o perfil de textura e umidade espremível dos géis à base de proteínas do soro. As tabelas de análise de variância (ANOVA) encontram-se no Apêndice B.

A representação gráfica das superfícies de resposta possibilitou uma melhor visualização e interpretação das variáveis medidas neste trabalho, em função do pH e da concentração protéica, estando representadas nas Figuras 2.3 a 2.16 nas páginas seguintes de 79 a 92.

A adesividade dos géis do Calpro 8002 (Figura 2.3) teve um comportamento diferenciado em relação aos géis dos outros concentrados (Figura 2.3 e 2.4). Valores máximos foram encontrados na faixa de pH de 6,5 a 10,0 e concentração de proteínas de 9,5 a 11,5%, sendo que nos géis do Calpro 80 e CPS 60 os valores máximos de adesividade foram nos valores de pH acima de 9,0 em toda faixa de concentração protéica, e nos géis do CPS 80, acima do pH 10,0 e concentração até 9,4%, diminuindo acima destes valores.

A coesividade dos géis de CPS foi mais representativa nos géis do Calpro 8002, pois apresentaram um ponto ótimo (máximo) representado pela superfície de resposta em torno do pH 8,5 e concentração de proteínas de 11,0%. Para os concentrados Calpro 80 e CPS 80, os géis foram mais coesos acima do pH 10,0 e concentração protéica de 11,5% e como não houve interação entre pH e concentração de proteínas para os resultados de coesividade dos géis de CPS 60, a superfície foi linear com valores crescentes em função do pH e independente da concentração de proteínas (Figuras 2.5 e 2.6). Estes valores de maior coesividade em valores de pH mais elevados, são devido à formação de ligações dissulfídicas pela oxidação dos grupos SH, que são favorecidas nestas condições.

As Figuras 2.7 e 2.8 ilustram o comportamento de dureza dos géis frente a diferentes concentrações de proteína e valores de pH. A dureza foi mínima em valores de pH próximos da neutralidade e concentrações de proteínas abaixo de 10,5% para o Calpro 80 e CPS 80. Valores opostos foram observados para os géis do Calpro 8002 com valores mínimos abaixo do pH 3,0 e concentrações de proteínas de 9,0% a 12,0%, e acima do pH 9,0 e concentrações de proteínas entre 9,0% e 10,5%. Para os géis do CPS 60, a dureza apresentou baixos valores em pH acima de 6,5, e concentração de proteínas abaixo de 9,5%. Valores máximos foram encontrados acima do pH 10,0 e concentração 12,0% em todos os géis de CPS, exceto os do Calpro 8002.

As Figuras 2.9 e 2.10 ilustram as superfícies de resposta que representam a elasticidade dos géis. Os géis do Calpro 8002 tiveram uma maior elasticidade na faixa

de pH de 6,5 a 10,0, em toda faixa de concentração protéica, e do CPS 60 em pH acima de 9,0 e concentração de proteínas de 10,5%. Para os géis do Calpro 80 e CPS 80, valores mais altos foram encontrados acima do pH 10,0 e concentração 11,5%.

Os géis não apresentaram fraturabilidade em nenhum dos quatro planejamentos experimentais.

A gomosidade e a mastigabilidade tenderam a um comportamento similar. Os géis dos concentrados Calpro 80, CPS 60 e CPS 80 apresentaram valores máximos acima do pH 10,0 e concentração protéica de 12,0% e do Calpro 8002 foram observados na faixa de pH 6,5 a 9,5, e concentrações acima de 11,5% (Figuras 2.11 a 2.14).

A umidade espremível foi maior nos géis em valores de pH abaixo de 3,0 em qualquer concentração para o Calpro 8002 e concentrações de proteínas abaixo de 9,4% para o CPS 60. Entre os valores de pH 4,5 e 8,0 e concentrações abaixo de 11,0%, foram observados valores máximos para os géis do Calpro 80 e na mesma faixa de pH e concentrações abaixo de 10,0% para os géis do CPS 80 (Figuras 2.15 e 2.16).

Atualmente tem-se empregado o planejamento experimental para a otimização dos sistemas em análise e diminuição do número de experimentos e do tempo que cada experimento levaria se não fosse utilizada tal ferramenta. Os resultados podem ser obtidos rapidamente, com um grau de precisão muito alto, sendo estatisticamente significativos (Khuri & Cornell, 1996).

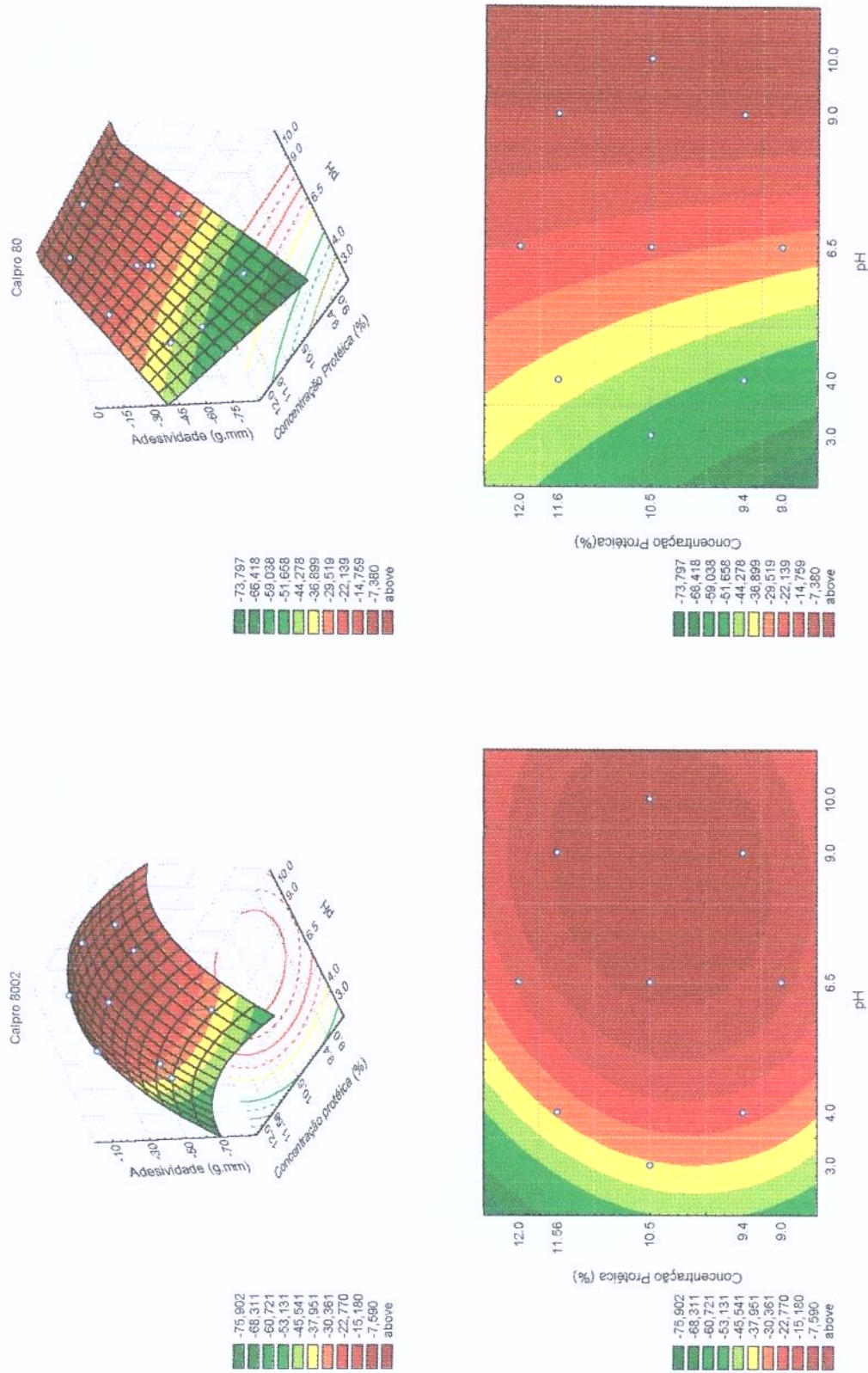


Figura 2.3 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na adesividade dos géis dos Calpros 8002 e 80.

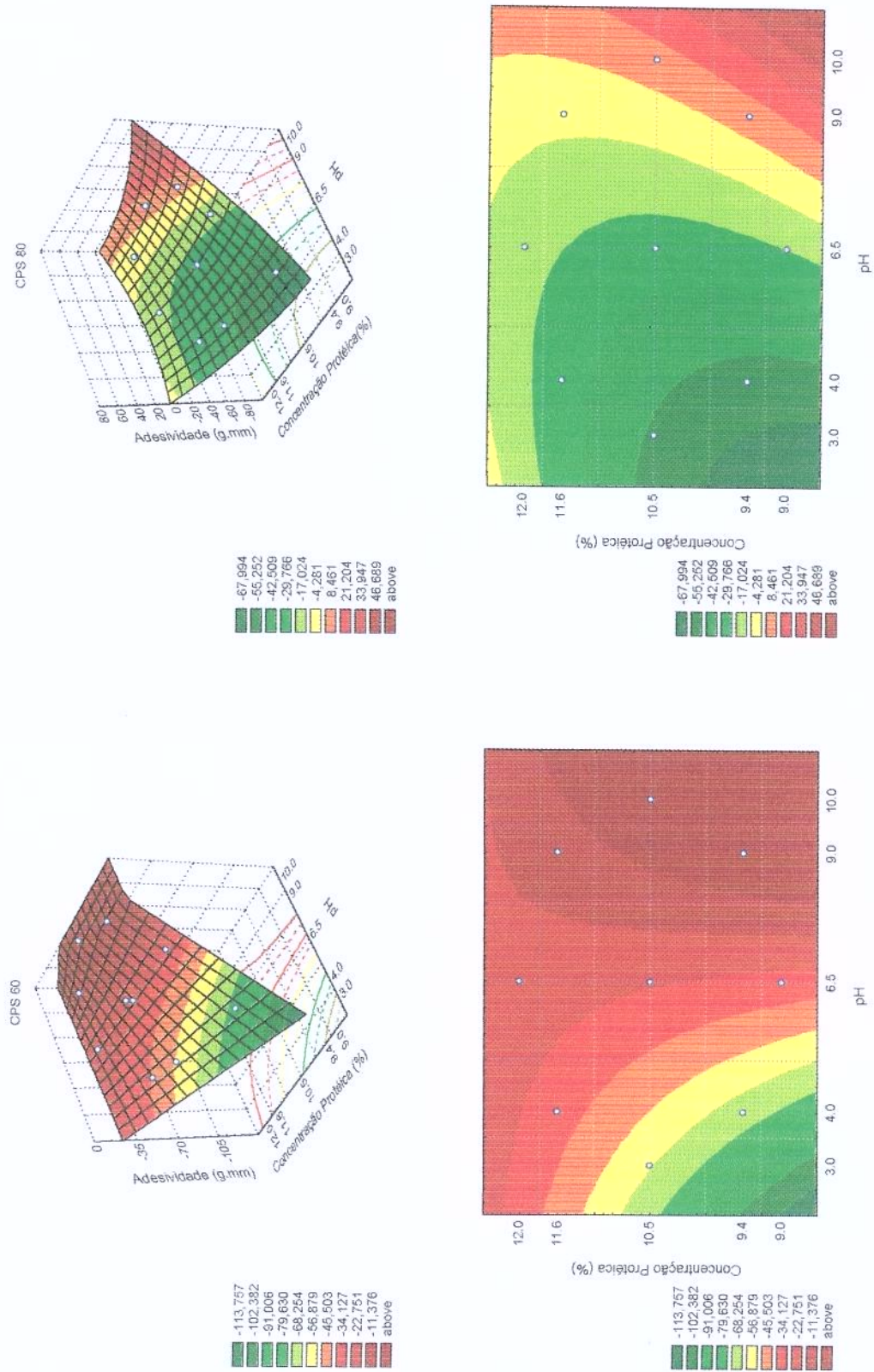


Figura 2.4 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na adesividade dos géis dos CPSs 60 e 80.

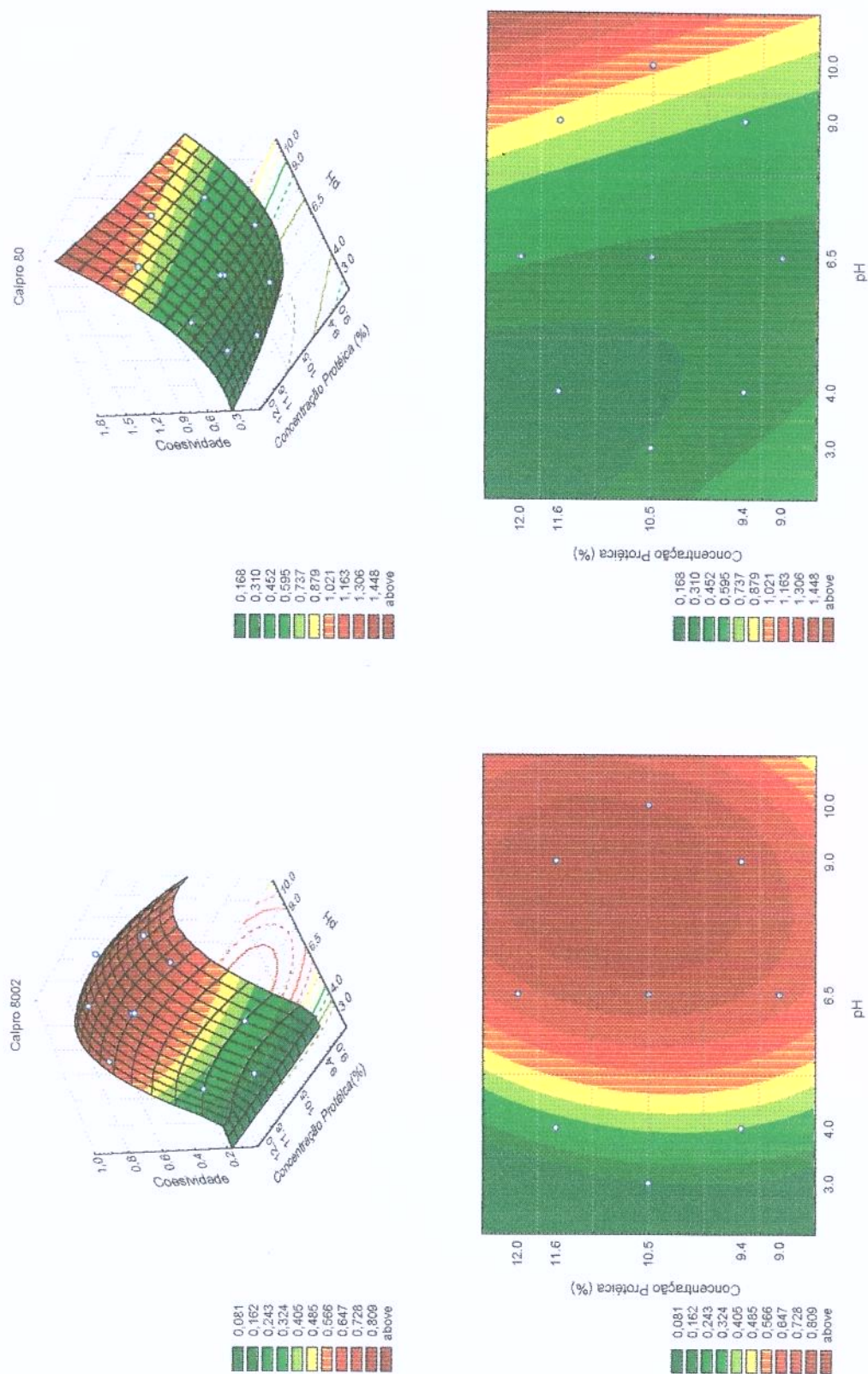


Figura 2.5 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na coesividade dos géis dos Calpros 8002 e 80.

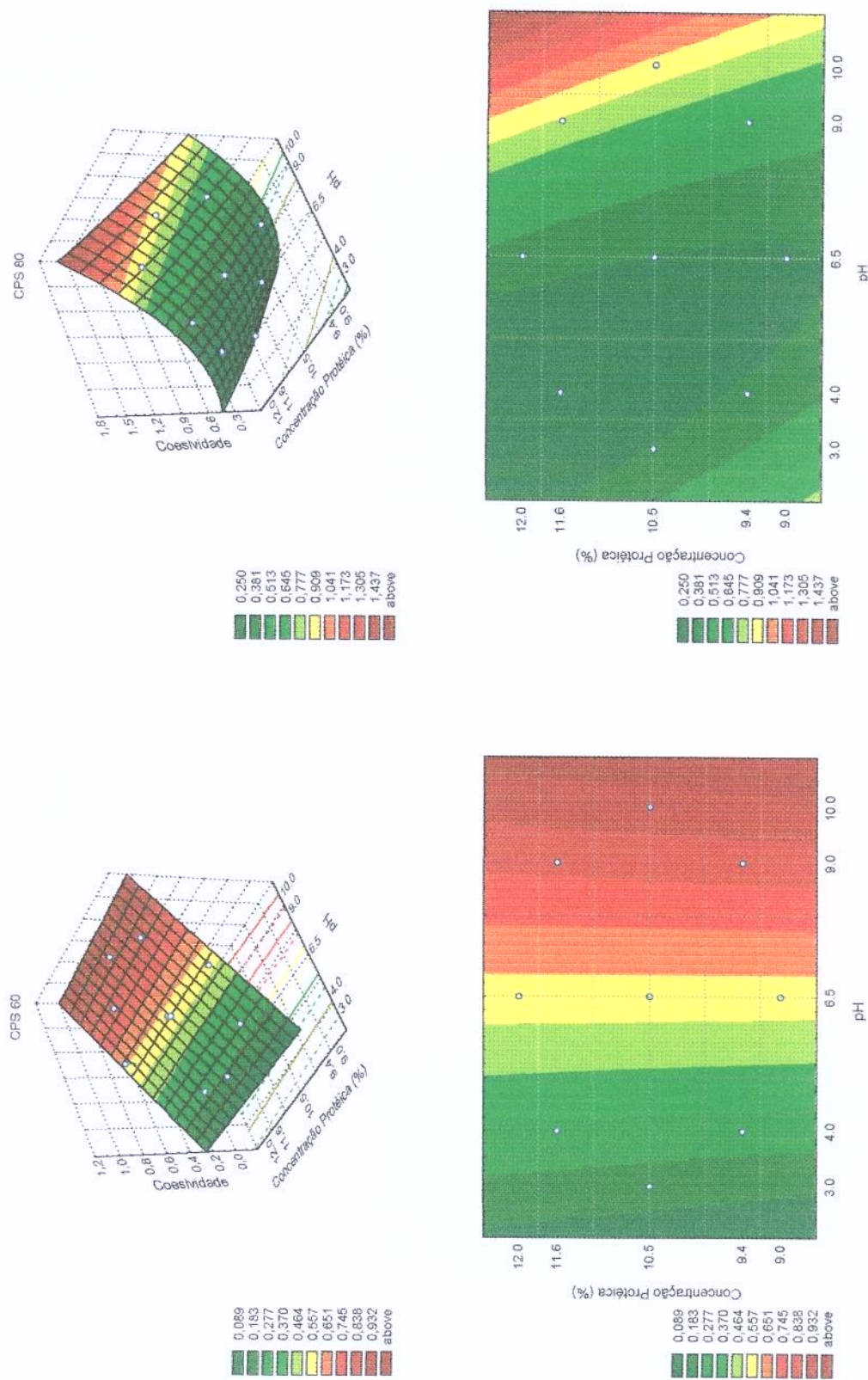


Figura 2.6 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na coesividade dos géis dos CPSs 60 e 80.

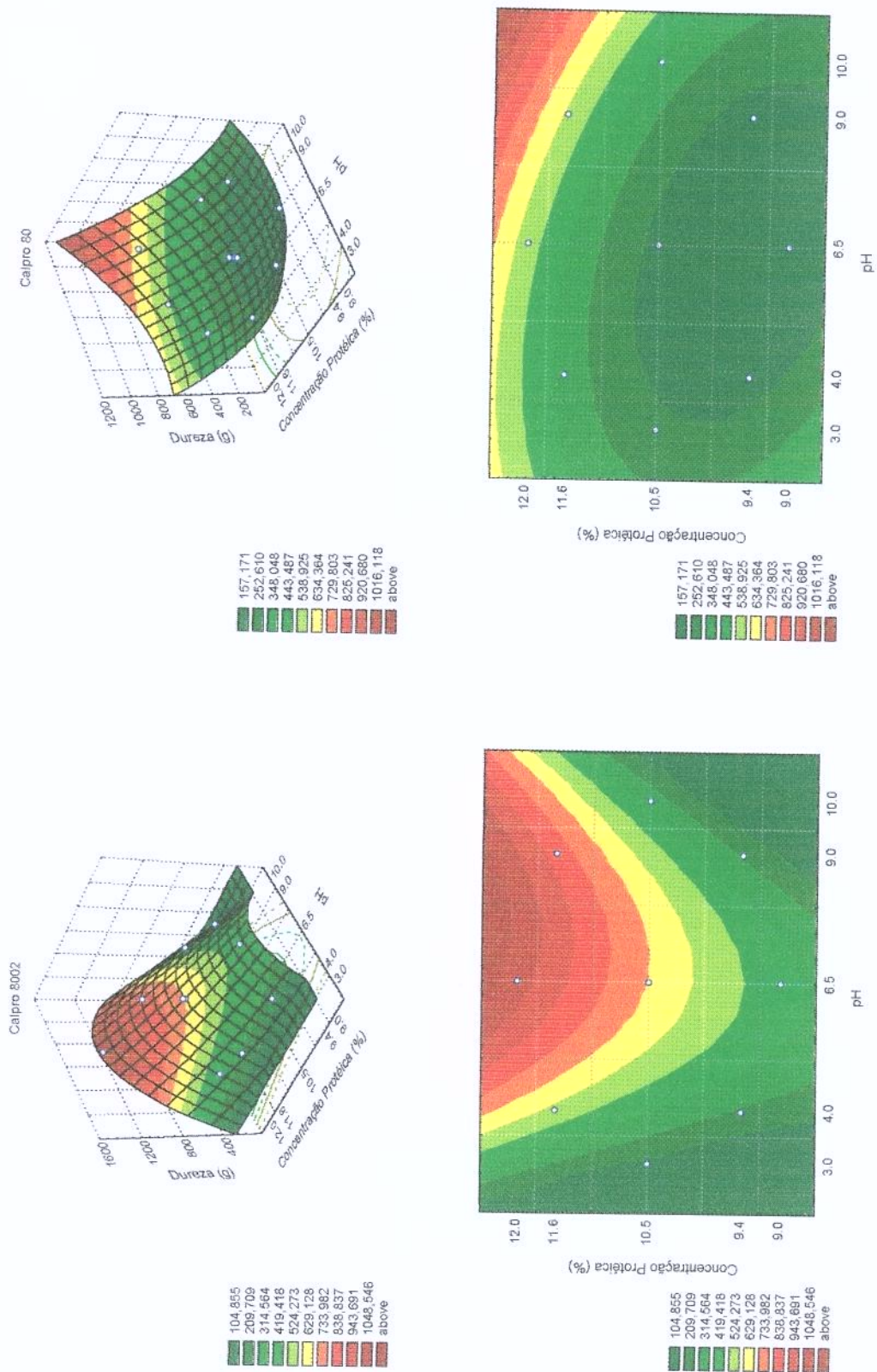


Figura 2.7 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na dureza dos géis dos Calpros 8002 e 80.

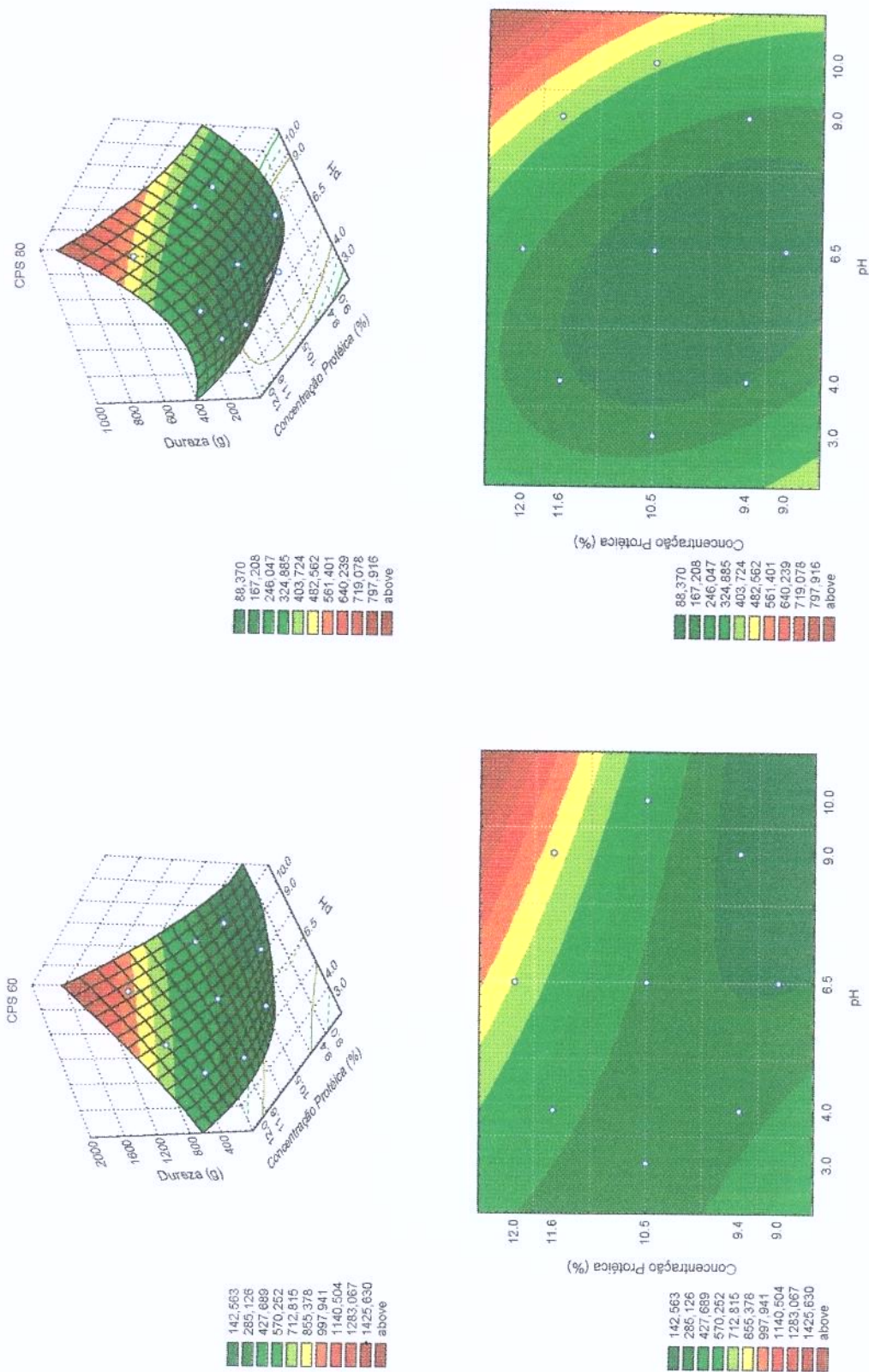


Figura 2.8 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na dureza dos géis dos CPSs 60 e 80.

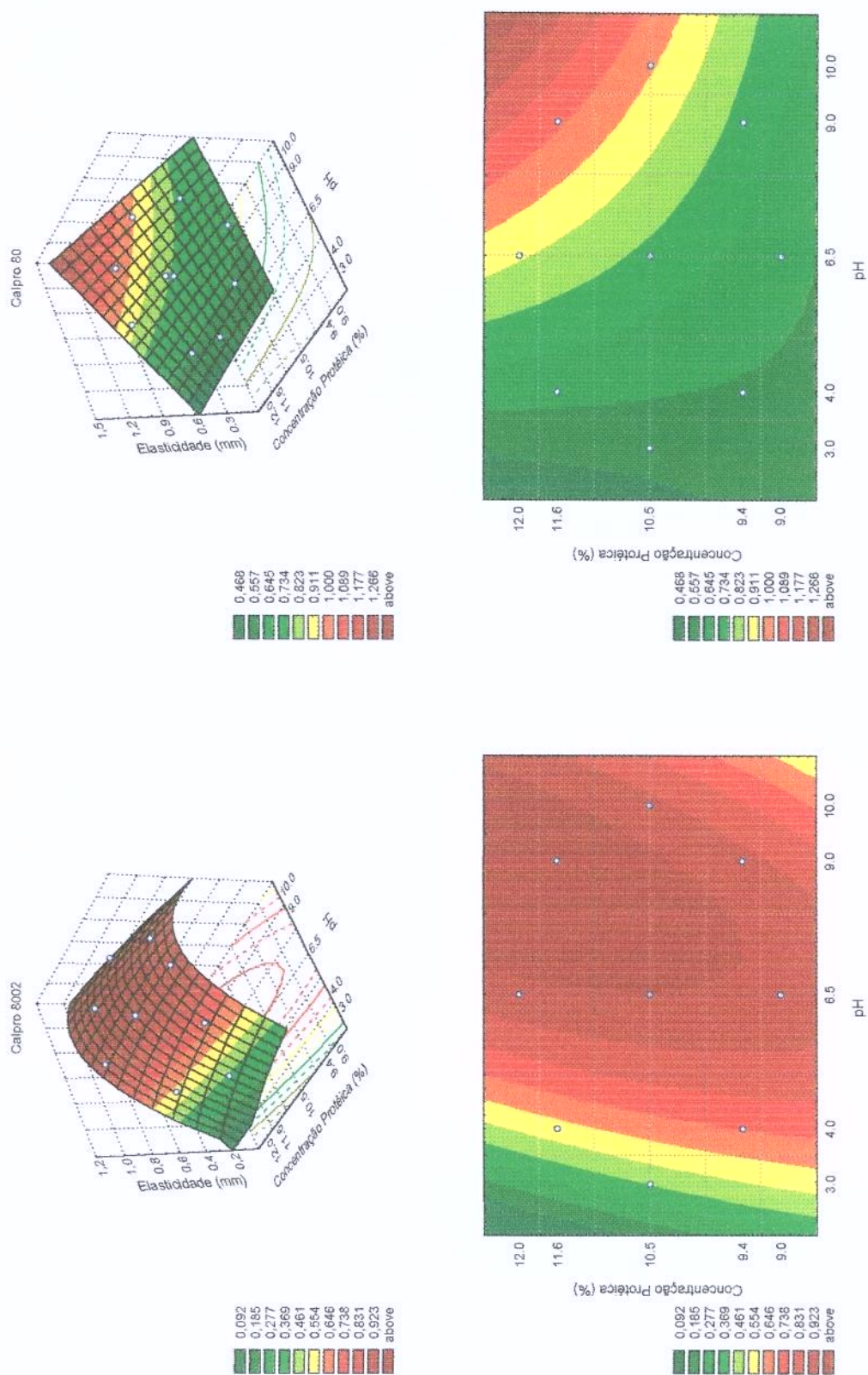


Figura 2.9 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na elasticidade dos géis dos Calpros 8002 e 80.

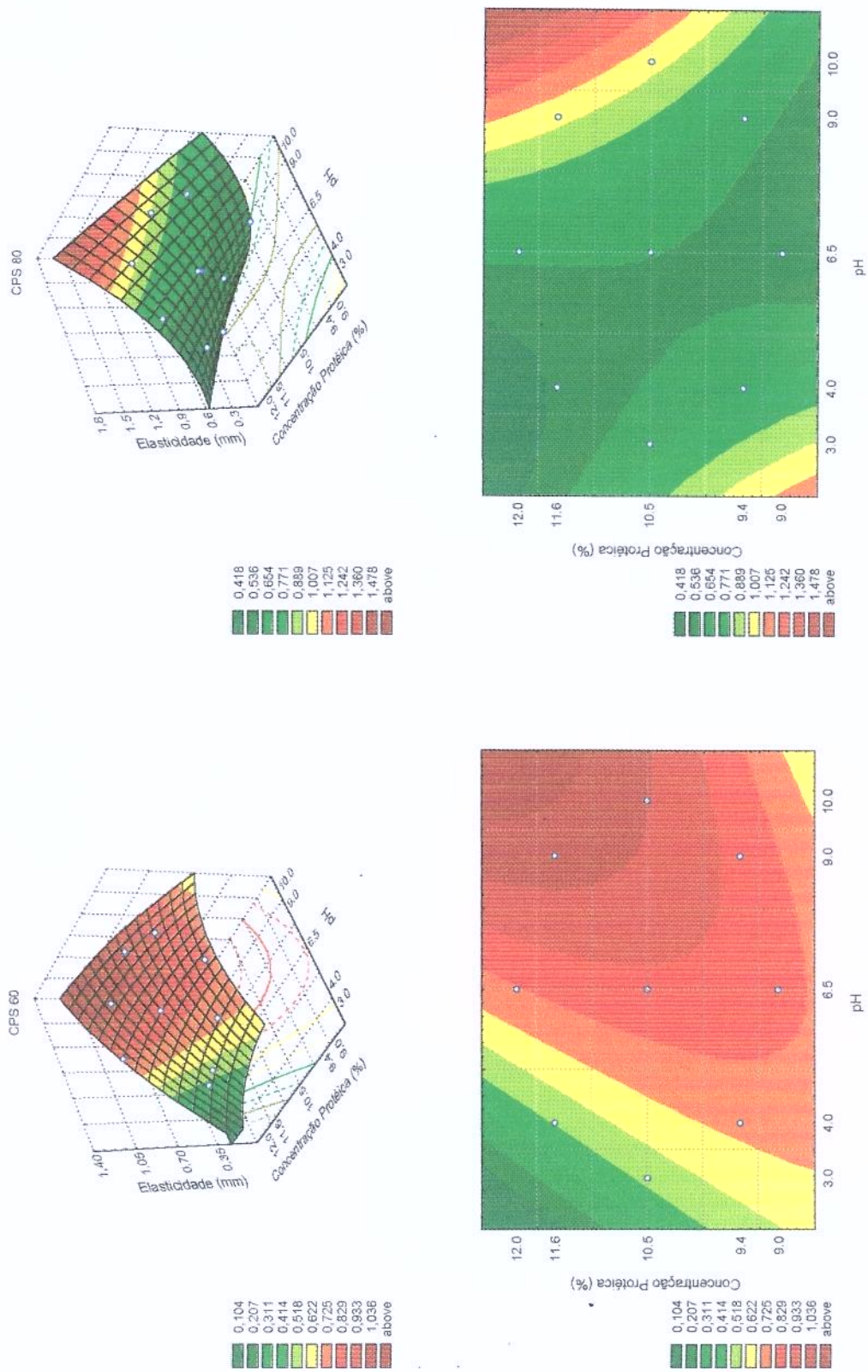


Figura 2.10 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na elasticidade dos géis dos CPSs 60 e 80.

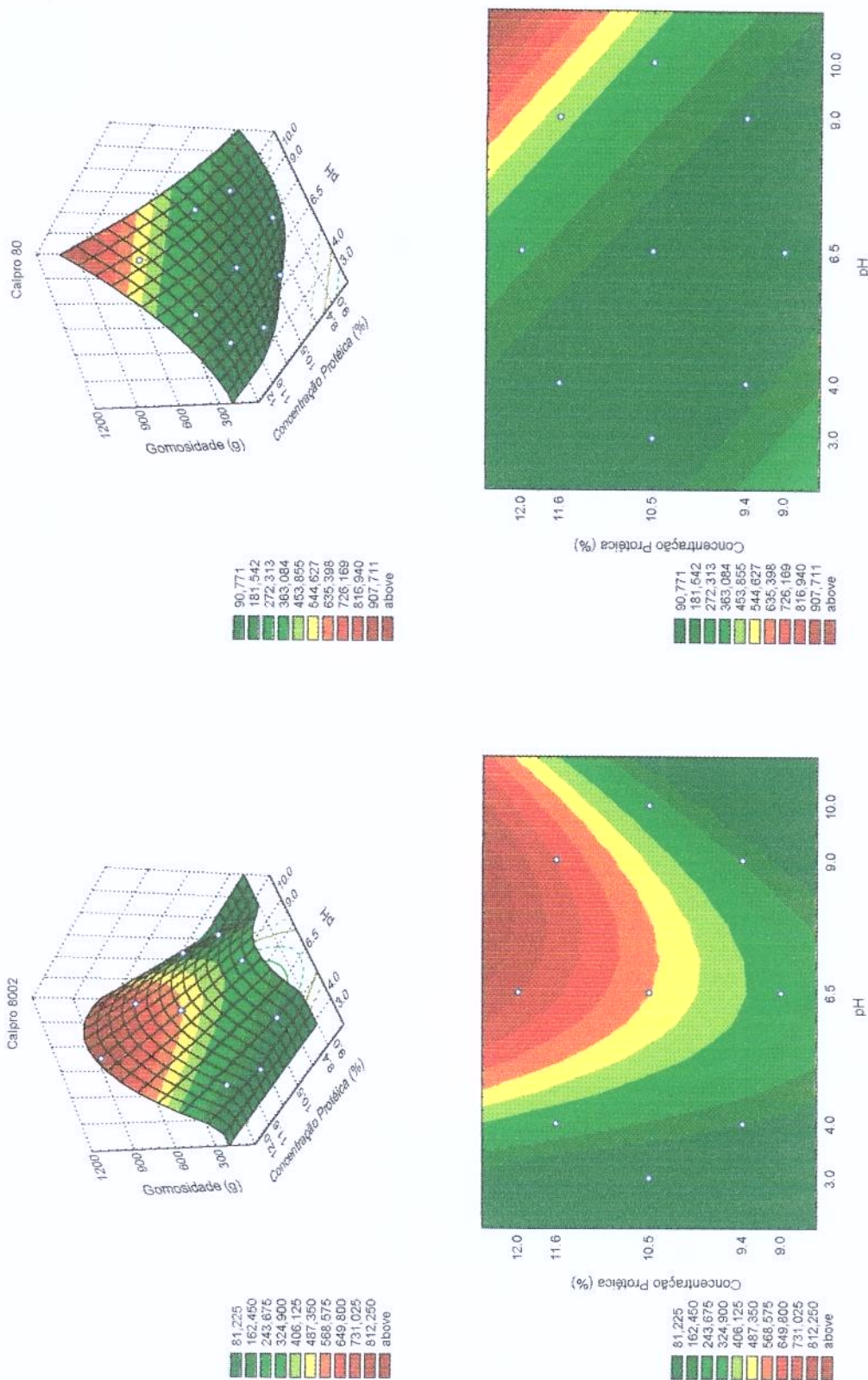


Figura 2.11 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na gomosidade dos géis dos Calpros 8002 e 80.

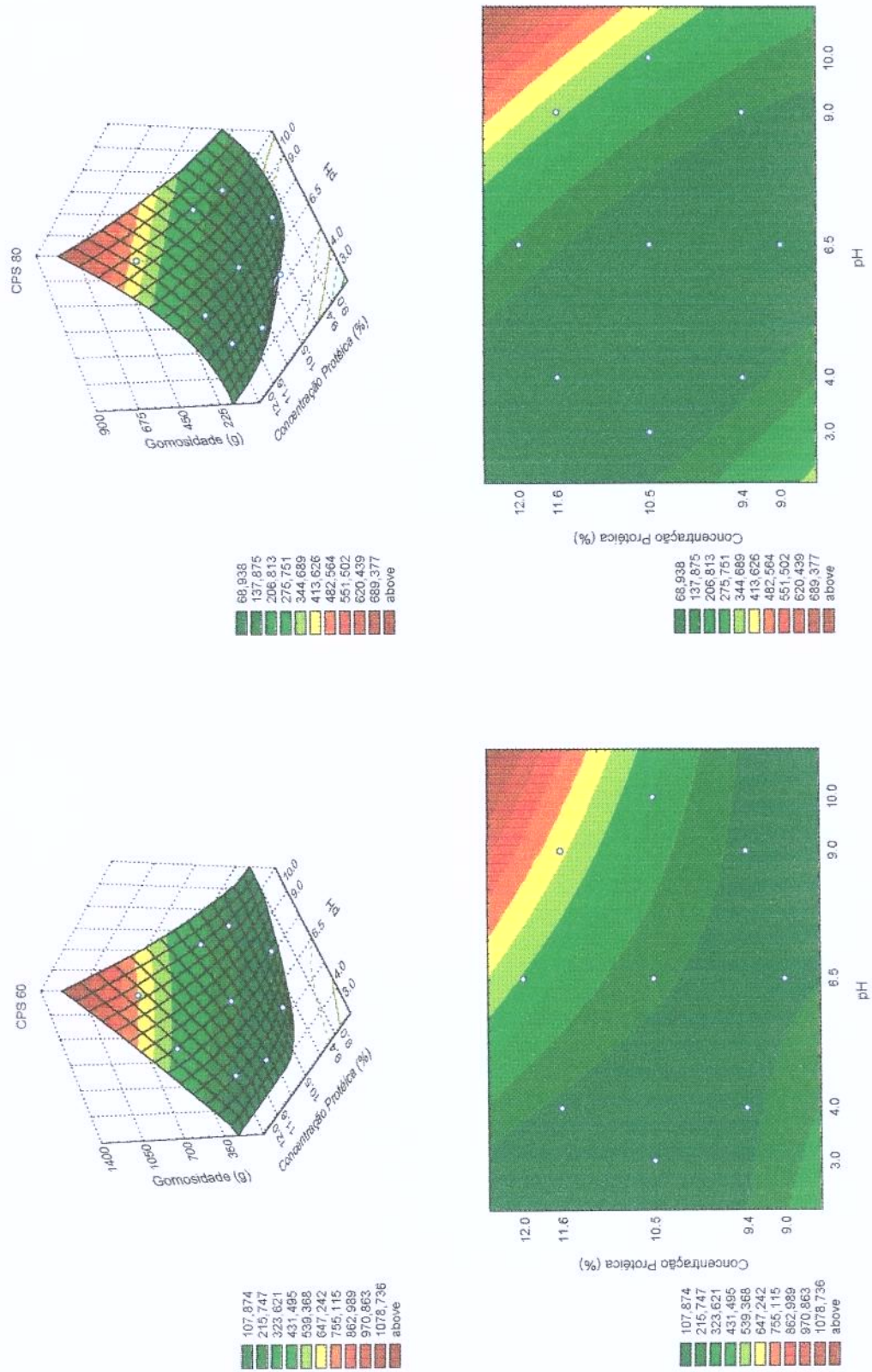


Figura 2.12 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na gomosidade dos géis dos CPSs 60 e 80.

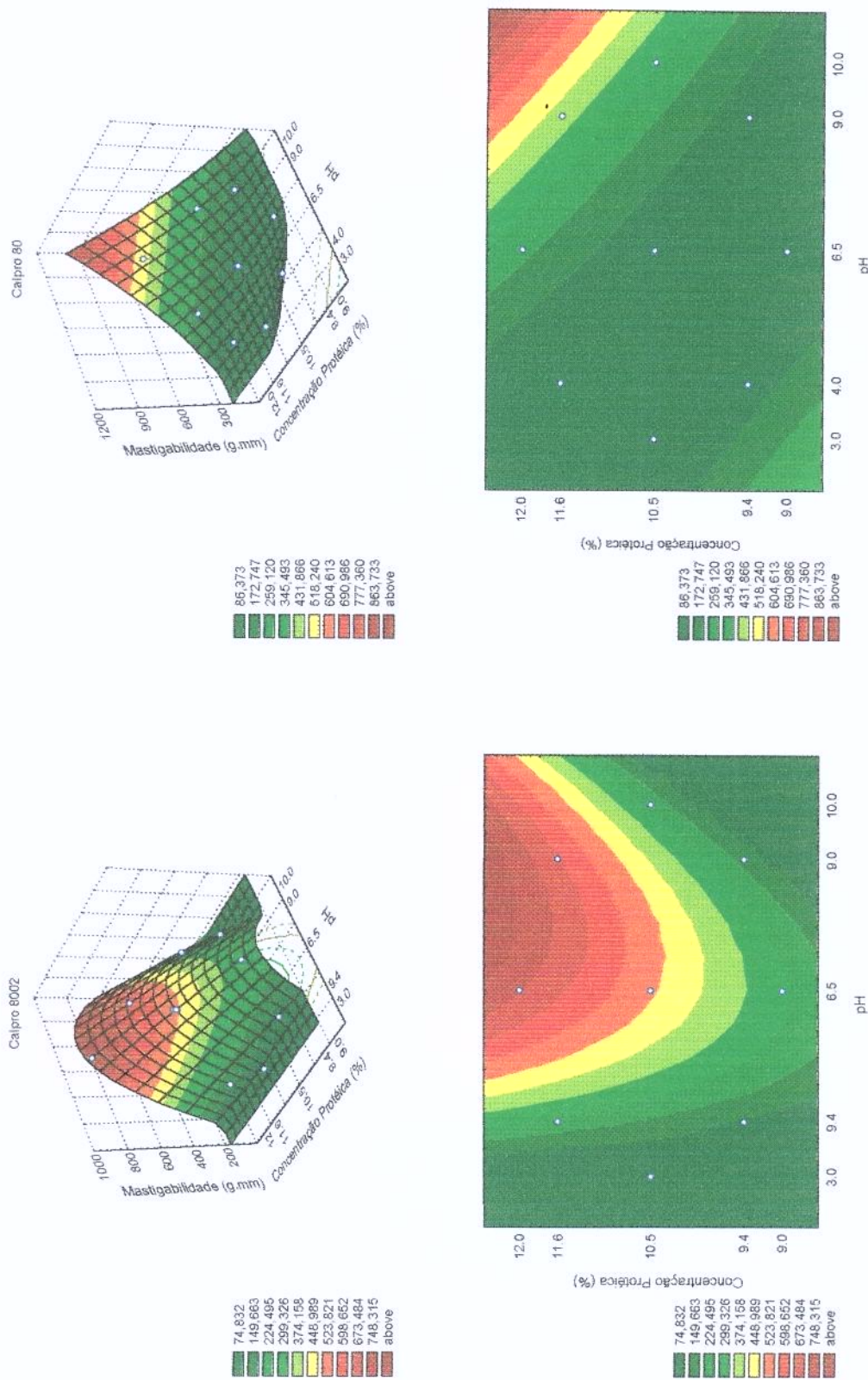


Figura 2.13 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na mastigabilidade dos géis dos Calpros 8002 e 80.

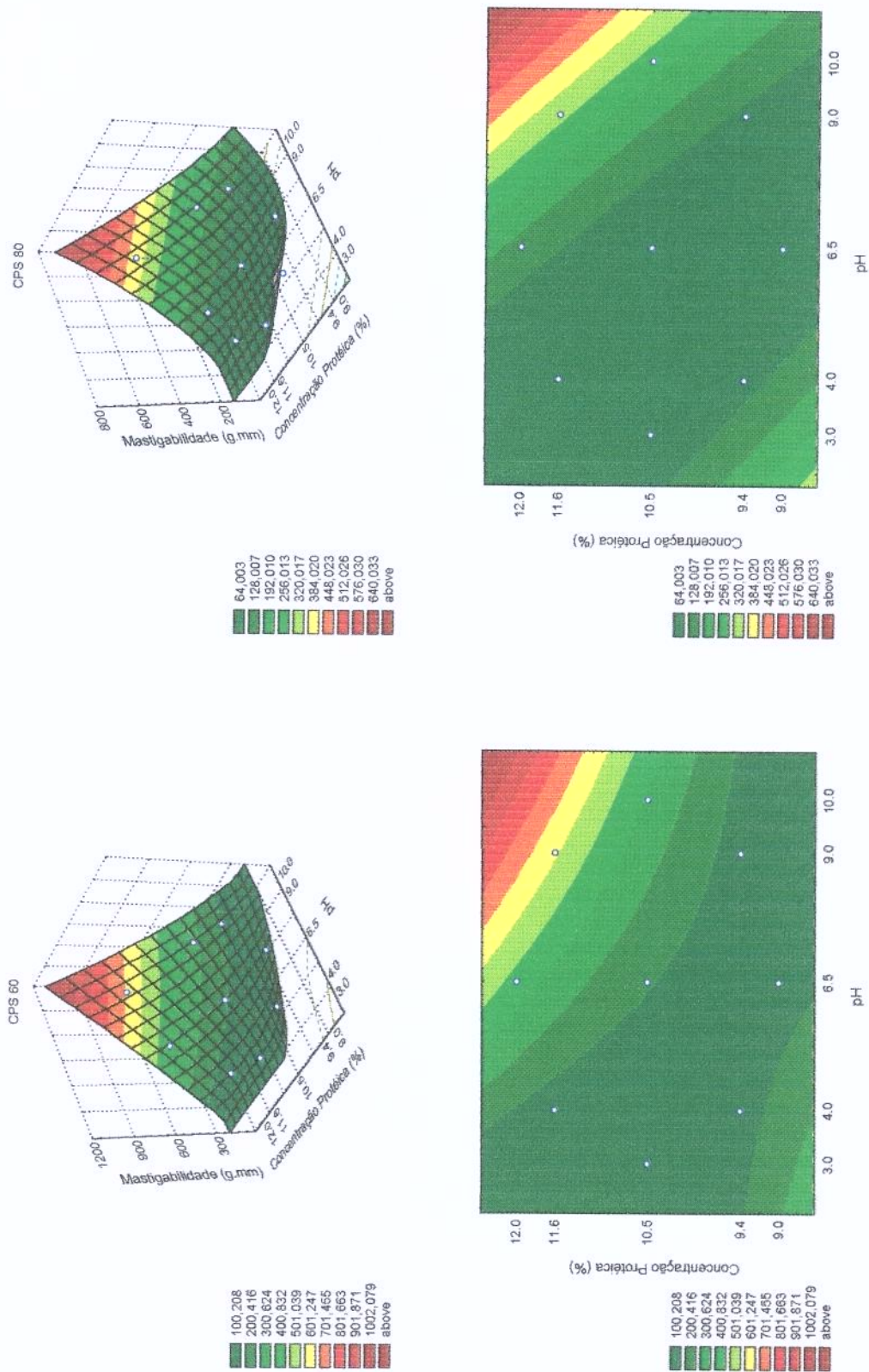


Figura 2.14 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na mastigabilidade dos géis dos CPSs 60 e 80.

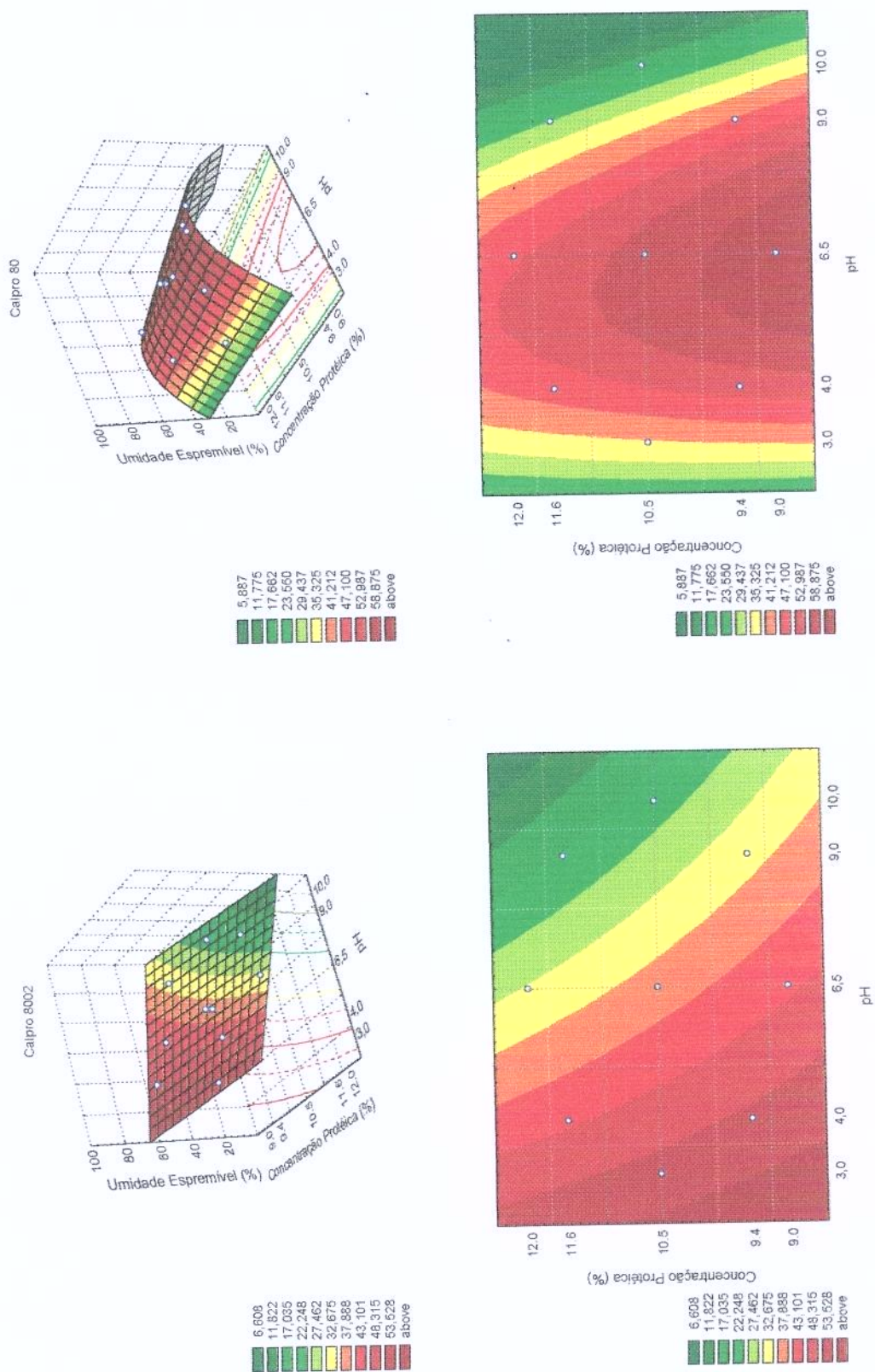


Figura 2.15 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na umidade espremível dos géis dos Calpros 8002 e 80.

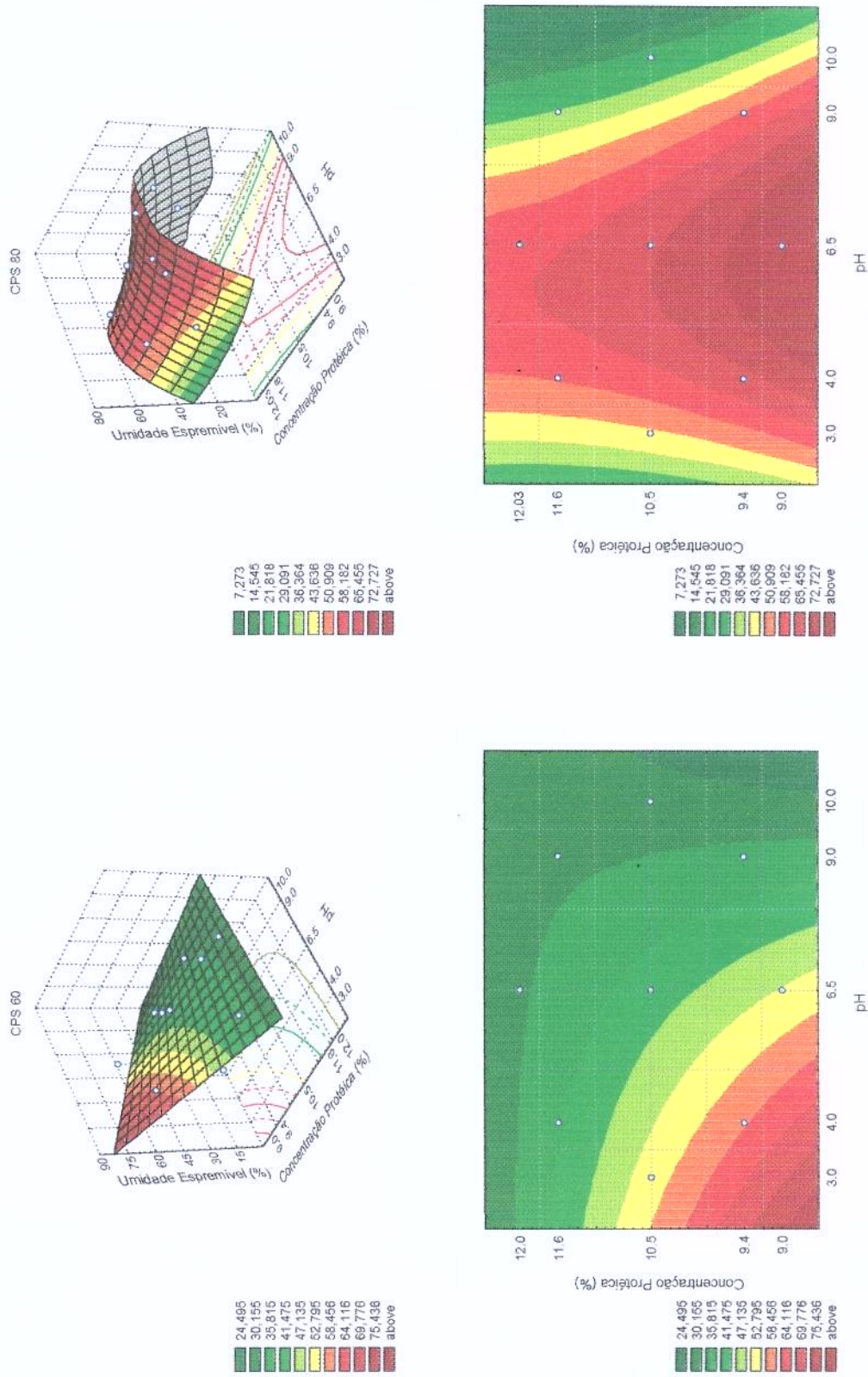


Figura 2.16 - Superfícies de resposta e curvas de nível do efeito do pH e da concentração de proteínas na umidade espreável dos géis dos CPSs 60 e 80.

3.3.3. Fatores que Podem Influenciar na Formação dos Géis de Concentrados Protéicos de Soro de Leite

3.3.3.1. Sulfidrilas Total e Reativa

A Tabela 2.22 mostra os valores de sulfidrilas totais e reativas encontrados nos quatro CPSs, conforme descrito no item 2.2. As ligações covalentes de proteínas via pontes dissulfídicas conferem elasticidade aos géis produzidos em pH neutro a alcalino. Por causa da baixa reatividade dos grupos tióis em pH ácido, as ligações dissulfídicas não ocorrem em géis produzidos em pH ácido (Shimada & Cheftel, 1989). Este comportamento pode ser observado nos resultados de elasticidade dos quatro concentrados (Figuras 2.9 e 2.10).

TABELA 2.22
Sulfidrilas total e reativa dos CPSs.

Amostra	SH total ($\mu\text{moles/g}$)	SH reativo ($\mu\text{moles/g}$)
<i>Calpro 8002</i>	$14,11 \pm 0,743$	$12,96 \pm 1,35$
<i>Calpro 80</i>	$12,36 \pm 0,722$	$11,69 \pm 0,264$
<i>CPS 60</i>	$5,794 \pm 0,222$	$2,378 \pm 0,391$
<i>CPS 80</i>	$12,08 \pm 0,407$	$11,15 \pm 0,466$

Os concentrados Calpro 8002, Calpro 80 e CPS 80 apresentaram concentrações aproximadas de sulfidrilas totais e reativas, o que pode ter auxiliado na boa capacidade de gelatinização destes géis. O CPS 60 foi o que teve o menor conteúdo de grupos SH totais e reativos (Figura 2.17), prejudicando sua propriedade de gelatinização. A reação de troca de grupos SH em pontes S-S é favorecida em valores de pH acima de 6,8 devido a mudanças conformacionais da molécula de proteína levando à formação de ligações cruzadas covalentes. Em baixos valores de pH, os grupos SH são relativamente inertes e não contribuem para a manutenção da estrutura protéica. Nessa condição, as forças atrativas envolvidas são principalmente iônicas e hidrofóbicas. Na β -Lg os grupos SH tornam-se altamente reativos em valores de pH acima de 7,5.

Mangino *et al.* (1987) mostraram que os efeitos dos grupos sulfidrilas na força dos géis de CPS foram fortemente dependentes do pH. Em valores de pH abaixo de 7,0, o efeito do conteúdo de sulfidrilas pouco influenciou na força do gel. Em valores de pH mais elevados, o efeito dos grupos sulfidrilas foi mais significativo.

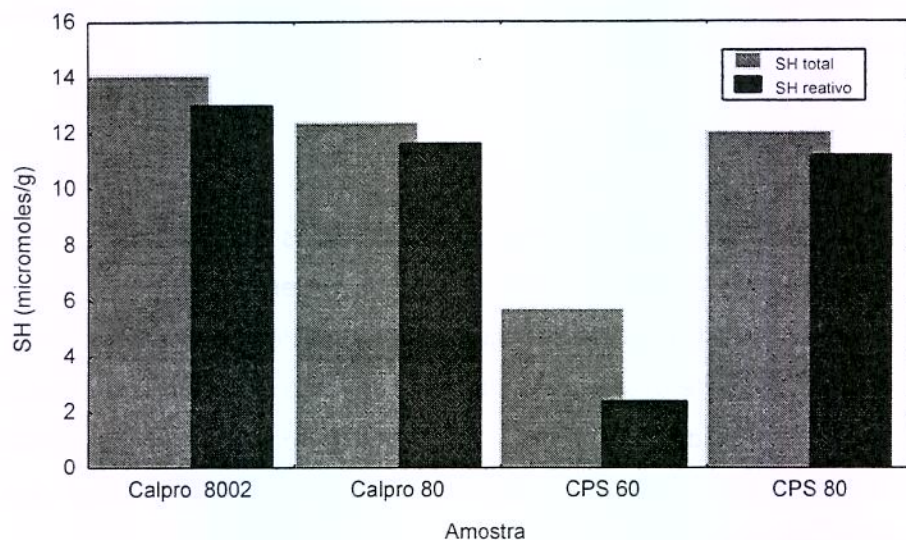


Figura 2.17 – Conteúdo de sulfidrilas totais e reativas dos quatro CPSs.

3.3.3.2. Concentração Protéica

Uma concentração mínima de proteína é necessária para a formação de géis de CPS (Paulsson *et al.*, 1986), e existe uma correlação forte entre concentração protéica e pH da solução para que um gel verdadeiro seja formado (Mangino, 1984). Alguns autores sugerem que para obter um melhor comportamento destes géis, deve-se variar a concentração protéica de 4,0 a 14,0%, em diversos valores de pH (Barker & Morr, 1986; Morr & Foegeding 1990; Morr & Ha, 1993). Neste trabalho foram utilizadas variações de concentração entre 9,0 e 12,0%, que está dentro da faixa de formação de géis citada pela literatura.

3.3.3.3. pH

A gelatinização das proteínas do soro ocorre sob um grande faixa de valores de pH (entre 2,5 e aproximadamente 9,5) (Bernal & Jelen, 1985). Fora desta região, a repulsão eletrostática entre moléculas de proteína torna-se excessivamente forte, embora neste trabalho tenham sido obtidos bons resultados do perfil de textura e umidade espremível no pH 10,0 (Tabelas 2.9 a 2.12). A polimerização das proteínas do soro via pontes S-S intermoleculares depende do pH da solução e da temperatura de aquecimento (Monahan *et al.*, 1995). O pH tem um efeito marcante na estrutura (Tabelas 2.14 a 2.21) e na quantidade de água que pode ser ligada às proteínas (Tabela 2.13),

podendo também afetar a extensão das interações proteína-proteína de natureza iônica (Mangino, 1984; de Wit, 1988).

Schmidt *et al.* (1984) estudaram a gelatinização termo-induzida das proteínas do soro em vários valores de pH. Em valores de pH menores que 6,0, foram formados géis parecidos com coágulos e com baixa elasticidade, diferente dos géis obtidos em valores de pH de 7,0 a 9,0. A força dos géis entretanto, diminuiu como o aumento do pH da solução e em pH 10,0 não ocorreu a gelatinização das proteínas.

Tang *et al.* (1995) observaram que géis de CPS a 12,0% de concentração protéica tiveram uma dureza muito baixa e quase constante entre os valores de pH 2,5 e 5,5. A dureza aumentou em valores de pH entre 5,5 e 7,5. O gel que apresentou maior dureza foi formado em pH 7,5, acima deste pH a dureza diminuiu.

3.3.3.4. Tratamento Térmico

A pasteurização dos leites e dos soros A e B pode ter influenciado no perfil de textura dos géis, pois estes apresentaram propriedades de gelatinização inferiores ao Calpro 8002 e Calpro 80. Tratamentos térmicos afetam não apenas a quantidade total de proteínas solúveis, mas também a razão de β -Lg e α -La. Phillips *et al.* (1994) concluíram que a desnaturação térmica da β -lactoglobulina depende do pH e sua estrutura possui uma estabilidade térmica na faixa de pH 5,0 a 7,0. A temperatura de desnaturação da α -La é também afetada pelo pH, sendo menor em pH 3,5 que no intervalo de pH de 4,5 a 6,5. Um fator muito importante para a estabilidade térmica desta proteína é a sua ligação com íons cálcio. Comparada à β -Lg e BSA, a α -La possui uma menor temperatura de desnaturação nos valores de pH citados (Bernal & Jelen, 1985). A α -lactoalbumina, embora seja a proteína do soro com a menor temperatura mínima de desnaturação, é mais termoestável contra a agregação de sua estrutura por causa de sua alta capacidade de renaturação no resfriamento (Farrag *et al.*, 1997). Uma parcial estabilização da estrutura da β -lactoglobulina ocorre durante a desnaturação próxima a 80°C, devido às trocas dissulfídicas. A degradação dos resíduos de cisteína claramente aumenta em valores de pH mais elevados (de Wit & Klarenbeek, 1984).

3.3.3.5. Lipídeos e Lactose

CPSs produzidos com uma mínima quantidade de lipídeos residuais são superiores na formação de géis estáveis, como pode ser observado para o Calpro 8002,

Calpro 80 e CPS 80 (Tabelas 2.9, 2.10 e 2.12). Lipídeos e lipoproteínas podem interferir nas interações proteína-proteína, necessárias para formar a estrutura de rede e envolver a água livre na matriz do gel (Rinn *et al.*, 1990; Mulvihill & Kinsella, 1987). De Wit (1998) observou que CPSs produzidos por ultrafiltração e diafiltração, que tiveram um alto teor de lipídeos totais, apresentaram maior hidrofobicidade. A presença de ácidos graxos produz um aumento na temperatura de desnaturação das proteínas do soro.

Açúcares e álcoois polihídricos são conhecidos por estabilizar proteínas contra a desnaturação. A lactose tem considerável importância na determinação da funcionalidade dos CPSs. CPSs com baixo conteúdo de lactose frequentemente contêm uma maior proporção de proteínas desnaturadas, que aqueles com um maior conteúdo (Jost, 1993). Farrag *et al.* (1997) observaram que a lactose reduziu a velocidade constante de desnaturação da β -Lg principalmente entre 80 e 90°C, que aparentemente interagiu com as proteínas do soro sob estas condições.

3.3.3.6. Sais

Os dados do teor de cálcio livre e cálcio total dos quatro concentrados estão representados na Tabela 2.23. O conteúdo de cálcio e a hidrofobicidade das proteínas do soro tem um grande efeito na textura e força nos géis. Menores quantidades de cálcio favorecem as ligações cruzadas a baixas concentrações protéicas, embora em altas concentrações, acima de um certo nível, nota-se um enfraquecimento na força do gel, portanto existe um nível ótimo de cálcio para a formação destes géis, mas isto depende de cada sistema (Mangino *et al.*, 1987).

TABELA 2.23
Teor de cálcio livre e total dos quatro CPSs

Amostra	Cálcio Iônico (%)	Cálcio Total (%)
<i>Calpro 8002</i>	0,043 ± 0,001	0,24 ± 0,001
<i>Calpro 80</i>	0,14 ± 0,005	0,23 0 ± 0,001
<i>CPS 60</i>	0,071 ± 0,007	0,29 ± 0,01
<i>CPS 80</i>	0,16 ± 0,005	0,64 ± 0,04

Os géis dos concentrados Calpro 80 e CPS 80 tiveram aparências iguais, talvez por apresentarem níveis próximos de cálcio iônico (Figura 2.18). A aparência opaca

destes géis pode ter sido influenciada pelas ligações cruzadas proporcionadas pelos íons cálcio na formação da matriz do gel, não podendo esquecer que as pontes S-S e a força iônica tem também um papel importante na opacidade dos géis.

Ao analisar as Figuras 2.3 a 2.16, pode-se observar que as superfícies de resposta que representam o perfil de textura e umidade espremível dos géis elaborados a partir destes dois concentrados tiveram a mesma tendência. A elasticidade foi menor, como pode ser verificado nas Figuras 2.10 e 2.11, que é uma característica dos géis de CPS com maiores teores de cálcio livre.

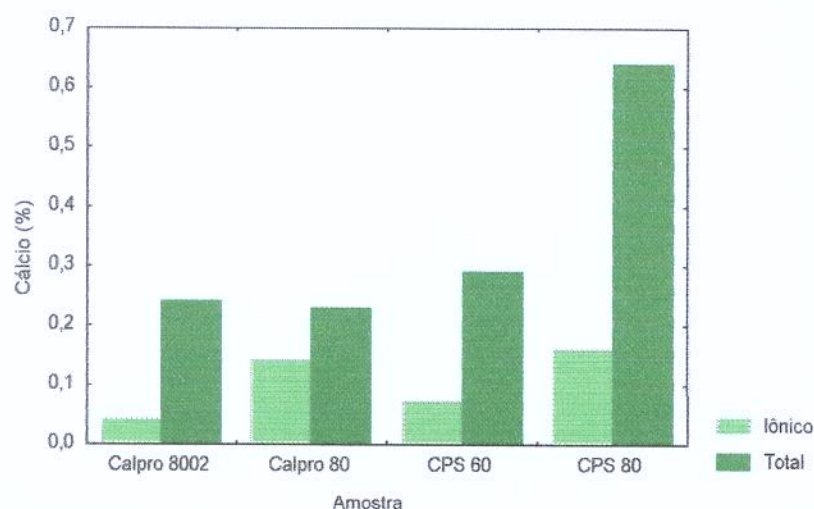


Figura 2.18 – Teores de cálcio total e iônico dos quatro concentrados.

De todos os minerais, o cálcio é o mais importante na funcionalidade das proteínas do soro. Não apenas a concentração total de cálcio, mas também sua forma iônica como íon cálcio livre ou como cálcio ligado, ambos têm um papel crítico nas interações com a proteína. Altas concentrações de íons cálcio aumentam a agregação das proteínas do soro sob aquecimento, enquanto ânions tais como fosfato e citrato, que ligam cálcio, aumentam a termoestabilidade destas proteínas em pH neutro. CPSs normalmente contêm uma porcentagem relativamente alta de cálcio, devido ao seu enriquecimento junto com as proteínas durante a ultrafiltração do soro (Shimada & Cheftel, 1988, 1989).

Vários autores têm avaliado CPSs com a adição de íons Ca^{+2} e observaram que este influi nos parâmetros de textura e retenção de água dos géis de CPS (Kuhn & Foegeding, 1991; Barbut, 1995; Ju & Kilara, 1998). O cálcio deixa os géis de CPS menos

translúcidos e elásticos, e diminui a sinerese. Parâmetros de textura como coesividade, gomosidade, elasticidade e mastigabilidade decrescem com a adição de cálcio (Mangino, 1984).

3.4. Avaliação dos Géis Mistos em Sistema Modelo

3.4.1. *Análise do Perfil de Textura dos Géis Mistos*

Os parâmetros de textura dos géis mistos elaborados a partir de substituições de proteínas miofibrilares por proteínas do soro estão apresentados nas Tabelas 2.24 a 2.27. Aparentemente, os géis mistos obtidos a partir do Calpro 8002 apresentaram um perfil de textura e umidade espremível melhores e com ausência de sinerese, sendo translúcidos, enquanto que os outros foram todos opacos. Os resultados mostraram uma tendência para cada atributo de textura com o aumento da substituição por proteínas do soro. A dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade diminuíram, enquanto que a elasticidade e a coesividade aumentaram nos géis em ordem crescente de substituição (10,0% a 50,0% de proteínas do soro).

Todos os parâmetros de textura dos géis mistos com o Calpro 8002 apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) com relação à amostra controle (100% de proteínas miofibrilares), exceto a coesividade que foi igual a 10% de substituição, embora, de 20,0% a 50,0% tenham sido diferentes ($p < 0,05$). Este atributo de textura é muito importante nos requerimentos de aplicações de proteínas do soro em produtos cárneos, sendo que os demais concentrados não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) com relação ao controle, para todos os níveis de substituição.

As substituições acima de 20,0% foram mais significativas para a adesividade, dureza e gomosidade nos géis mistos com o Calpro 80. Os valores de elasticidade foram baixos, provavelmente pelo alto teor de cálcio livre. O CPS 60, com sua alta porcentagem de gordura, não apresentou uma boa capacidade gelatinizante, comprometendo o perfil de textura dos géis mistos, cujos valores de coesividade, dureza e elasticidade foram baixos, e a capacidade de retenção de água inferior aos demais, apresentando alta sinerese. Estes resultados não favoreceram a utilização do CPS 60 em produtos cárneos, pois tais atributos são imprescindíveis para sua utilização como ingrediente nestes produtos.

O CPS 80 apresentou boas propriedades de gelatinização em sistema modelo de géis mistos, apesar do processo de obtenção deste concentrado ter relativamente prejudicado esta propriedade funcional (Tabela 2.12). O valor da

elasticidade destes géis foi a resposta que mais se destacou, sendo notáveis também os valores de dureza, que foram menores que dos géis mistos do Calpro 80.

Hongsprabhas & Barbut (1999^b) mostraram que, ao substituir 2,0% de proteínas miofibrilares por IPS, ocorreram melhorias nos parâmetros de textura e redução das perdas com o cozimento, quando comparado com nenhuma substituição ou com a adição de 2,0% de IPS. Para otimizar o uso de proteínas do soro e obter propriedades funcionais desejáveis em produtos cárneos, é necessário entender as interações que podem ocorrer entre estas proteínas durante o processamento. As proteínas do soro aparentemente agem como um “filler” e possivelmente como um agente ligante de pedaços de carne. Os agregados de proteínas do soro ocupam e aumentam os espaços intersticiais entre as proteínas miofibrilares, reforçando a rede. A localização das proteínas do soro nestes espaços pode explicar sua habilidade em ligar água nestes produtos. Os maiores rendimentos com o cozimento são observados principalmente pela melhor retenção de água causada pelas proteínas do soro (Hongsprabhas & Barbut, 1999^a).

Hung & Smith (1993^b) observaram que nas análises microscópicas pôde-se ver uma diminuição nos espaços vazios e nas fendas, e a estrutura tornou-se mais compacta e densa com o aumento da concentração de CPS. El-Magoli *et al.* (1995) também observaram que a rede fibrosa formada entre as proteínas miofibrilares e pequenos agregados de proteínas globulares do soro são visíveis na razão de 10:30 (CPS:proteínas miofibrilares). Com as proteínas do soro claramente localizadas nos espaços intersticiais, elas envolveram os filamentos e reforçaram a rede das proteínas miofibrilares. Este tipo de estrutura tem um impacto na maciez e suculência de produtos cárneos.

Beuschel *et al.* (1992) observaram que a dureza dos géis mistos (proteínas miofibrilares + CPS) decresceu com o aumento da concentração de CPS a 65°C. A matriz dos géis combinados tendeu a enfraquecer quando a concentração de CPS aumentou, devido à ruptura da rede das proteínas miofibrilares pelas proteínas do soro não gelatinizadas. Géis de proteínas miofibrilares aquecidos a 90°C foram mais fracos que aqueles aquecidos a 65°C, onde o mesmo foi observado por Hung & Smith (1993^a), que notaram que as proteínas miofibrilares e CPSs interagem durante o aquecimento para formar uma rede conjunta, com diferentes propriedades de textura da rede protéica isolada. A 90°C, a deformabilidade dos géis de proteínas miofibrilares foi maior que dos géis de CPS, os valores diminuíram apenas quando houve um aumento da concentração de proteínas do soro nesta mesma temperatura. Estes resultados sugeriram que a

concentração de proteínas do soro e a temperatura de aquecimento podem ser manipuladas para proporcionar propriedades reológicas diferentes nos géis.

A Figura 2.19 é a representação gráfica do perfil de textura dos géis mistos.

TABELA 2.24
Perfil de textura dos géis mistos (Calpro 8002 + proteínas miofibrilares).

Amostra	Adesividade (g)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0%	-24,7 ± 1,2	a 0,269 ± 0,004	a 288,76 ± 13,1	a 0,599 ± 0,007	a 77,68 ± 4,71	a 46,53 ± 4,08
10,0%	-10,4 ± 1,0	b 0,382 ± 0,01	ab 137,72 ± 12,2	b 0,749 ± 0,02	b 52,61 ± 4,83	b 39,40 ± 3,12
20,0%	-10,3 ± 1,0	b 0,401 ± 0,04	b 129,96 ± 9,41	b 0,756 ± 0,05	b 52,11 ± 2,25	b 39,40 ± 1,99
30,0%	-7,70 ± 0,17	b 0,404 ± 0,04	b 125,05 ± 6,87	b 0,759 ± 0,01	b 50,52 ± 4,35	bc 38,35 ± 0,65
40,0%	-5,95 ± 0,13	b 0,406 ± 0,02	b 119,29 ± 3,54	b 0,761 ± 0,03	c 48,43 ± 1,08	bc 36,86 ± 2,05
50,0%	-5,49 ± 0,17	b 0,418 ± 0,04	b 110,63 ± 3,77	b 0,778 ± 0,04	c 46,24 ± 3,07	c 35,98 ± 2,74

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.25
Perfil de textura dos géis mistos (Calpro 80 + proteínas miofibrilares).

Amostra	Adesividade (g)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0%	-24,7 ± 1,2	a 0,269 ± 0,004	a 288,76 ± 13,1	a 0,599 ± 0,007	a 77,68 ± 4,71	a 46,53 ± 4,08
10,0%	-11,2 ± 0,47	b 0,300 ± 0,005	a 256,05 ± 22,5	ab 0,605 ± 0,01	a 76,82 ± 3,64	a 46,47 ± 3,81
20,0%	-8,92 ± 0,54	b 0,308 ± 0,005	a 230,36 ± 19,2	bc 0,620 ± 0,05	a 70,95 ± 6,67	b 43,99 ± 2,32
30,0%	-8,88 ± 0,68	b 0,310 ± 0,003	a 226,09 ± 20,7	bc 0,627 ± 0,02	b 70,09 ± 2,98	ab 43,95 ± 3,24
40,0%	-7,17 ± 0,53	b 0,319 ± 0,003	a 216,49 ± 19,6	bc 0,630 ± 0,01	a 69,06 ± 4,19	b 43,51 ± 2,38
50,0%	-6,54 ± 0,54	b 0,330 ± 0,006	a 198,54 ± 9,65	c 0,649 ± 0,01	c 65,52 ± 3,87	b 42,52 ± 2,08

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.26
Perfil de textura dos géis mistos (CPS 60 + proteínas miofibrilares).

Amostra	Adesividade (g)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0%	-24,7 ± 1,2	0,269 ± 0,004	288,76 ± 13,1	0,599 ± 0,007	77,68 ± 4,71	46,53 ± 4,08
10,0%	-9,85 ± 0,87	0,273 ± 0,02	99,256 ± 4,30	0,607 ± 0,04	27,10 ± 1,82	16,45 ± 1,01
20,0%	-8,23 ± 0,48	0,296 ± 0,02	84,743 ± 2,82	0,619 ± 0,02	25,08 ± 2,34	15,53 ± 1,49
30,0%	-7,84 ± 0,16	0,303 ± 0,03	75,236 ± 3,61	0,631 ± 0,05	22,80 ± 1,75	14,39 ± 1,26
40,0%	-5,64 ± 0,55	0,307 ± 0,01	73,802 ± 3,52	0,633 ± 0,06	22,66 ± 1,66	14,34 ± 0,751
50,0%	-5,08 ± 0,38	0,318 ± 0,03	66,814 ± 4,30	0,651 ± 0,02	21,25 ± 1,38	13,83 ± 0,885

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 2.27
Perfil de textura dos géis mistos (CPS 80 + proteínas miofibrilares).

Amostra	Adesividade (g)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0%	-24,7 ± 1,2	0,269 ± 0,004	288,76 ± 13,1	0,599 ± 0,007	77,68 ± 4,71	46,53 ± 4,08
10%	-12,5 ± 1,1	0,328 ± 0,02	191,48 ± 12,0	0,657 ± 0,04	62,81 ± 5,24	41,26 ± 2,61
20%	-9,83 ± 0,42	0,331 ± 0,01	181,56 ± 12,5	0,672 ± 0,02	60,10 ± 4,39	40,39 ± 1,01
30%	-8,68 ± 0,13	0,335 ± 0,01	176,81 ± 18,0	0,680 ± 0,004	59,23 ± 3,83	40,28 ± 3,43
40%	-7,62 ± 0,44	0,339 ± 0,01	173,82 ± 7,29	0,683 ± 0,003	58,93 ± 1,74	40,25 ± 2,90
50%	-7,38 ± 0,22	0,348 ± 0,02	140,85 ± 11,8	0,722 ± 0,01	49,02 ± 4,00	35,39 ± 2,40

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

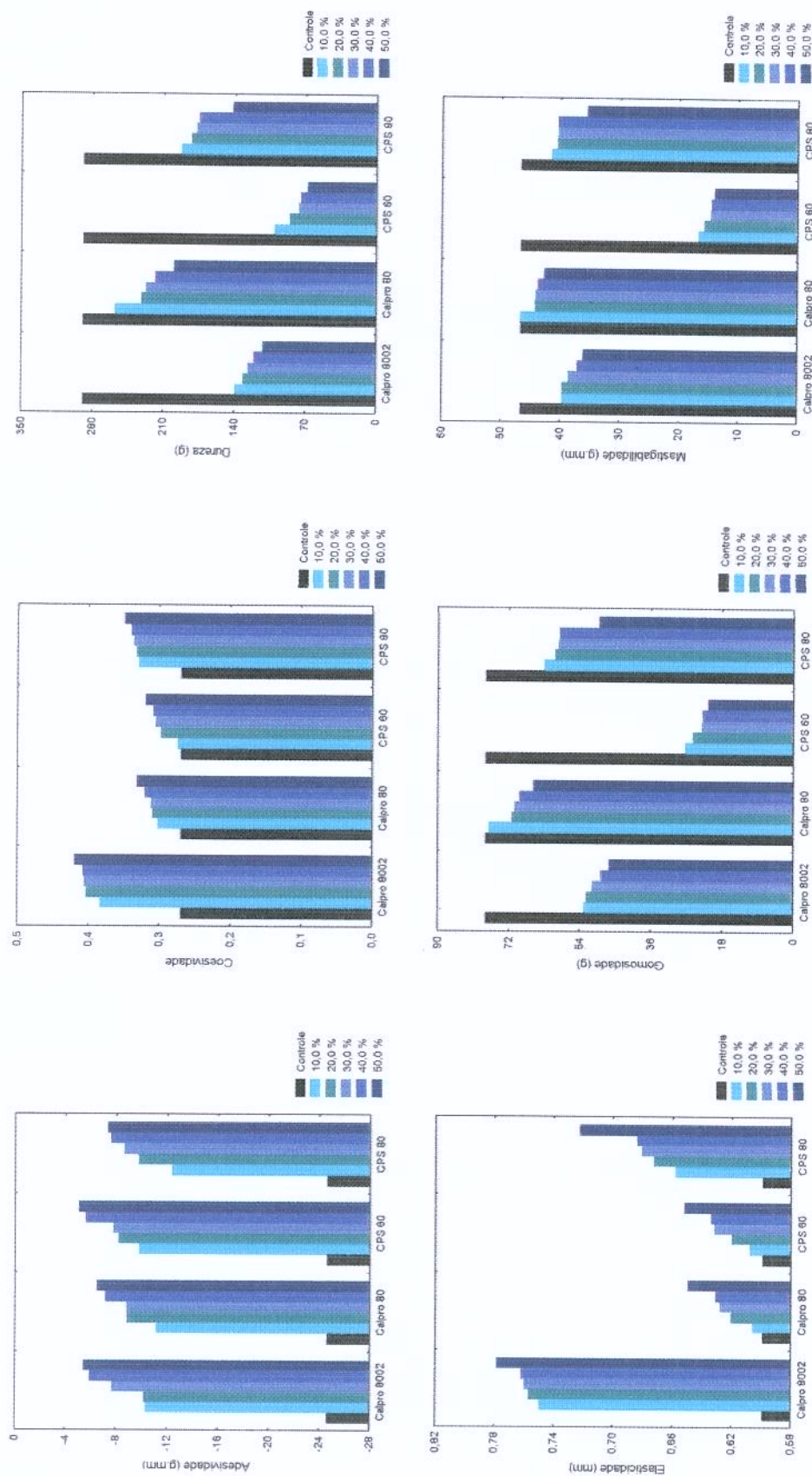


Figura 2.19 - Perfil de textura dos géis mistos.

3.4.2. Umidade Espremível dos Géis Mistos

Os géis mistos apresentaram resultados satisfatórios de umidade espremível a partir de 10,0% de substituição para os concentrados Calpro 8002, Calpro 80 e CPS 80, diferindo significativamente da amostra controle ($p < 0,05$) (Tabela 2.28). Todos os concentrados proporcionaram uma diminuição na umidade espremível dos géis com o aumento da porcentagem de proteínas do soro (Figura 2.20), provavelmente devido às interações que estas proteínas exercem após a gelatinização. As pontes de hidrogênio têm um papel importante na retenção de água da matriz formada, favorecendo a sua incorporação. Embora a tendência de diminuição da umidade seja a mesma com o aumento da substituição, o CPS 60 apresentou resultados significativos a partir de 30,0% de substituição com relação à amostra controle.

Observou-se que os géis mistos do CPS 80 apresentaram valores de umidade espremível menores que os Calpros 8002 e 80, o que provavelmente ocorreu devido ao grau de desnaturação que este concentrado sofreu durante os processos de ultrafiltração e diafiltração. CPSs que sofrem tratamentos térmicos brandos, ou tem as proteínas parcialmente desnaturadas, possuem uma maior capacidade de absorção de água em relação aos CPSs altamente solúveis.

TABELA 2.28
Umidade espremível dos géis mistos.

Substituição (%)	Calpro 8002 (%)	Calpro 80 (%)	CPS 60 (%)	CPS 80 (%)
0	70,2 ± 0,65 ^a	70,2 ± 0,65 ^a	70,2 ± 0,65 ^a	70,2 ± 0,65 ^a
10,0	54,2 ± 0,43 ^b	54,4 ± 0,36 ^b	69,5 ± 1,8 ^a	51,3 ± 1,0 ^b
20,0	53,2 ± 1,4 ^{bc}	53,4 ± 3,7 ^b	65,2 ± 2,7 ^{ab}	48,1 ± 2,0 ^{bc}
30,0	51,1 ± 0,55 ^{bc}	52,0 ± 2,6 ^b	59,0 ± 1,5 ^b	46,7 ± 1,9 ^{cd}
40,0	52,0 ± 3,2 ^{bc}	52,0 ± 0,91 ^b	52,0 ± 2,8 ^c	45,2 ± 0,64 ^{cd}
50,0	49,1 ± 0,91 ^c	51,0 ± 1,6 ^b	51,5 ± 1,8 ^c	44,2 ± 1,1 ^d

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

Smith & Rose (1995) estudaram o comportamento reológico de géis mistos (CPS + proteínas miofibrilares) e observaram que a umidade espremível diminuiu quando

a concentração das proteínas do soro aumentou. Num outro estudo realizado por Hung & Smith (1993^a), utilizando o mesmo tipo de gel misto, constatou-se o mesmo comportamento. Como durante o aquecimento as proteínas miofibrilares encolhem e expelem água, torna-se necessário a incorporação de um ingrediente protéico que auxilie na retenção de água, minimizando as perdas por encolhimento durante o processamento térmico, e neste caso, as proteínas do soro tem apresentado excelentes resultados. As proteínas do soro ficam dispersas na matriz do gel das proteínas miofibrilares, e agem como uma esponja adsorvendo água (ou lipídeo, se disponível) (Foegeding & Lanier, 1987).

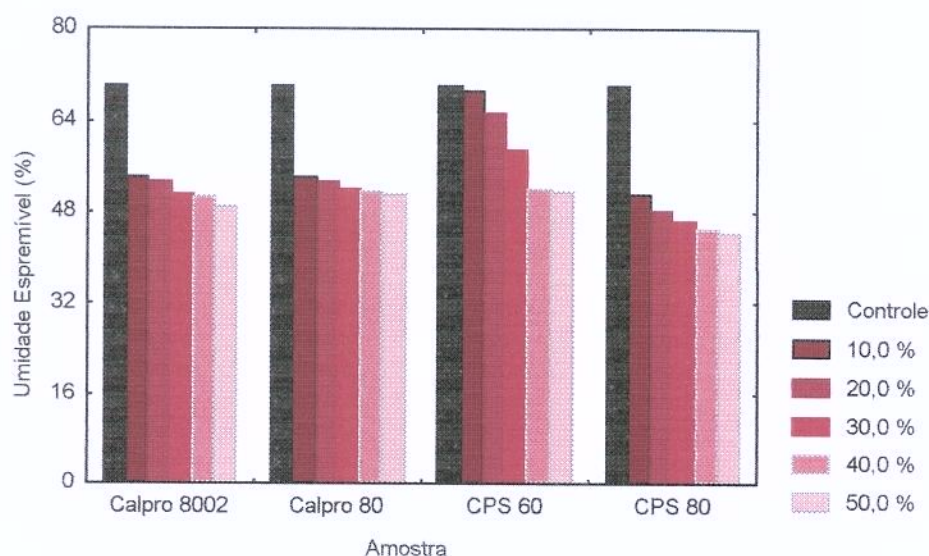


Figura 2.20 – Umidade espremível dos géis mistos.

3.4.3. Eletroforese dos géis isolados e mistos

As Figuras 2.21 e 2.24 ilustram os perfis eletroforéticos das proteínas do soro e das proteínas miofibrilares nos géis isolados e a combinação destas proteínas em diferentes proporções nos géis mistos, que é apresentada na Tabela 2.3.

A primeira banda corresponde às proteínas miofibrilares puras, a segunda às proteínas do soro puras e as demais bandas referem-se às proteínas em conjunto, em diferentes proporções (10,0% a 50,0% de substituição).

Comparando os perfis eletroforéticos das proteínas em sistema isolado e misto, observou-se que não houve diferença entre os géis puros e mistos, podendo ser

comparados aos perfis eletroforéticos obtidos por Porzio & Pearson (1977) e Havea *et al.* (1998).

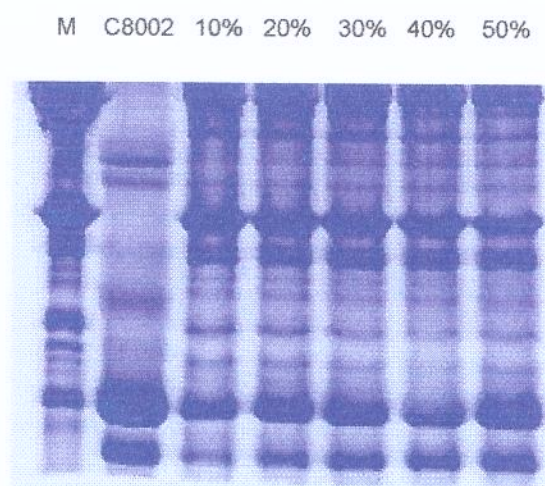


Figura 2.21 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do Calpro 8002.

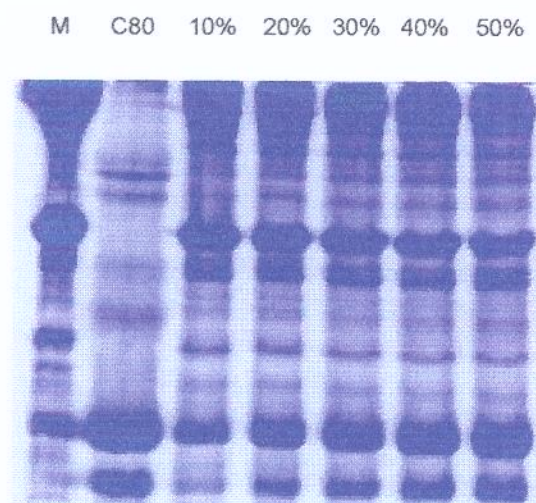


Figura 2.22 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do Calpro 80.

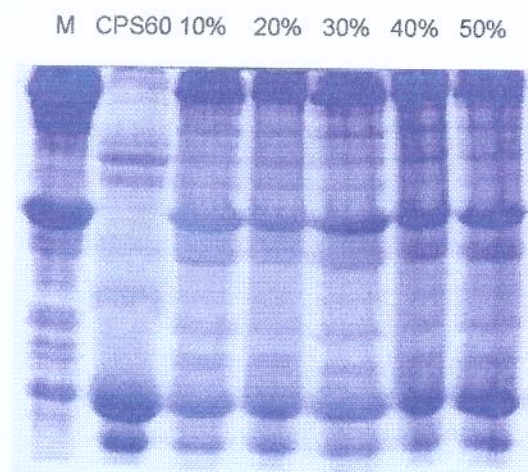


Figura 2.23 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do CPS 60.

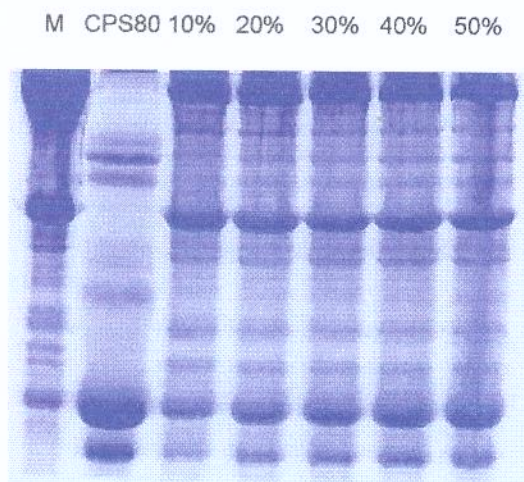


Figura 2.24 – Perfil eletroforético dos géis isolados e mistos do CPS 80.

Onde:

C8002 = Calpro 8002;

C80 = Calpro 80 e

M = proteínas miofibrilares.

4. CONCLUSÃO

Os CPSs foram excelentes formadores de géis termo-induzidos, destacando-se o Calpro 8002.

O pH e a concentração de proteínas foram importantes na formação da estrutura dos géis de CPS e da umidade espremível.

A porcentagem de cálcio iônico influenciou na aparência e textura dos géis, proporcionando a formação de géis opacos e pouco elásticos.

O teor de gordura foi prejudicial ao perfil de textura e umidade espremível dos géis isolados e mistos, fato este observado nos géis do CPS 60.

A substituição de proteínas miofibrilares por proteínas do soro proporcionou a diminuição da dureza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade, e aumentou a coesividade e elasticidade dos géis mistos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J. M. Gelation of whey proteins. **Food Technology**, v.49, n.10, p.83-89, 1995.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. v.2, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1997.
- Barbut, S. Effects of calcium level on the structure of pre-heated whey protein isolate gels. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.28, n.6, p.598-603, 1995.
- Barker, C. M.; Morr, C. V. Composition and properties of spherosil-QMA whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.51, n.4, p.919-923, 1986.
- Bernal, V.; Jelen, P. Thermal stability of whey proteins – A calorimetric study. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.11, p.2847-2852, 1985.
- Beuschel, B. C.; Partridge, J. A.; Smith, D. M. Insolubilized whey protein concentrate and/or chicken salt-soluble protein gel properties. **Journal of Food Science**, v.57, n.4, p.852-855, 1992.
- Bligh, E. G.; Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v.37, p.911-917, 1959.
- Bourne, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v.32, n.7, p.62-66, 1978.
- Bourne, M. C. Food texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press, California, USA. 1982.
- de Wit, J. N. Empirical observations and thermodynamical considerations on water-binding by whey proteins in food products. **Journal of Food Science**, v.53, n.5, p.1553-1559, 1988.
- de Wit, J. N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.3, p.597-608, 1998.
- de Wit, J. N.; Klarenbeek, G. Effects of various heat treatments on structure and solubility of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2701-2710, 1984.
- Doi, E. Gels and gelling of globular protein. **Trends in Food Science and Technology**, v.4, n.1, p.1-5, 1993.
- El-Magoli, S. B.; Laroia, S.; Hansen, P. M. T. Ultrastructure of low-fat ground beef patties with added whey protein concentrate. **Food Hydrocolloids**, v.9, n.4, p.291-306, 1995.
- Farrag, A. F.; Askar, A. A.; El-Din, H. M. F.; Abd-El Salam, M. H. Heat denaturation of whey protein concentrate as affected by some factors. **Milchwissenschaft**, v.52, n.4, p.204-208, 1997.
- Ferry, J. D. Protein gels. In: **Advances in Protein Chemistry**, v.4, p.1-50, 1948.
- Foegeding, E. A.; Lanier, T. C. The contribution of nonmuscle proteins to texture of gelled muscle protein foods. **Cereal Foods World**, v.32, n.2, p.202-205, 1987.
- Halmos, A. L. Food texture and sensory properties of dairy ingredients. **Food Australia**, v.49, n.4, p.170-173, 1997.
- Hardham, J. F. The determination of total and reactive sulphydryl of whey protein concentrates. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.36, n.12, p.153-155, 1981.

- Havea, P.; Singh, H.; Creamer, L. K.; Campanella, O. H. Electrophoretic characterization of the protein products formed during heat treatment of whey protein concentrate solutions. *Journal of Dairy Research*, n.65, v.1, p.79-91, 1998
- Hermansson, A. -M.; Åkesson, C. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect of concentration and temperature on water-binding properties of model meat systems. *Journal of Food Science*, V. 40(3), pp. 595-602, 1975^a.
- Hermansson, A. -M.; Åkesson, C. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect of salt on water-binding properties of model meat systems. *Journal of Food Science*, v.40, n.3, p.603-610, 1975^b.
- Hermansson, A. -M.; Åkesson, C. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect on texture of a meat product. *Journal of Food Science*, v.40, n.3, p.611-614, 1975^c.
- Hillier, R. M.; Lyster, R. L. J.; Cheeseman, G. C. Gelation of reconstituted whey powders by heat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.31, n.11, p.1152-1157, 1980.
- Hongsprabhas, P.; Barbut, S. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. *Food Research International*, v.32, n.2, p.145-149, 1999^a.
- Hongsprabhas, P.; Barbut, S. Use of cold-set whey protein gelation to improve poultry meat batters. *Poultry Science*, v.78, n.7, p.1074-1078, 1999^b.
- Hung, T. Y.; Smith, D. M. Dynamic rheological properties and microstructure of partially insolubilized whey protein concentrate and chicken breast salt-soluble protein gels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.41, n.9, p.1372-1378, 1993^a.
- Hung, T. Y.; Smith, D. M. Dynamic rheological properties and microstructure of partially insolubilized whey protein concentrate gels. *Journal of Food Science*, v.58, n.5, p.1047-1049, 1993^b.
- Jauregui, C. A.; Regenstein, J. M.; Baker, R. C. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *Journal of Food Science*, v.46, n.4, p.1271-1273, 1981.
- Jost, R. Functional characteristics of dairy proteins. *Trends in Food Science and Technology*, v.4, n.9, p.283-288, 1993.
- Ju, Z. Y.; Kilara, A. Properties of gels induced by heat, protease, calcium salt, and acidulant from calcium ion-aggregated whey protein isolate. *Journal of Dairy Science*, v.81, n.5, p.1236-1243, 1998.
- Khuri, A. I.; Cornell, J. A. **Response surface: designs and analyses**, 2nd. Edition, New York, Marcel Dekker, Inc. 1996.
- Kuhn, P. R.; Foegeding, E. A. Factors influencing whey protein gel rheology: dialysis and calcium chelation. *Journal of Food Science*, v.56, n.3, p.789-791, 1991.
- Mangino, M. E. Physicochemical aspects of whey protein functionality. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2711-2722, 1984.
- Mangino, M. E.; Kim, J. H.; Dunkerley, J. A.; Zadow, J. G. Factors important in the gelation of whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, v.1, n.4, p.277-282, 1987.
- Monahan, F. J.; German, J. B.; Kinsella, J. E. Effect of pH and temperature on protein unfolding and thiol/disulfide interchange reactions during heat-induced gelation of whey proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.43, n.1, p.46-52, 1995.

- Morr, C. V.; Foegeding, E. A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: a status report. **Food Technology**, v.44, n.4, p.100-112, 1990.
- Morr, C. V.; Ha, Y. W. Whey protein concentrate and isolates: processing and functional properties. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.33, n.6, p.431-476, 1993.
- Mulvihill, D. M.; Kinsella, J. E. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. **Food Technology**, v.41, n.9, p.102-111, 1987.
- Mulvihill, D. M.; Kinsella, J. E. Gelation of β -lactoglobulin: effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. **Journal of Food Science**, v.53, n.1, p.231-236, 1988.
- Parsons, N.; Knight, P. Origin of variable extraction of myosin from myofibrils treated with salt and pyrophosphate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.51, n.1, p.71-90, 1990.
- Paulsson, M.; Hegg P-O; Castberg, H. B. Heat-induced gelation of individual whey proteins. A dynamic rheological study. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p.87-90, 1986.
- Phillips, L. G.; Whitehead, D. M.; Kinsella, J. **Structure-function properties of food proteins**. Academic Press, San Diego, California. 1994.
- Porzio, M. A.; Pearson, A. M. Improved resolution of myofibrillar proteins with sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. **Biochimica et Biophysica. Acta**, n.490, p.27-34, 1977.
- Rinn, J-C.; Morr, C. V.; Seo, A.; Surak, J. G. Evaluation of nine semi-pilot scale whey pretreatment modifications for producing whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.55, n.2, p. 510-515, 1990.
- Rizvi, S. S. H. Rheological properties of comminuted meat systems. **Food Technology**, v.35, n.5, p.238-243, 1981.
- Schmidt, R. H.; Packard, V. S.; Morris, H. A. Effect of processing on whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2723-2733, 1984.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Texture characteristics, protein solubility, and sulfhydryl group/disulfide bond contents of heat-induced gels of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, n.5, p.1018-1025, 1988.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Sulphydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.1, p.161-168, 1989.
- Smith, D. M.; Rose, A. J. Properties of chicken salt-soluble protein and whey protein concentrate gels as influenced by sodium tripolyphosphate. **Poultry Science**, v.74, n.1, p.169-175, 1995.
- Svasti, J.; Panijpan, B. SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis. **Journal of Chemical Education**, v.54, n.9, p.560-562, 1977.
- Tang, Q.; McCarthy, O. J. Munro, P. A. Effects of pH on whey protein concentrate gel properties: comparisons between small deformation (dynamic) and large deformation (failure) testing. **Journal of Texture Studies**, v.26, n.3, p.255-272, 1995.
- Xiong, Y. L.; Brekke, C. J. Changes in protein solubility and gelation properties of chicken myofibrils during storage. **Journal of Food Science**, v.54, n.5, p.1141-1146, 1989.

Ziegler, G. R.; Acton, J. C. Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue.
Food Technology, v.38, n.5, p.77-82, 1984.

ESTUDO 3**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS DO SORO E DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES DO MÚSCULO BOVINO****RESUMO**

Neste estudo foram determinadas as propriedades funcionais de solubilidade, formação de espuma e emulsificação dos concentrados protéicos de soro de leite bovino, Calpro 8002, Calpro 80, CPS 60 e CPS 80. Foram também avaliadas as propriedades funcionais de solubilidade e emulsificação das proteínas miofibrilares do músculo bovino Quadriceps femoris. Dentre os concentrados, apenas o CPS 60 não formou espuma e o CPS 80 apresentou uma espuma de baixa estabilidade. Pôde-se notar uma alta capacidade de emulsificação, com um índice de atividade emulsificante (EAI) de 390,4, 355,9, 271,9 e 292,6 m^2/g para os concentrados Calpro 8002, Calpro 80, CPS 60 e CPS 80, respectivamente. Com estes resultados, concluiu-se que CPSs com teores protéicos de 60,0% a 80,0% possuem boas propriedades de emulsificação, podendo ser aplicados em vários sistemas cárneos emulsionados. As proteínas miofibrilares apresentaram um EAI de 119,3 m^2/g e uma capacidade de emulsificação de 0,52 $\text{mL}_{\text{óleo}}/\text{mg}_{\text{proteína}}$. Na determinação da solubilidade, os CPSs 60 e 80 apresentaram valores inferiores aos dois Calpros, provavelmente devido ao alto teor de gordura do CPS 60 (aproximadamente 24,0%), e à parcial desnaturação das proteínas do CPS 80 durante o processamento, que apresentou as menores solubilidades nos diferentes valores de pH. As proteínas miofibrilares tiveram um perfil diferente de solubilidade em função do pH, comparado ao perfil dos CPSs, por causa de sua insolubilização no ponto isoelétrico.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades funcionais das proteínas são propriedades físico-químicas que governam o seu desempenho e comportamento em sistemas alimentícios durante a preparação, processamento, estocagem e consumo, isto é, propriedades que afetam a qualidade final do produto. Essas propriedades são afetadas por uma série de fatores, como pH do meio, temperatura, presença de íons, tipos de processamentos e outros (Kinsella & Whitehead, 1989).

Dentre as propriedades funcionais das proteínas do soro, destacam-se a alta solubilidade, inclusive em alimentos ácidos e a excelente capacidade de gelatinização, emulsificação e formação de espuma. Estas propriedades, exceto a de formação de espuma, são muito importantes para a aplicação de CPSs em vários produtos cárneos e outros sistemas alimentícios (Morr, 1984; Huffman, 1996; de Wit, 1998).

As indústrias de laticínios têm despendido grandes esforços em pesquisa e desenvolvimento para a obtenção de CPSs e IPSs com alta funcionalidade e disponibilidade (Horton, 1993). A utilização e funcionalidade das proteínas do soro tem sido estudadas extensivamente nas últimas décadas (Morr, 1979, 1984; Kinsella, 1984; Mangino, 1984; Schmidt *et al.*, 1984; Kim *et al.*, 1987; de Wit, 1989^{a,b}, 1990, 1998; Pearce, 1995).

Este estudo teve por objetivo a determinação das propriedades de emulsificação, solubilidade e formação de espuma dos quatro concentrados protéicos de soro de leite utilizados no Estudo 2, e as propriedades de emulsificação e solubilidade das proteínas miofibrilares extraídas também no Estudo 2.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matérias-primas

As matérias-primas utilizadas neste Estudo foram os quatro CPSs (Calpro 8002, Calpro 80, CPS 60 e CPS 80) e as proteínas miofibrilares do músculo bovino *Quadriceps femuris* apresentados no Estudo 2.

2.2. Composição Centesimal dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite e da Carne

Conforme descrito no item 2.2 do Estudo 2, página 57.

2.3. Solubilidade

A solubilidade das proteínas miofibrilares e dos concentrados protéicos de soro de leite foi determinada conforme descrito por Morr *et al.* (1985), sendo construída a curva de solubilidade na faixa de pH entre 3,0 e 11,0. Os teores de proteínas solúveis foram determinados pela análise de micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1997). Os valores de solubilidade foram calculados pela Equação 3.1:

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{S \times 50}{P \times \frac{A}{100}} \times 100 \quad 3.1$$

Onde:

S = concentração de proteína do sobrenadante (mg/mL);

P = peso da amostra (mg) e

A = conteúdo de proteínas da amostra (%).

2.4. Emulsificação

A avaliação da capacidade das proteínas do soro e miofibrilares em formar emulsões foi determinada segundo Pearce & Kinsella (1978), utilizando o aparelho proposto por Swift *et al.* (1961). Inicialmente as emulsões foram formadas a 6.000 rpm, a partir de 20 mL de soluções protéicas a 0,5% (pH 6,5) em banho de gelo, utilizando 20 mL de óleo de milho e estas foram mantidas sob refrigeração para a análise do índice de

atividade emulsificante (EAI). Para determinar a capacidade de emulsificação (EC), foi elaborada uma outra emulsão e após a sua formação, foi anotado o volume máximo de óleo utilizado para emulsificar antes que ocorresse a quebra da emulsão.

2.4.1. Índice de Atividade Emulsificante

O índice de atividade emulsificante (EAI) das proteínas miofibrilares e dos CPSs foi determinado segundo a técnica turbidimétrica descrita por Pearce & Kinsella (1978). Primeiramente 1,0 g da emulsão foi dissolvida em SDS (dodecilsulfato de sódio) 0,1% numa diluição de 1/5000, para leitura da absorbância a 500 nm. O valor lido neste comprimento de onda possibilitou a determinação da turbidez (T) da solução, que foi calculada pela Equação 3.2:

$$T = \frac{2,303 \times A \times F_d}{d} \quad 3.2$$

Onde:

A = absorbância a 500 nm,

F_d = Fator de diluição e

d = diâmetro interno da cubeta.

Para estimar a fração de volume de óleo da emulsão (ϕ), partiu-se da Equação 3.3. As densidades foram determinadas com o auxílio de picnômetros.

$$\phi = \frac{W_d - (E \times W_1)}{W_d + W_1 \times \left[\frac{(1 + E) \times D_o}{D_m} - E \right]} \quad 3.3$$

Onde:

W_d = peso seco da emulsão/peso da emulsão = (1 – umidade da emulsão);

W₁ = perda de peso da emulsão/peso da emulsão = (umidade da emulsão);

E = concentração de soluto (peso de amostra/peso de água);

D_o = densidade do óleo (g/mL ou g/cm³) e

D_m = densidade da solução protéica (g/mL).

A partir das Equações 3.2 e 3.3 pôde-se determinar o índice de atividade emulsificante (Equação 3.4), cujo valor é expresso em unidade de área da interface estabilizada por unidade de massa de proteína (m^2/g):

$$\text{EAI} = \frac{2 \times T}{\phi \times C} \quad 3.4$$

Onde:

C = peso de proteínas por unidade de volume da fase aquosa (peso de proteína/mL de água).

2.4.2. Capacidade de Emulsificação

A capacidade de emulsificação ($\text{mL}_{\text{óleo}}/\text{mg}_{\text{proteína}}$) foi calculada pela Equação 3.5, segundo a metodologia descrita por Swift *et al.* (1961).

$$\text{EC} = \frac{\text{Quantidade de óleo emulsificado}}{\text{Peso de proteína}} \quad 3.5$$

2.5. Formação de Espuma

A capacidade de formação de espuma foi determinada segundo o método descrito por Phillips *et al.* (1987) em pH 7,0, sendo determinados o “overrun” e a estabilidade da espuma.

2.5.1. “Overrun”

O “overrun” foi determinado segundo a Equação 3.6:

$$\% \text{ "Overrun"} = \frac{(\text{Peso 100 mL de proteína}) - (\text{Peso 100 mL de espuma})}{\text{Peso 100 mL de espuma}} \times 100 \quad 3.6$$

2.5.2. Estabilidade da Espuma

A estabilidade da espuma foi determinada mediante o tempo gasto para drenar 50% de líquido, cujos dados foram graficados como tempo de drenagem (50% líquido) em função do tempo de batimento para formar a espuma.

2.6. Análises Estatísticas

Foi utilizado o programa Statistica 5.0 na elaboração dos gráficos e no tratamento dos dados. A diferença entre as médias foi analisada pelo teste de significância de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Centesimal dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite e da Carne

Os dados da composição centesimal dos CPSs e da carne bovina estão representados na Tabela 2.4 do Estudo 2, página 64.

3.2. Solubilidade

As porcentagens solúveis das proteínas dos quatro concentrados e das proteínas miofibrilares estão na Tabela 3.1:

TABELA 3.1
Solubilidade das amostras dos CPSs e das proteínas miofibrilares

<i>pH</i>	<i>Calpro 8002</i> (%)	<i>Calpro 80</i> (%)	<i>CPS 60</i> (%)	<i>CPS 80</i> (%)	<i>Proteínas Miofibrilares</i> (%)
3,0	89,4 ± 0,52 ^a	93,7 ± 1,3 ^a	84,0 ± 1,6 ^{ab}	79,1 ± 0,61 ^a	80,9 ± 4,1 ^a
5,0	90,5 ± 0,73 ^{ab}	93,7 ± 0,72 ^a	83,5 ± 0,94 ^a	78,5 ± 0,70 ^a	12,6 ± 1,1 ^b
7,0	90,6 ± 0,72 ^{ab}	97,1 ± 1,3 ^b	84,9 ± 1,6 ^{ab}	83,2 ± 0,61 ^b	71,2 ± 5,4 ^a
9,0	91,8 ± 1,2 ^b	97,1 ± 0,71 ^b	85,3 ± 0,94 ^{ab}	84,2 ± 0,68 ^b	90,8 ± 5,1 ^a
11,0	95,1 ± 0,73 ^c	97,5 ± 0,70 ^b	87,4 ± 1,9 ^b	83,5 ± 0,69 ^b	92,3 ± 5,5 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

As proteínas do soro possuem um perfil de solubilidade diferenciado dos outros tipos de proteínas, por serem solúveis no ponto isoelétrico (pI). Isto se deve à sua forma estrutural globular compacta, com os resíduos de aminoácidos hidrofílicos voltados para o exterior da estrutura e os resíduos de aminoácidos hidrofóbicos situados no interior. Como observado na Figura 3.1, todos os concentrados apresentaram uma menor solubilidade em pH ácido e próximo ao pI, aumentando acima do pH 7,0. Os Calpros 8002 e 80 foram os mais solúveis na faixa de pH 3,0 a 11,0, com valores de 89,4 a 95,1% e 93,6 a 97,5%, respectivamente (Tabela 3.1). Os CPSs 60 e 80 foram menos solúveis, provavelmente devido aos tratamentos térmicos aos quais foram submetidos, como analisado no Estudo 1, cujas amostras passaram por duas pasteurizações (leites e soros A e B), dois processos de desnate (soro A), e temperatura de processamento de 55°C

(soro B). Além disso, o alto teor de gordura do CPS 60, aproximadamente 24,0% (Tabela 2.4), pode também ter influenciado na solubilidade das proteínas. Em pH 3,0, o CPS 60 apresentou uma solubilidade igual a 84,0%, análogo aos resultados obtidos por Morr *et al.* (1985), que obtiveram valores de 83,1% a 86,5% na solubilidade de CPSs comerciais a 35,0% de concentração protéica.

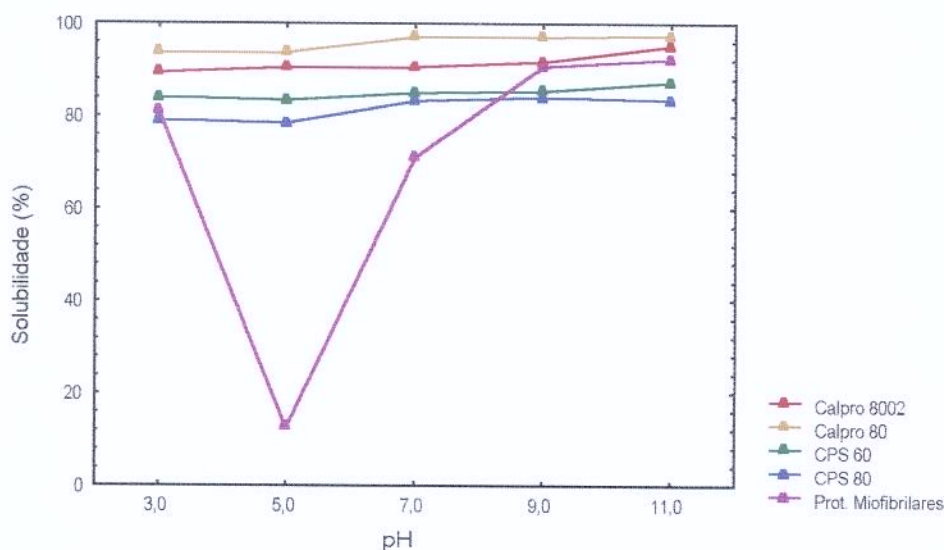


Figura 3.1. – Curva de solubilidade das amostras.

Kilara (1984) observou valores de solubilidade de 77,3% em pH 6,0 para um CPS obtido por ultrafiltração, com teor protéico de 56,5%, enquanto o valor mais próximo foi do CPS 80 em pH 5,0. A solubilidade de 97,1% do Calpro 80 em pH 7,0 foi maior que do IPS analisado por Lee *et al.* (1992), cujo valor foi de 94,5% e está dentro da faixa de 94,9% a 99,9% observada por Karleskind *et al.* (1995), nesse mesmo pH.

Morr *et al.* (1973) observaram valores de solubilidade de 72,8 a 92,6% em pH 2,0 para CPSs obtidos por ultrafiltração, o que mostra que os CPSs podem ser altamente solúveis em pHs muito ácidos, como observado nos quatro CPSs em pH 3,0. O CPS 80 e o Calpro 80 tiveram valores de 79,1% e 93,6%, respectivamente. De Wit (1998) relatou que a solubilidade de CPSs comerciais em pH 4,6 e 7,0 foi acima de 94,0%, o que permite concluir que os resultados encontrados neste trabalho estão condizentes com a literatura.

Outros pesquisadores também têm relatado a dependência da solubilidade das proteínas do soro em função do pH (Li-Chan, 1983; Kinsella, 1984; Bosma &

Wesselingh, 1998). Morr & Foegeding (1990), observaram que amostras de IPS apresentaram solubilidades de 98,0 a 100,0% em pH 3,0 e 7,0 e aproximadamente 85,0% a 95,0% em pH 4,5. No caso dos CPSs, estes tiveram valores limitados de solubilidade, variando de 64,0 a 84,0%, 49,0 a 79,0% e 82,0 a 86,0% em pH 3,0, pH 4,5 e pH 7,0, respectivamente. As proteínas do soro com pl acima do pH 5,0, suportam uma carga positiva da rede, prevenindo as interações proteína-proteína em pH ácido.

As proteínas miofibrilares apresentaram um perfil típico de solubilidade protéica, sendo praticamente insolúveis no pl, cuja carga da rede é zero, predominando as forças atrativas entre as moléculas que tendem a associar-se. Neste estudo, as proteínas miofibrilares apresentaram valores de solubilidade de 80,9% em pH 3,0 e 12,6% em pH 5,0 e valores crescentes de 71,2% a 92,3% nos valores de pH 7,0 a 11,0. No trabalho de Hultin *et al.* (1995), o mesmo comportamento foi observado, cuja solubilidade foi de aproximadamente 85,0% em pH 4,0, caindo para zero no pl da miosina e subindo para 95,0% na faixa de pH 7,0 a 10,0. Li-Chan *et al.* (1984) observaram uma solubilidade de 82,0% das proteínas miofibrilares em pH 7,0. O tratamento térmico é muito importante na solubilidade das proteínas. No caso da miosina, há uma perda rápida da solubilidade entre 41°C e 44°C (Foegeding *et al.*, 1986).

3.3. Emulsificação

3.3.1. Índice de Atividade Emulsificante (EAI)

Na Tabela 3.2 são apresentados os dados utilizados na determinação do EAI através das Equações 3.2, 3.3, e 3.4. O EAI depende da fração de volume de óleo, concentração de proteína, e tipo de equipamento usado para produzir as emulsões. A Tabela 3.3 mostra os valores de ϕ , que indicam a fração de volume da fase dispersa, EAI e a capacidade de emulsificação (EC) dos quatro concentrados e das proteínas miofibrilares em pH 6,5.

O EAI foi maior nos Calpros 8002 e 80, cujos valores não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). O EAI dos CPSs 60 e 80 também não diferiram significativamente entre si, porém foram menores que dos outros dois concentrados, apresentando diferenças significativas dentre os pares de valores. As proteínas miofibrilares tiveram um EAI bem menor que das proteínas do soro, com $p < 0,05$ em relação a todos os CPSs. Seu valor foi 56,1% do valor do EAI do CPS 60, que foi o menor dentre os CPSs (Figura 3.2).

TABELA 3.2
Dados necessários para a determinação do EAI.

Amostra	Densidade (g/cm ³)	Volume _{óleo} (mL)*	W ₁ (%)	W _d (%)	Turbidez (cm ⁻¹)	E (g/mL)	C (g/mL)
Calpro 8002	1,000 ± 0,003	130,0	18,63 ± 0,69	81,37 ± 0,69	4.025,5 ± 80,4	0,0035	0,0025
Calpro 80	0,999 ± 0,001	130,0	18,76 ± 0,10	81,24 ± 0,10	3.665,8 ± 103,5	0,0030	0,0025
CPS 60	1,004 ± 0,004	80,00	19,21 ± 0,12	80,79 ± 0,23	2.787,3 ± 122,8	0,0040	0,0025
CPS 80	1,002 ± 0,004	105,0	24,97 ± 0,39	75,03 ± 0,40	2.794,3 ± 91,7	0,0030	0,0025
Proteínas Miofibrilares	1,015 ± 0,003	50,00	41,17 ± 0,042	58,83 ± 0,19	842,6 ± 50,1	0,058	0,0025
Óleo	0,9186 ± 0,001	-	-	-	-	-	-

* volume gasto até a quebra da emulsão.

Todos os concentrados apresentaram valores maiores de EAI em pH 6,5 que os observados por Pearce & Kinsella (1978), cujos CPSs apresentaram valores na faixa de 102,0 a 119,0 m²/g nesse mesmo pH. O pH é importante neste tipo de avaliação porque como visto anteriormente, a solubilidade das proteínas do soro varia com as alterações de pH. Mesmo que estas alterações sejam pequenas, a propriedade de emulsificação dessas proteínas pode ser afetada.

TABELA 3.3
Fatores que determinam as propriedades de emulsificação das amostras (pH 6,5).

Amostra	ϕ	EAI (m ² /g)	EC (mL/mg)*
Calpro 8002	0,825	390,4 ± 31,8 ^a	1,3 ± 0,02 ^a
Calpro 80	0,824	355,9 ± 18,5 ^a	1,3 ± 0,04 ^a
CPS 60	0,820	271,9 ± 10,2 ^b	0,80 ± 0,01 ^b
CPS 80	0,764	292,6 ± 9,02 ^b	1,1 ± 0,02 ^{ab}
Miofibrilar	0,565	119,3 ± 15,0 ^c	0,52 ± 0,01 ^c

*mL óleo/mg proteína

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

Beuschel *et al.* (1992) observaram valores de EAI de CPSs maiores em pH 7,0, embora as emulsões tenham sido mais estáveis em pH 8,0. Valores de pH próximos da neutralidade proporcionam melhores propriedades de emulsificação, sendo o inverso observado em pH 4,0 e 5,0.

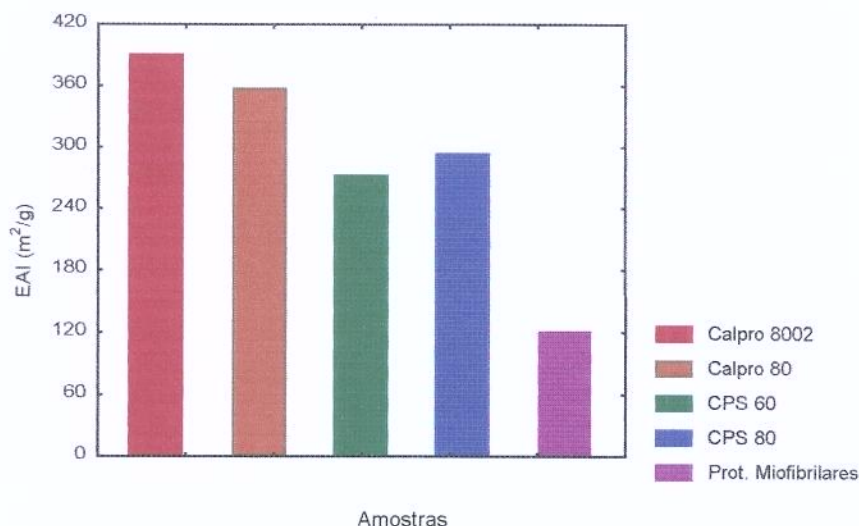


Figura 3.2 – Índice de atividade emulsificante das proteínas do soro e miofibrilares.

Os lipídeos e fosfolipídeos são geralmente considerados prejudiciais à funcionalidade de CPSs e IPSs. Produtos de soro, como um CPS com 75% de proteína obtido por ultrafiltração, podem conter até 10% de gordura, que é composta principalmente de triglicerídeos e contém de 10,0 a 30,0% dos lipídeos totais incluindo fosfolipídeos originados da membrana dos glóbulos de gordura (Modler & Jones, 1987). Provavelmente, o teor elevado de gordura do CPS 60 (aproximadamente 24,0%) tenha afetado a propriedade de emulsificação, cujo EAI foi 30,4% menor em relação ao Calpro 8002. O CPS 80 também apresentou um EAI baixo, provavelmente por causa da parcial desnaturação das proteínas durante o processo de ultrafiltração, conforme descrito no Estudo 1, podendo ser observado pelo menor valor de solubilidade em relação aos demais concentrados. O EAI e a estabilidade a coalescência geralmente aumentam com o aumento da solubilidade e hidrofobicidade das proteínas (Klemaszewski *et al.*, 1992).

3.3.2. Capacidade de Emulsificação (EC)

A capacidade de emulsificação indica a máxima quantidade de óleo que é emulsificado antes da quebra da emulsão, sob condições específicas, por uma

quantidade padrão de proteína (Pearce & Kinsella, 1978; Hill, 1996). Os valores encontrados para os quatro concentrados e as proteínas miofibrilares estão na Tabela 3.3. Os Calpros 8002 e 80 apresentaram a mesma capacidade de emulsificação e não apresentaram diferenças significativas com a EC do CPS 80 ($p>0,05$). O CPS 60 foi que apresentou o menor valor dentre os concentrados, com uma EC igual a 0,80 mL_{óleo}/mg_{proteína}. As proteínas miofibrilares tiveram uma capacidade de emulsificação inferior às proteínas do soro (Figura 3.3), cujo valor foi significativamente diferente de todos CPSs ($p<0,05$).

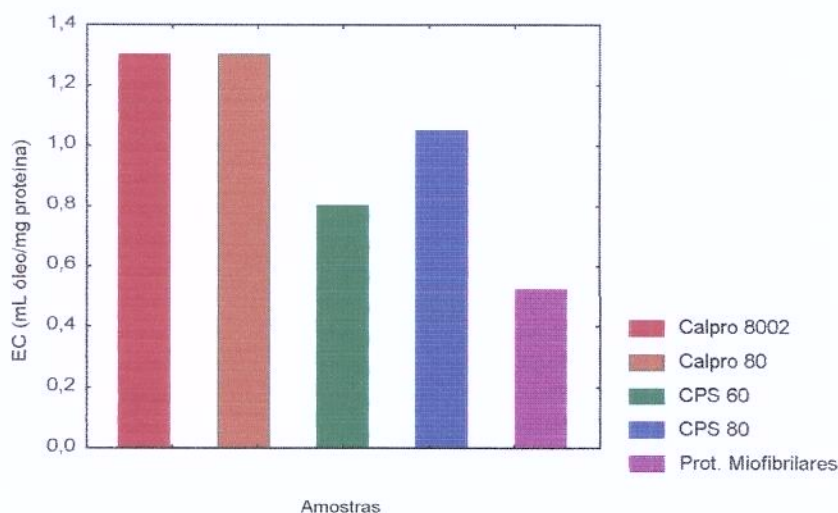


Figura 3.3 – Capacidade de emulsificação das amostras de CPS e proteínas miofibrilares.

Swift *et al.* (1961) determinaram a capacidade de emulsificação das proteínas miofibrilares, cujo valor foi de 1,75 mL_{óleo}/mg_{proteína}. Li-Chan *et al.* (1984) encontraram um valor de EC de 1,18 mL_{óleo}/mg_{proteína} que resultou de combinações de solubilidade e hidrofobicidade superficial. Estes valores foram maiores que da capacidade de emulsificação das proteínas miofibrilares do *Quadriceps femoris* deste trabalho. É difícil fazer uma analogia entre os dados, pois o tipo de músculo, e as condições de isolamento das proteínas, influem muito nas propriedades funcionais das proteínas miofibrilares, além de outros fatores mencionados na revisão bibliográfica.

Os valores de EC dos Calpros 8002 e 80 foram excelentes. A EC igual a 0,80 mL_{óleo}/mg_{proteína} do CPS 60 pode ser comparada à encontrada por Melachouris (1984), que foi de 0,88 mL_{óleo}/mg_{proteína} para um CPS com 50,0% de proteínas. Kilara (1984) encontrou um valor bem menor para um CPS obtido por ultrafiltração, com EC

igual a 0,04 mL_{óleo}/mg_{proteína}, que corresponde a um CPS com capacidade de emulsificação muito baixa.

3.4. Formação de Espuma

3.4.1. Overrun

O “overrun” foi obtido apenas para o Calpro 8002, Calpro 80 e CPS 80, pois o CPS 60 não apresentou propriedades de formação de espuma (Tabela 3.4).

TABELA 3.4
Porcentagem de “overrun” em pH 7,0.

<i>Tempo de batimento (min)</i>	<i>Calpro 8002 (%)</i>	<i>Calpro 80 (%)</i>	<i>CPS 60 (%)</i>	<i>CPS 80 (%)</i>
5,0	458,4 ± 12,9 ^a	465,4 ± 14,2 ^a	não formou	392,0 ± 25,6 ^a
10,0	497,6 ± 6,44 ^b	491,0 ± 3,33 ^{ab}	não formou	386,6 ± 21,0 ^a
20,0	554,3 ± 12,1 ^c	522,8 ± 10,5 ^b	não formou	364,8 ± 20,6 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

O tempo de batimento é uma variável importante para a determinação do “overrun” de proteínas do soro (Figura 3.4). Nos Calpros 8002 e 80, o “overrun” foi diretamente proporcional ao tempo de batimento, cujos valores foram crescentes, como os resultados encontrados por Phillips *et al.* (1987). O Calpro 8002 foi o único concentrado em que todos os valores de “overrun” diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$) nos tempos de 5,0 a 20,0 minutos. O CPS 80 apresentou um “overrun” inversamente proporcional ao tempo de batimento, contrário ao observado nos Calpros 8002 e 80.

Os resultados do “overrun” do Calpro 8002 e 80 foram semelhantes ao observado por Morr *et al.* (1973) e McDonough *et al.* (1974), que obtiveram em pH 7,0 os valores médios de 453,0 e 470,0%, respectivamente. Valores maiores de “overrun” foram observados por Lee *et al.* (1992), cujo CPS estudado em pH 7,0 a 25°C apresentou um valor igual a 763,0%, semelhante ao observado por Phillips *et al.* (1987) no mesmo pH.

No trabalho de Morr *et al.* (1973) citado anteriormente, foi observado que a formação de espuma de CPSs obtidos por ultrafiltração apresentaram considerável

variação, cujo “overrun” variou de 460,0% a 900,0%, para tempos de batimento de 0,5 a 15 minutos, e um volume drenado de 10,0 a 36,0 mL, respectivamente.

A gordura do leite é um excelente redutor de espumas de CPS, interferindo na estabilidade e no “overrun” (McDonough *et al.*, 1974; Shimada & Cheftel, 1988, 1989). A presença de lipídeos diminui significativamente a capacidade de formação de espuma das proteínas do soro, como foi observado no CPS 60.

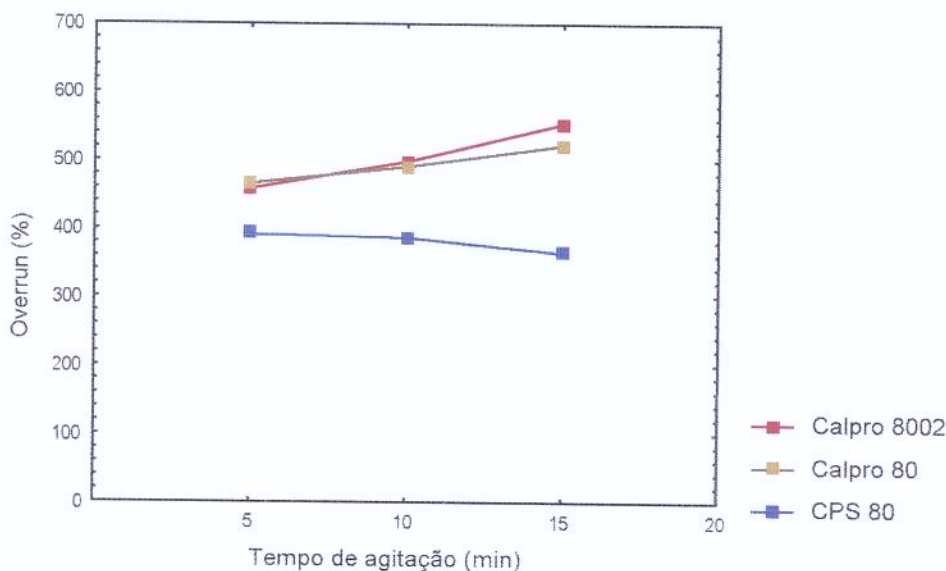


Figura 3.4 – Porcentagem do “overrun” das amostras.

3.4.2. Estabilidade da Espuma

A Tabela 3.5 apresenta os dados de estabilidade das espumas dos Calpros 8002 e 80 e o CPS 80, que corresponde ao tempo de drenagem em minutos de 50,0% do volume da solução inicial de 100,0 mL. A estabilidade das espumas dos três concentrados aumentou com o aumento do tempo de batimento da solução. O Calpro 80 formou espuma mais estável que o Calpro 8002 e o CPS 80, e os tempos de drenagem foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) para todos os tempos de batimento.

Apesar do CPS 80 apresentar um “overrun” relativamente alto, a estabilidade de sua espuma foi muito baixa (Figura 3.5). Soluções de CPSs necessitam de no mínimo 10 minutos de batimento para haver uma boa estabilidade da espuma. Isto ocorre devido a uma maior resistência de suas proteínas à desnaturação da superfície e desenvolvimento da viscosidade superficial do filme. Suas espumas proporcionam bolhas de tamanho pequeno, indicando uma maior área superficial.

TABELA 3.5
Estabilidade da Espuma

<i>Tempo de batimento (min)</i>	<i>Calpro 8002 (min)</i>	<i>Calpro 80 (min)</i>	<i>CPS 60 (min)</i>	<i>CPS 80 (min)</i>
5,0	12,1 ± 0,5 ^a	12,6 ± 0,4 ^a	Não formou	2,32 ± 0,02 ^a
10,0	13,8 ± 0,5 ^b	14,4 ± 0,2 ^b	Não formou	2,78 ± 0,09 ^b
20,0	14,1 ± 0,4 ^b	17,3 ± 0,4 ^c	Não formou	2,85 ± 0,03 ^b

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

McDonough *et al.* (1974) observaram uma estabilidade de 20,0 minutos num CPS em pH 7,0, enquanto Morr *et al.* (1973) encontraram um valor igual a 7,8 minutos. Melhores resultados foram obtidos por Phillips *et al.* (1987). Em geral, a espuma de proteínas com alto “overrun” tem uma boa estabilidade, uma vez que aquela com baixo “overrun” é pouco estável.

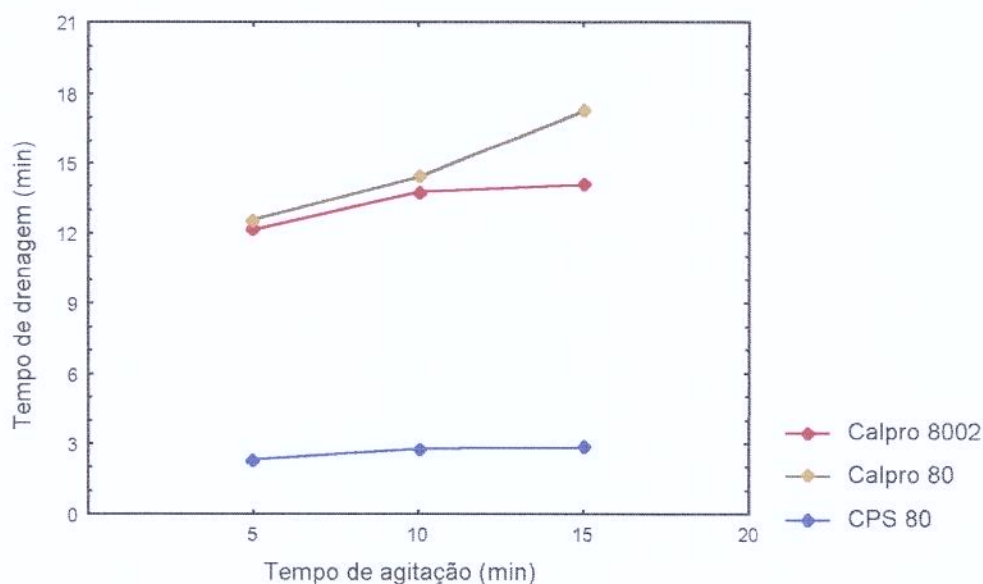


Figura 3.5 – Estabilidade das espumas dos Calpros 8002 e 80 e do CPS 80.

De Wit (1998) explica que a redução de lipídeos de amostras de CPS proporciona excelentes propriedades de formação de espuma (“overrun” e estabilidade da espuma). Karleskind *et al.* (1995) observaram o mesmo efeito através da redução de lipídeos, cujos conteúdos de lipídeos e cinzas foram os principais fatores que afetaram as

propriedades de formação de espuma de amostras de CPS. Peltonen-Shalaby & Mangino (1986) também observaram que a concentração de cinzas contribuiu positivamente para as propriedades de formação de espuma de proteínas do soro.

Morr (1987) relatou que CPSs obtidos por liofilização produziram pobres propriedades de formação de espuma. O mesmo comportamento funcional foi observado para os CPSs 60 e 80, podendo também ser um fator que influenciou na capacidade de formação de espuma. Resultados divergentes foram observados em CPSs comerciais que passaram pelo processo de secagem em “spray-dryer”.

4. CONCLUSÃO

O pH é importante na determinação da solubilidade das proteínas do soro e proteínas miofibrilares. Os resultados comprovaram a alta solubilidade dos CPSs no ponto isoelétrico de suas proteínas, e um comportamento inverso para as proteínas miofibrilares. A alta solubilidade dos Calpros 8002 e 80 proporcionou a esses concentrados melhores propriedades de emulsificação e formação de espuma em relação aos CPSs 60 e 80.

Os CPSs apresentaram boas propriedades de emulsificação, principalmente o Calpro 8002, podendo ser aplicados em produtos cárneos, com o intuito de melhorar a capacidade de emulsificação das proteínas miofibrilares em produtos emulsionados, como salsichas, mortadelas e bolos de carne.

Os Calpros 8002 e 80 formaram espuma relativamente estável, com um alto "overrun". A espuma do CPS 80 foi muito instável, embora tenha apresentado um "overrun" próximo dos outros dois concentrados. O CPS 60 não formou espuma por apresentar um alto teor de gordura, que é altamente prejudicial a esta propriedade funcional.

Os CPSs 60 e 80 apresentaram uma solubilidade relativamente alta e boas propriedades de emulsificação, apesar dos problemas apresentados durante o processo de obtenção desses concentrados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. v.2, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1997.
- Beuschel, B. C.; Culbertson, J. D.; Partridge, J. A.; Smith, D. M. Gelation and emulsification properties of partially insolubilized whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.57, n.3, p.605-609, 1992.
- Bosma, J. C.; Wesselingh, J. A. pH dependence of ion-exchange equilibrium of proteins. **AIChE Journal of Chemical Engineering Research and Development**, v.44, n.11, p.2399-2408, 1998.
- de Wit, J. N. Functional properties of whey proteins. In **Developments in Dairy Chemistry**, V. 4, P. F. Fox Editor. Elsevier Science Publishing Inc., New York. 1989^a. 285p.
- de Wit, J. N. The use of whey protein products. In **Developments in Dairy Chemistry**. P. F. Fox Editor. Elsevier Science Publishing Inc., New York. 1989^b. 323p.
- de Wit, J. N. Thermal stability and functionality of whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.12, p.3602-3612, 1990.
- de Wit, J. N. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.3, p.597-608 1998.
- Foegeding, E. A.; Allen, C. E.; Dayton, W. R. Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p.104-108, 1986.
- Hill, S. E. Emulsions. In **Methods of Testing Protein Functionality**. Editors G. M. Hall. Chapman & Hall. 1996. p.153-185.
- Horton, B. S. Whey processing and utilization. **Bulletin of the IDF**, v.279, p.46-49, 1993.
- Huffman, L. M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, v.50, n.2, p.49-52, 1996.
- Hultin, H. O.; Feng, Y.; Stanley, D. W. A re-examination of muscle protein solubility. **Journal of Muscle Foods**, v.6, n.2, p.91-107, 1995.
- Karleskind, D.; Laye, I.; Mei, F.-I.; Morr, C. V. Foaming properties of lipid-reduced and calcium-reduced whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p.738-741, 1995.
- Kilara, A. Standardization of methodology for evaluating whey proteins. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2734-2743, 1984.
- Kim, Y. A.; Chism, G. W., III; Mangino, M. E. Determination of the beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin and bovine serum albumin of whey protein concentrates and their relationship to protein functionality. **Journal of Food Science**, v.52, n.1, p.124-127, 1987.
- Kinsella, J. E. Milk protein: physicochemical and functional properties. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.21, n.3, p.197-262, 1984.
- Kinsella, J. E.; Whitehead, D. M. Protein in whey: chemical, physical and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.33, p.343-438, 1989.

- Klemaszewski, J. L.; Das, K. P.; Kinsella, J. E. Formation and coalescence stability of emulsions stabilized by different milk proteins. **Journal of Food Science**, v.57, n.2, p.366-379, 1992.
- Lee, S.-Y.; Morr, C. V.; Ha, E. Y. W. Structural and functional properties of caseinate and whey protein isolate as affected by temperature and pH. **Journal of Food Science**, v.57, n.5, p.1210-1229, 1992.
- Li-Chan, E. Heat-induced changes in the proteins of whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.48, n.1, p.47-56, 1983.
- Li-Chan, E.; Nakai, S.; Wood, D. F. Hydrophobicity and solubility of meat proteins and their relationship to emulsifying properties. **Journal of Food Science**, v.49, n.2, p.345-350, 1984.
- Mangino, M. E. Physicochemical aspects of whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2711-2722, 1984.
- McDonough, F. E.; Hargrove, R. E.; Mattingly, W. A.; Posati, L. P.; Alford, J. A. Composition and properties of whey protein concentrates from ultrafiltration. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.12, p.1438-1443, 1974.
- Melachouris, N. Critical aspects in development of whey protein concentrate. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2693-2700, 1984.
- Modler, H. W.; Jones, J. D. Selected processes to improve the functionality of dairy ingredients. **Food Technology**, v.41, n.10, p.114-117, 1987.
- Morr, C. V. Functional properties of whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.38, n.2, p.324-330, 1973.
- Morr, C. V. Functionality of whey protein products. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v.14, n.2, p.185-194, 1979.
- Morr, C. V. Production and use of milk proteins in foods. **Food Technology**, v.38, n.7, p.39-48, 1984.
- Morr, C. V. Effect of HTST pasteurization of milk, cheese whey, cheese whey UF retentate upon the composition, physicochemical and functional properties of whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v.52, n.2, p.312-317, 1987.
- Morr, C. V.; Foegeding, E. A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: a status report. **Food Technology**, v.44, n.4, p.100-112, 1990.
- Morr, C. V., German, B., Kinsella, J. E., Regenstein, J. M., Van Buren, J. P., Kilara, A., Lewis, B. A. and Mangino, M. E. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v.50, n.5, p.1715-1718, 1985.
- Pearce, R. J. Food Functionality: success or failure for dairy based ingredients. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.50, n.1, p.15-23, 1995.
- Pearce, K. N.; Kinsella, J. E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.26, n.3, p.716-723, 1978.
- Peltonen-Shalaby, R.; Mangino, M. E. Compositional factors that affect the emulsifying and foaming properties of whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.51, n.1, p.91-95, 1986.
- Phillips, L. G.; Haque, Z.; Kinsella, J. E. A method for the measurement of foam formation and stability. **Journal of Food Science**, v.52, n.4, p.1074-1077, 1987.

- Schmidt, R. H.; Packard, V. S.; Morris, H. A. Effect of processing on whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2723-2733, 1984.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Texture characteristics, protein solubility, and sulfhydryl group/disulfide bond contents of heat-induced gels of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, n.5, p.1018-1025, 1988.
- Shimada, K.; Cheftel, J. C. Sulphydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.1, p.161-168, 1989.
- Swift, C. E.; Lockett, C.; Fryar, A. J. Comminuted meat emulsions – the capacity of meats for emulsifying fat. **Food Technology**, v.15, n.11, p.468-473, 1961.

ESTUDO 4**APLICAÇÃO DE CONCENTRADOS PROTÉICOS DE SORO DE LEITE
EM PRODUTOS CÁRNEOS****RESUMO**

Neste estudo foram elaborados produtos cárneos utilizando os CPSs dos estudos anteriores como ingrediente e foram investigadas as características de textura e “cooking yield” desses produtos. As proteínas miofibrilares dos bolos de carne, hambúrgueres e salsichas foram substituídas em diferentes proporções (1,0 a 5,0%) pelos CPSs. Nos hambúrgueres foram avaliadas as perdas após o processo de fritura, e os valores foram comparados com a amostra controle (sem substituição). Na análise do perfil de textura, observou-se que o aumento do nível de substituição proporcionou a obtenção de hambúrgueres mais macios e coesos, e houve melhoria nos parâmetros relacionados ao “cooking yield” com os concentrados Calpro 8002 e CPS 80, e redução das perdas por encolhimento ($p < 0,05$) ao nível de substituição de 5,0%, proporcionando uma maior retenção de água. As análises de textura indicaram melhorias em todos os parâmetros (dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade), tanto para os bolos de carne, quanto para as salsichas. Os bolos de carne com o Calpro 8002 e o CPS 80 apresentaram diminuição na dureza ($p < 0,05$) para todos os níveis de substituição, com relação à amostra controle. Estes apresentaram um “cooking yield” de 87,7%, 91,8%, 93,1% e 94,9% na substituição de 5,0% com os concentrados CPS 60, Calpro 80, Calpro 8002 e CPS 80, respectivamente, contra 81,5% da amostra sem substituição. As salsichas elaboradas com CPS 80 e Calpro 8002 apresentaram maior elasticidade, que as salsichas com CPS 60 e Calpro 80. Observou-se que o Calpro 8002 proporcionou melhores resultados no perfil de textura dos três produtos cárneos.

2.3.2. Formulação e Processamento dos Hambúrgueres

Os hambúrgueres foram obtidos segundo as formulações apresentadas nas Tabelas 4.3 e 4.4. Foi utilizada um batedeira com agitador na forma de garfo. Foram misturados durante 4 minutos, a carne, o CPS, a água e o sal (Figura 4.2). A massa foi armazenada sob refrigeração a 5°C durante 4,0 horas, depois foi enformada em tamanho padrão, obtendo-se hambúrgueres com aproximadamente 80,0 g, com 9,0 cm de diâmetro e 2,0 cm de espessura, estocados a 5°C por 48,0 horas e, então, submetidos a fritura por 15,0 minutos (7,5 minutos de cada lado). A temperatura interna de cada hambúrguer foi monitorada com o auxílio de um termopar. Depois de fritos, os hambúrgueres foram resfriados a 25°C e analisados quanto ao peso, diâmetro e espessura para determinação do “cooking yield”, retenção de umidade e “shrinkage”, sendo, posteriormente determinado o perfil de textura. Cada batelada foi de 400g.

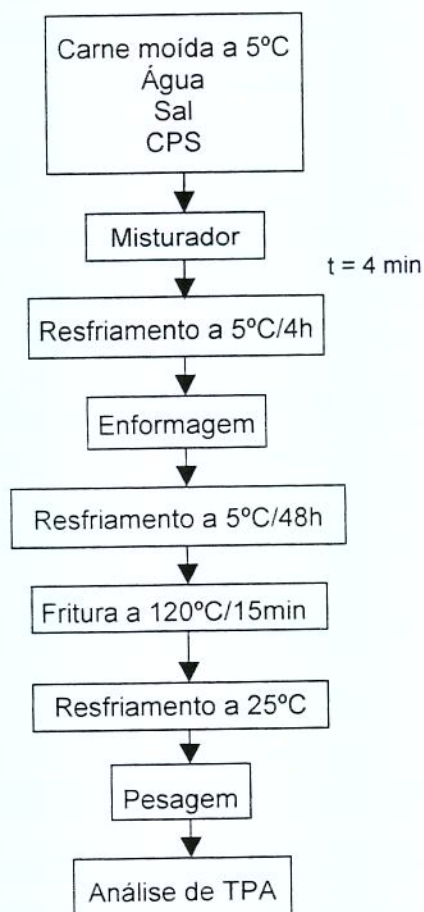


Figura 4.2 – Fluxograma do processo de fabricação dos hambúrgueres.

TABELA 4.3
Formulação do hambúrguer sem CPS

Matérias-primas	%
Carne	88,0
Água	11,5
Sal	0,50

TABELA 4.4
Formulações dos hambúrgueres em diferentes níveis de substituições.

Substituição (%)	Carne (g)	CPS (g)	Água (g)	Sal (g)	Total (g)
Calpro 8002					
0,0	352,0	0,00	45,96	2,04	400,0
1,0	348,5	4,57	44,91	2,04	400,0
2,0	345,0	9,14	43,86	2,04	400,0
3,0	341,4	13,7	42,81	2,04	400,0
4,0	337,9	18,3	41,76	2,04	400,0
5,0	334,4	22,9	40,70	2,04	400,0
Calpro 80					
1,0	348,5	4,54	44,94	2,04	400,0
2,0	345,0	9,07	43,93	2,04	400,0
3,0	341,4	13,6	42,91	2,04	400,0
4,0	337,9	18,1	41,90	2,04	400,0
5,0	334,4	22,7	40,88	2,04	400,0
CPS 60					
1,0	348,5	5,84	43,64	2,04	400,0
2,0	345,0	11,7	41,31	2,04	400,0
3,0	341,4	17,5	38,99	2,04	400,0
4,0	337,9	23,4	36,66	2,04	400,0
5,0	334,4	29,2	34,34	2,04	400,0
CPS 80					
1,0	348,5	4,35	45,13	2,04	400,0
2,0	345,0	8,71	44,29	2,04	400,0
3,0	341,4	13,1	43,46	2,04	400,0
4,0	337,9	17,4	42,62	2,04	400,0
5,0	334,4	21,8	41,80	2,04	400,0

2.4. Análises de Rendimentos dos Produtos Cárneos

O “cooking yield” e a retenção de umidade foram determinados nas amostras de hambúrguer e bolo de carne; as perdas por encolhimento apenas nos hambúrgueres. A umidade foi determinada pela perda de peso após cocção (A.O.A.C., 1997).

Os cálculos utilizados na determinação do “cooking yield” e retenção de umidade são mostrados nas Equações 4.1 e 4.2 e o “shrinkage”¹ na Equação 4.3. As análises de rendimento foram determinadas segundo Adams (1994). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

$$\text{"Cooking yield" (\%)} = \frac{\text{Peso cozido}}{\text{Peso cru}} \times 100 \quad 4.1$$

$$\text{Retenção de Umidade (\%)} = \frac{\% \text{"Cooking yield"} \times \% \text{Umidade do produto cárneo cozido}}{100} \quad 4.2$$

$$\text{"Shrinkage" (\%)} = \frac{(\text{cru} - \text{cozido})_{\text{espessura}} + (\text{cru} - \text{cozido})_{\text{diâmetro}}}{(\text{espessura} + \text{diâmetro})_{\text{cru}}} \times 100 \quad 4.3$$

2.5. Análise do Perfil de Textura dos Produtos Cárneos

O perfil de textura dos três produtos cárneos foi medido à temperatura ambiente (25°C). Foram utilizadas as mesmas condições descritas no item 2.6 do Estudo 2, página 62.

2.6. Análises Estatísticas

Foi utilizado o programa Statistica 5.0 na elaboração dos gráficos e no tratamento dos dados. A diferença entre as médias foi analisada pelo teste de significância de Tukey.

¹ “Shrinkage” (Perdas por encolhimento)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição Centesimal das Matérias-Primas

Os dados da composição centesimal dos CPSs e da carne bovina estão representados na Tabela 2.4 do Estudo 2. A composição centesimal dos produtos cárneos crus e cozidos está representada no Apêndice C.

3.2. Resultados dos Bolos de Carne

3.2.1. Análise do Perfil de Textura dos Bolos de Carne

As Tabelas 4.5 a 4.8 e a Figura 4.3 apresentam os valores dos componentes do perfil de textura dos bolos de carne nos diferentes níveis de substituição e da amostra controle. Pode ser observado que ocorreu uma diminuição nos valores de adesividade e dureza com os valores de substituição crescentes de zero a 5,0%. O inverso foi observado para os valores de coesividade e elasticidade. Na adesividade, o Calpro 8002 e o CPS 80 apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os níveis de substituição com relação à amostra controle e dentre os níveis. O CPS 60 não apresentou o mesmo comportamento, não havendo diferenças significativas entre as substituições. No Calpro 80 os níveis de substituição acima de 2,0% apresentaram diferenças em relação a amostra controle para a elasticidade (Tabela 4.6).

O Calpro 8002 e o CPS 80 proporcionaram os melhores resultados de dureza, pois com apenas 1,0% de substituição já apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) comparados à amostra controle. Também para a dureza, as substituições de 3,0%, 4,0% e 5,0% não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si para todos os concentrados. O CPS 60 foi o que proporcionou uma menor maciez às amostras de bolo de carne. Lee *et al.* (1980) também observaram uma baixa diminuição na dureza de bolos de carne elaborados com CPSs com teores protéicos de 18,7% e 32,5%.

O Calpro 8002 proporcionou a obtenção de bolos de carne mais coesos, ficando o Calpro 80 em segundo lugar. Para o CPS 60 não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formulações. Apenas a 5,0% de substituição foi significativamente diferente ($p < 0,05$) da amostra controle, para os bolos de carne formulados com o CPS 80.

Os valores de elasticidade não foram representativos para o CPS 60, mas os demais concentrados proporcionaram melhorias, cujos valores aumentaram conforme aumentou o nível de substituição, sendo que, substituições acima de 1,0% foram

significativamente diferentes entre a amostra controle, o Calpro 8002 e o CPS 80. Torgersen & Toledo (1977) observaram que a utilização de CPSs em bolos de carne proporcionou maior elasticidade, comparados à amostra controle.

Comparando os valores de gomosidade e mastigabilidade entre os concentrados, observa-se que o Calpro 80 apresentou menores valores a 5,0% de substituição, cujos valores foram 18,4% e 4,7% inferiores ao controle, respectivamente. Houve uma diminuição mais acentuada nos valores de gomosidade conforme aumentava o nível de substituição. Na mastigabilidade, os valores diminuíram em menor proporção. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre substituições e controle para os resultados apresentados.

3.2.2. Análises de Rendimentos dos Bolos de Carne

Os valores de “cooking yield” estão representados nas Tabelas 4.9 a 4.12. Os resultados apresentaram a mesma tendência nos quatro concentrados (Figura 4.4). O Calpro 8002 e o CPS 80 apresentaram menores perdas, consequentemente maiores rendimentos. Níveis de substituição com o CPS 80 a 1,0% apresentaram 4,7% de diferença entre a amostra controle e 8,2%; 10,5%; 12,7% e 14,2% para 2,0%, 3,0%, 4,0% e 5,0% de substituição, respectivamente. As formulações apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para todos os valores de “cooking yield” nos concentrados Calpro 8002 e Calpro 80. O CPS 60 não apresentou um desempenho satisfatório em relação aos demais concentrados, mas pode-se observar melhorias de até 7,1% em relação ao controle. A faixa de “cooking yield” para 5,0% de substituição foi de 87,7% a 94,9% para todos os concentrados contra 81,5% da amostra controle. Tais melhorias também foram observadas por Casella (1983) e Lee *et al.* (1980).

O CPS 80 proporcionou excelentes resultados de retenção de umidade nas amostras de bolo de carne, destacando-se frente aos outros concentrados (Figura 4.5), cujo perfil foi semelhante ao “cooking yield”, podendo ser observado na Figura 4.4. Hongsprabhas & Barbut (1999^b) mostraram que, ao substituir 2,0% de proteínas miofibrilares por um IPS com proteínas parcialmente desnaturadas, houve uma melhoria significativa nos parâmetros de textura e redução acentuada das perdas com o cozimento, quando comparados com nenhuma substituição, ou com a adição de 2,0% do mesmo IPS. Estes resultados mostram que quando as proteínas do soro sofrem tratamentos térmicos brandos, ou seja, são parcialmente desnaturadas, a retenção de água é favorecida, minimizando as perdas após o cozimento (Hongsprabhas & Barbut, 1999^a).

TABELA 4.5
Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o Calpro 8002.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-24,5 ± 0,072	a 0,510 ± 0,03	a 3.861,6 ± 35,8	a 0,701 ± 0,02	a 1.969,4 ± 38,1	a 1.380,6 ± 20,8
1,0%	-17,8 ± 0,096	b 0,620 ± 0,06	ab 3.004,7 ± 27,7	b 0,740 ± 0,02	a 1.862,9 ± 39,1	a 1.378,6 ± 35,5
2,0%	-14,7 ± 0,24	c 0,659 ± 0,05	b 2.680,8 ± 62,2	bc 0,777 ± 0,004	a 1.766,4 ± 44,4	a 1.372,5 ± 29,0
3,0%	-12,8 ± 0,55	d 0,705 ± 0,006	bc 2.390,9 ± 49,4	bcd 0,806 ± 0,003	a 1.685,6 ± 18,2	a 1.358,6 ± 12,2
4,0%	-9,05 ± 0,78	e 0,769 ± 0,07	cd 2.180,5 ± 30,6	cd 0,820 ± 0,04	a 1.676,8 ± 35,8	a 1.375,0 ± 34,2
5,0%	-7,20 ± 0,49	f 0,800 ± 0,002	d 2.015,2 ± 51,0	d 0,848 ± 0,008	e 1.612,2 ± 23,3	a 1.367,1 ± 21,5

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.6
Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o Calpro 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-24,5 ± 0,072	a 0,510 ± 0,03	a 3.861,6 ± 35,8	a 0,701 ± 0,02	a 1.969,4 ± 38,1	a 1.380,6 ± 20,8
1,0%	-19,8 ± 0,51	b 0,557 ± 0,03	ab 3.349,9 ± 71,5	ab 0,738 ± 0,002	a 1.865,9 ± 62,3	a 1.377,0 ± 49,5
2,0%	-18,0 ± 0,55	bc 0,599 ± 0,06	b 3.015,9 ± 59,2	bc 0,754 ± 0,007	a 1.806,6 ± 42,0	a 1.362,1 ± 38,0
3,0%	-16,1 ± 0,71	c 0,623 ± 0,06	bc 2.803,3 ± 25,1	bcd 0,770 ± 0,03	a 1.746,4 ± 20,5	a 1.344,8 ± 28,2
4,0%	-12,3 ± 0,53	d 0,667 ± 0,06	c 2.492,0 ± 79,3	cd 0,800 ± 0,006	a 1.662,2 ± 46,3	a 1.329,7 ± 18,4
5,0%	-9,60 ± 0,12	e 0,711 ± 0,009	c 2.260,2 ± 65,3	d 0,819 ± 0,007	a 1.607,0 ± 34,9	a 1.316,1 ± 22,9

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.7
Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o CPS 60.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-24,5 ± 0,072	a 0,510 ± 0,03	a 3.861,6 ± 35,8	a 0,701 ± 0,02	a 1.969,4 ± 38,1	a 1.380,6 ± 20,8
1,0%	-21,3 ± 0,55	a 0,533 ± 0,009	ab 3.535,9 ± 40,6	a 0,733 ± 0,03	a 1.884,6 ± 36,8	a 1.381,4 ± 17,9
2,0%	-19,6 ± 0,79	a 0,539 ± 0,03	ab 3.469,0 ± 36,8	a 0,737 ± 0,02	a 1.869,8 ± 27,6	a 1.378,0 ± 25,4
3,0%	-18,0 ± 0,90	a 0,548 ± 0,02	bc 3.347,3 ± 62,8	a 0,745 ± 0,003	a 1.834,3 ± 37,0	a 1.366,6 ± 38,4
4,0%	-16,1 ± 0,94	a 0,557 ± 0,04	bc 3.164,2 ± 51,9	a 0,760 ± 0,01	a 1.762,5 ± 27,7	a 1.339,5 ± 28,1
5,0%	-13,6 ± 0,51	a 0,585 ± 0,02	c 3.046,6 ± 54,4	a 0,768 ± 0,009	a 1.782,2 ± 34,9	a 1.368,8 ± 20,9

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.8
Análise do perfil de textura dos bolos de carne com o CPS 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-24,5 ± 0,072	a 0,510 ± 0,03	a 3.861,6 ± 35,8	a 0,701 ± 0,02	a 1.969,4 ± 38,1	a 1.380,6 ± 20,8
1,0%	-18,7 ± 0,66	a 0,564 ± 0,006	b 3.222,9 ± 20,1	b 0,751 ± 0,005	a 1.821,0 ± 20,7	a 1.367,5 ± 18,8
2,0%	-16,8 ± 0,54	a 0,580 ± 0,005	bc 3.150,4 ± 58,3	bc 0,760 ± 0,01	a 1.827,2 ± 37,6	a 1.388,7 ± 21,2
3,0%	-14,6 ± 0,025	ab 0,605 ± 0,01	bcd 2.905,6 ± 49,9	bc 0,771 ± 0,001	a 1.757,9 ± 25,2	a 1.355,3 ± 26,5
4,0%	-11,0 ± 0,81	ab 0,634 ± 0,009	cd 2.741,5 ± 32,9	bc 0,794 ± 0,009	a 1.738,1 ± 28,2	a 1.380,1 ± 17,6
5,0%	-7,87 ± 0,50	b 0,659 ± 0,02	d 2.566,4 ± 46,7	c 0,808 ± 0,01	a 1.691,2 ± 24,5	a 1.366,5 ± 16,5

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

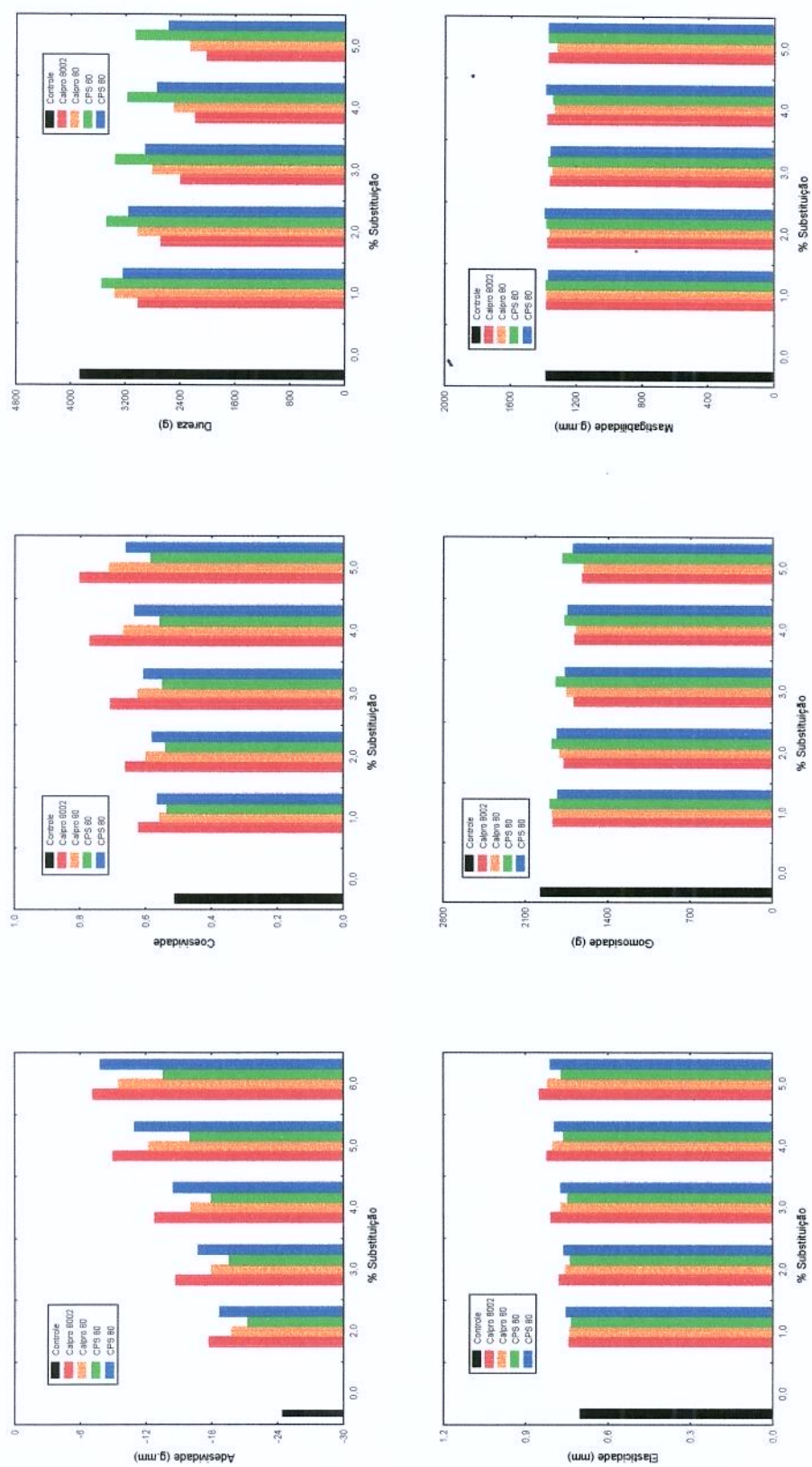


Figura 4.3 - Perfil de textura dos bolos de carne.

A amostra controle apresentou 50,7% de retenção de umidade, diferenciando-se significativamente ($p < 0,05$) de todos os níveis de substituição com o CPS 80 e o Calpro 80. Para o CPS 60 o mesmo foi observado acima de 3,0% de substituição. Para o Calpro 8002 houve um aumento acentuado acima de 2,0% de substituição.

TABELA 4.9

Análises de rendimento dos bolos de carne com o Calpro 8002.

Amostra (%)	"Cooking Yield" (%)	Retenção de Umidade (%)
0,0	$81,5 \pm 0,24^a$	$50,7 \pm 0,15^a$
1,0	$82,9 \pm 0,27^b$	$50,8 \pm 0,16^a$
2,0	$86,5 \pm 0,09^c$	$53,0 \pm 0,06^b$
3,0	$88,1 \pm 0,33^d$	$53,4 \pm 0,20^b$
4,0	$90,4 \pm 0,27^e$	$54,7 \pm 0,16^c$
5,0	$93,1 \pm 0,58^f$	$56,1 \pm 0,35^d$

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.10

Análises de rendimento dos bolos de carne com o Calpro 80.

Amostra (%)	"Cooking Yield" (%)	Retenção de Umidade (%)
0,0	$81,5 \pm 0,24^a$	$50,7 \pm 0,15^a$
1,0	$83,2 \pm 0,06^b$	$51,1 \pm 0,040^b$
2,0	$85,3 \pm 0,20^c$	$52,2 \pm 0,12^c$
3,0	$87,9 \pm 0,19^d$	$53,4 \pm 0,12^d$
4,0	$89,8 \pm 0,37^e$	$54,4 \pm 0,22^e$
5,0	$91,8 \pm 0,19^f$	$55,4 \pm 0,11^f$

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.11

Análises de rendimento dos bolos de carne com o CPS 60.

Amostra (%)	"Cooking Yield" (%)	Retenção de Umidade (%)
0,0	$81,5 \pm 0,24^a$	$50,7 \pm 0,15^a$
1,0	$82,3 \pm 0,18^{ab}$	$50,8 \pm 0,11^a$
2,0	$83,7 \pm 0,37^{bc}$	$51,4 \pm 0,23^{ab}$
3,0	$84,9 \pm 0,79^{cd}$	$52,0 \pm 0,48^{bc}$
4,0	$86,5 \pm 0,49^{de}$	$52,9 \pm 0,30^{cd}$
5,0	$87,7 \pm 0,72^e$	$53,4 \pm 0,44^d$

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.12

Análises de rendimento dos bolos de carne com o CPS 80.

Amostra (%)	"Cooking Yield" (%)	Retenção de Umidade (%)
0,0	81,5 ± 0,24 ^a	50,7 ± 0,15 ^a
1,0	85,5 ± 0,47 ^b	52,4 ± 0,29 ^b
2,0	88,8 ± 0,50 ^c	54,5 ± 0,31 ^c
3,0	91,0 ± 0,15 ^{cd}	55,8 ± 0,09 ^{cd}
4,0	93,3 ± 0,79 ^{de}	56,6 ± 0,48 ^d
5,0	94,9 ± 1,2 ^e	57,1 ± 0,71 ^d

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

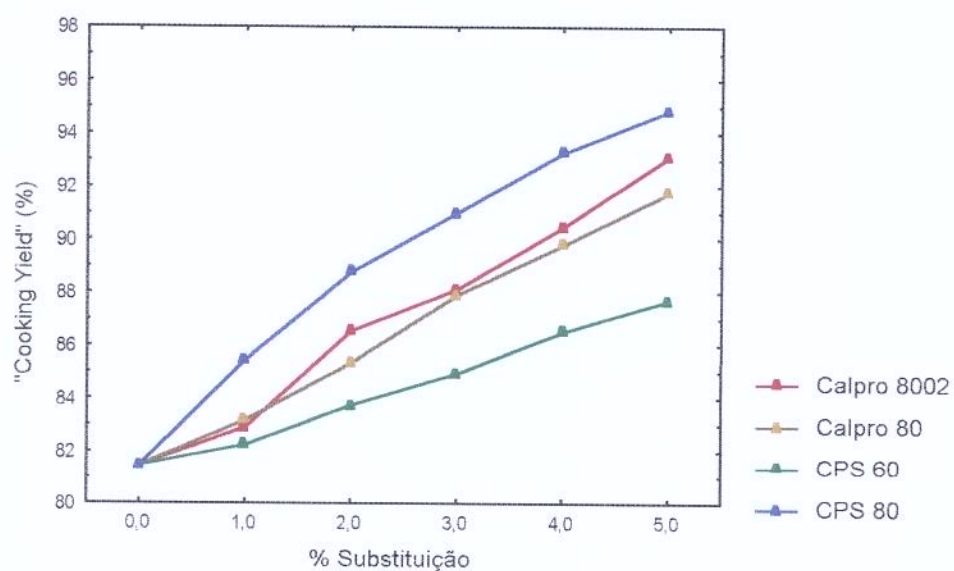


Figura 4.4 – "Cooking yield" dos bolos de carne.

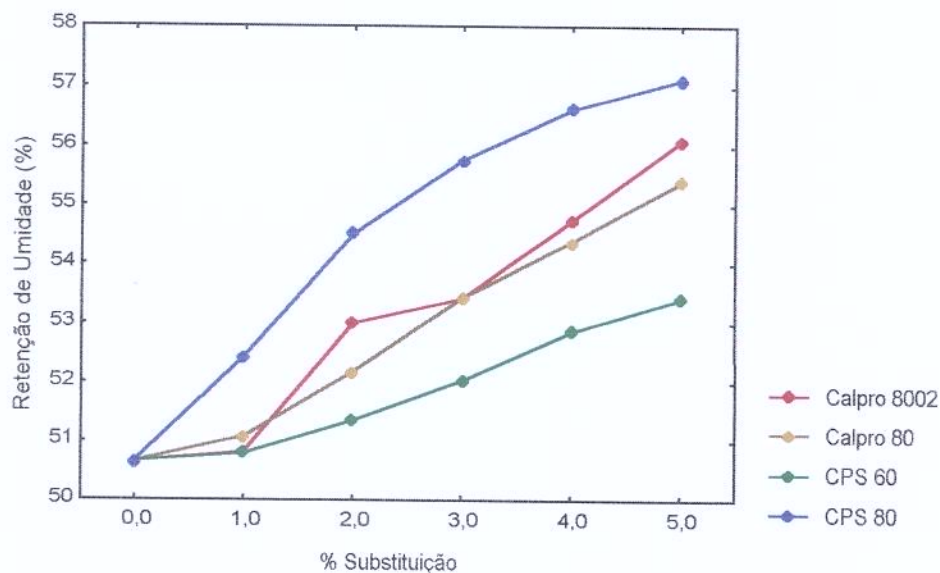


Figura 4.5 – Retenção de umidade das amostras de bolo de carne.

3.3. Resultados das Salsichas

3.3.1. Análise do Perfil de Textura das Salsichas

As Tabelas 4.13 a 4.16 mostram os valores dos parâmetros do perfil de textura das diferentes formulações de salsicha utilizando os quatro concentrados. Na Figura 4.6 nota-se com destaque as melhorias proporcionadas pelo Calpro 8002, com relação aos outros concentrados, para a dureza, adesividade, elasticidade e coesividade, além dos benefícios também proporcionados pelos outros concentrados.

Substituições acima de 1,0% tiveram diferenças significativas ($p < 0,05$) na adesividade com os concentrados Calpro 8002, Calpro 80 e CPS 80, com relação à amostra controle. Houve diferença significativa entre a coesividade e o controle e as substituições foram observadas nas amostras com Calpro 8002 e Calpro 80, sendo que a maior diferença foi de 31,9% para a substituição de 5,0% com o Calpro 8002.

Os valores de dureza foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) para todos os níveis de substituição até 4,0% nos quatro concentrados. Em todos os casos, ocorreram diminuições dos valores de dureza com o aumento da porcentagem de substituição, sendo marcante para o Calpro 8002. O mesmo comportamento foi observado por Hung & Zayas (1992) em salsichas do tipo “frankfurter”, cujos valores de elasticidade foram semelhantes em todos os casos, com pequenos aumentos, conforme

aumentava o nível de substituição para cada concentrado. Semelhanças foram observadas entre os valores de elasticidade, para o Calpro 8002 e CPS 80, os quais, em substituições acima de 3,0% não diferiram significativamente ($p < 0,05$) nos quatro concentrados.

Os resultados observados na Figura 4.6 são representativos do perfil de textura das salsichas com e sem CPS, onde pode-se notar que estas tornam-se mais macias, coesas, elásticas e com uma adesividade menor em função do aumento da porcentagem de substituição com CPS, com diferenças significativas em relação a amostra sem substituição ($p < 0,05$).

Ensor *et al.* (1987) analisaram o perfil de textura de salsichas em diferentes níveis de adição de CPS, como dureza, coesividade e elasticidade, cujos valores de elasticidade aumentaram e diferiram significativamente do controle ($p < 0,05$). Acima de 3,5% de adição não foram notadas diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores de coesividade. Os mesmos autores observaram que o CPS provou ser uma alternativa viável como ingrediente em produtos cárneos emulsionados por proporcionar uma melhor estabilidade e um excelente perfil de textura. Vários trabalhos têm sugerido o emprego de concentrados protéicos de soro de leite em salsichas devido às excelentes propriedades funcionais proporcionadas em relação a outras proteínas (Baardseth *et al.*, 1992; Ellekjær *et al.*, 1996; Lyons *et al.*, 1999).

Poucas diferenças foram observadas entre os valores de gomosidade e mastigabilidade, destacando-se o Calpro 8002, que proporcionou maior redução nos dois parâmetros. Para a gomosidade, o CPS 60 foi o único que não obteve diferenças significativas ($p < 0,05$), nos vários níveis de substituição em relação ao controle. Para a mastigabilidade, apenas o Calpro 8002 a 5,0% teve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a amostra controle. Apesar das poucas diferenças, houve uma diminuição nos valores de gomosidade e mastigabilidade conforme o nível de substituição foi aumentado, em quase todos os casos. Ensor *et al.* (1987) observaram resultados inversos para mastigabilidade de salsichas com níveis de adição de CPS até 3,5%.

Ker & Toledo (1992) avaliaram salsichas elaboradas com amido ou IPS e observaram que aquelas que foram formuladas com IPS foram mais elásticas e tiveram uma maior retenção de água.

TABELA 4.13

Análise do perfil de textura das salsicha com o Calpro 8002.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-35,6 ± 0,42	0,597 ± 0,004	7.728,4 ± 44,5	0,778 ± 0,002	4.617,2 ± 53,9	3.590,3 ± 51,7
1,0%	-30,9 ± 1,5	0,679 ± 0,001	6.567,4 ± 25,4	0,796 ± 0,006	4.460,4 ± 18,3	3.551,7 ± 39,4
2,0%	-24,6 ± 0,34	0,716 ± 0,004	6.066,6 ± 45,9	0,824 ± 0,001	4.344,2 ± 7,97	3.578,5 ± 1,35
3,0%	-21,6 ± 1,1	0,735 ± 0,007	5.391,1 ± 31,3	0,876 ± 0,003	3.963,1 ± 42,5	3.470,4 ± 37,3
4,0%	-20,9 ± 1,7	0,823 ± 0,01	4.831,3 ± 48,7	0,886 ± 0,001	3.976,4 ± 94,7	3.523,2 ± 89,6
5,0%	-17,3 ± 1,7	0,877 ± 0,001	4.301,8 ± 70,9	0,895 ± 0,006	3.771,3 ± 81,8	3.374,4 ± 94,2

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.14

Análise do perfil de textura das salsicha com o Calpro 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-35,6 ± 0,42	0,597 ± 0,004	7.728,4 ± 44,5	0,778 ± 0,002	4.617,2 ± 53,9	3.590,3 ± 51,7
1,0%	-32,3 ± 0,19	0,637 ± 0,009	7.086,1 ± 88,4	0,787 ± 0,01	4.511,9 ± 41,5	3.550,1 ± 42,9
2,0%	-31,5 ± 0,87	0,656 ± 0,006	6.791,0 ± 52,7	0,808 ± 0,02	4.455,1 ± 76,4	3.598,8 ± 45,3
3,0%	-29,0 ± 1,2	0,684 ± 0,001	6.443,4 ± 54,1	0,816 ± 0,001	4.407,0 ± 10,6	3.597,9 ± 7,56
4,0%	-25,3 ± 1,4	0,705 ± 0,008	6.197,6 ± 21,0	0,822 ± 0,001	4.374,8 ± 24,2	3.599,6 ± 26,5
5,0%	-19,6 ± 0,74	0,711 ± 0,001	6.030,7 ± 23,6	0,831 ± 0,004	4.287,8 ± 22,2	3.564,8 ± 30,6

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.15
Análise do perfil de textura das salsicha com o CPS 60.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-35,6 ± 0,42 ^a	0,597 ± 0,004 ^a	7.728,4 ± 44,5 ^a	0,778 ± 0,002 ^a	4.617,2 ± 53,9 ^a	3.590,3 ± 51,7 ^a
1,0%	-33,3 ± 0,54 ^{ab}	0,614 ± 0,02 ^a	7.464,6 ± 48,3 ^b	0,783 ± 0,003 ^a	4.580,9 ± 78,1 ^a	3.588,6 ± 81,2 ^a
2,0%	-31,1 ± 1,6 ^{bc}	0,635 ± 0,009 ^{ab}	7.227,5 ± 3,54 ^c	0,790 ± 0,01 ^{ab}	4.585,9 ± 48,7 ^a	3.621,0 ± 79,4 ^a
3,0%	-30,6 ± 0,84 ^{bc}	0,650 ± 0,05 ^{ab}	6.950,3 ± 70,9 ^d	0,806 ± 0,005 ^{bc}	4.512,4 ± 87,8 ^a	3.635,5 ± 64,2 ^a
4,0%	-28,2 ± 0,20 ^{cd}	0,670 ± 0,001 ^b	6.578,1 ± 32,3 ^e	0,810 ± 0,003 ^c	4.410,4 ± 23,2 ^a	3.570,9 ± 11,0 ^a
5,0%	25,3 ± 0,85 ^d	0,680 ± 0,01 ^b	6.445,0 ± 9,44 ^f	0,818 ± 0,002 ^c	4.382,3 ± 78,0 ^a	3.584,7 ± 63,1 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.16
Análise do perfil de textura das salsicha com o CPS 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-35,6 ± 0,42 ^a	0,597 ± 0,004 ^a	7.728,4 ± 44,5 ^a	0,778 ± 0,002 ^a	4.617,2 ± 53,9 ^a	3.590,3 ± 51,7 ^a
1,0%	-32,1 ± 1,7 ^b	0,633 ± 0,006 ^{ab}	6.779,8 ± 67,3 ^b	0,799 ± 0,01 ^{ab}	4.289,4 ± 48,4 ^{ab}	3.422,7 ± 66,6 ^a
2,0%	-25,2 ± 0,99 ^b	0,665 ± 0,009 ^{abc}	6.155,3 ± 62,6 ^c	0,820 ± 0,01 ^b	4.094,1 ± 69,1 ^{ab}	3.356,3 ± 58,1 ^a
3,0%	-22,5 ± 1,7 ^b	0,707 ± 0,003 ^{bc}	5.788,0 ± 51,5 ^d	0,856 ± 0,002 ^c	4.092,2 ± 52,8 ^{ab}	3.500,8 ± 36,5 ^a
4,0%	-21,9 ± 1,7 ^b	0,726 ± 0,01 ^c	5.330,4 ± 55,3 ^e	0,867 ± 0,009 ^c	3.870,1 ± 46,3 ^b	3.353,4 ± 19,9 ^a
5,0%	-18,8 ± 1,5 ^b	0,735 ± 0,01 ^c	5.259,6 ± 93,0 ^e	0,878 ± 0,008 ^c	3.867,4 ± 13,5 ^b	3.396,8 ± 27,4 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

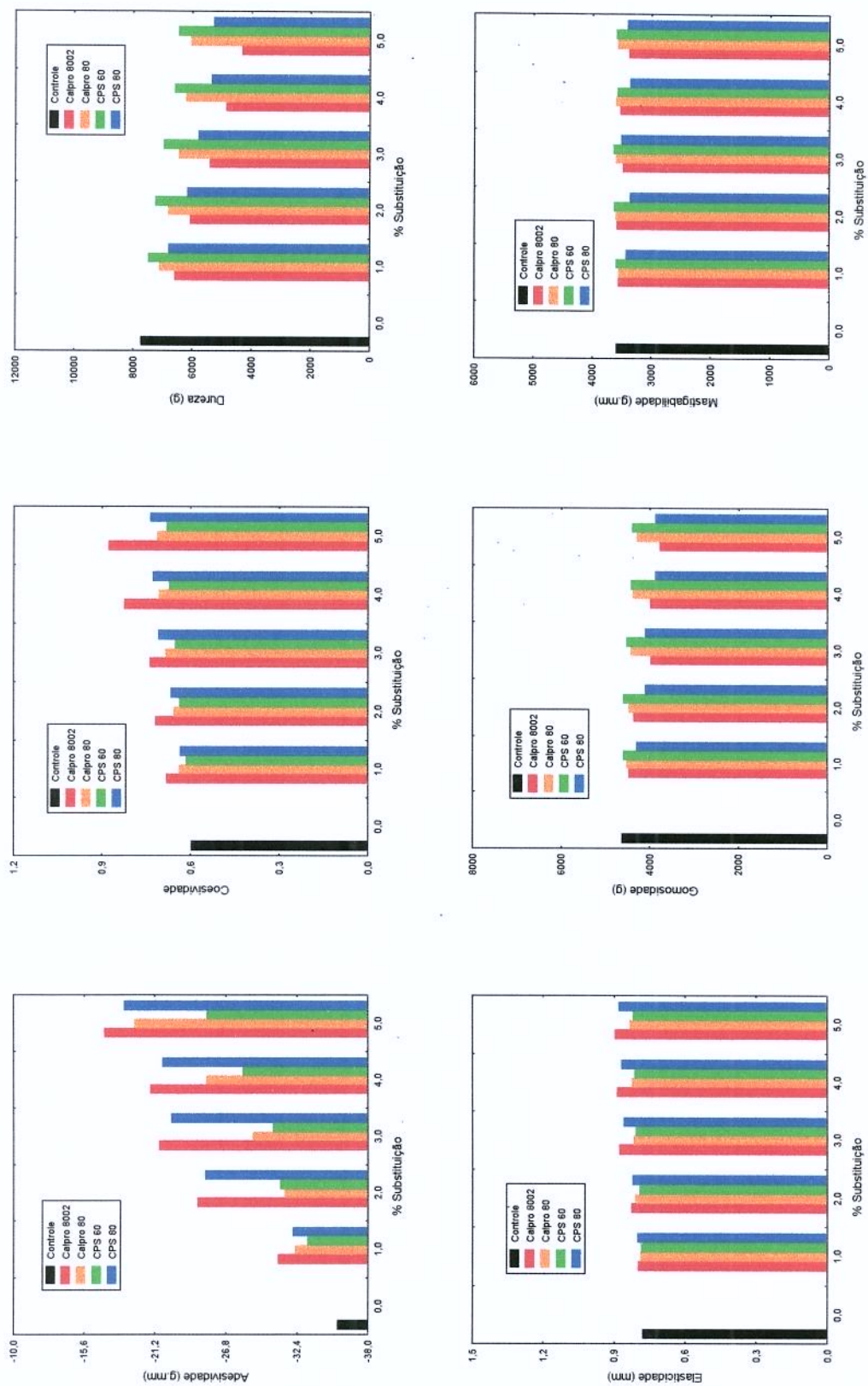


Figura 4.6 - Perfil de textura das salsichas.

3.4. Resultados dos Hambúrgueres

3.4.1. Análises do Perfil de Textura dos Hambúrgueres

Nas Tabelas 4.17 a 4.20 e na Figura 4.7 são mostrados os valores do perfil de textura das amostras de hambúrguer. A adesividade apresentou uma acentuada diminuição a partir de 4,0% de substituição para o CPS 80, cujos valores diminuíram 62,4% e 70,8% para 4,0% e 5,0% de substituição, em relação à amostra controle, respectivamente, cujos valores são lidos em módulo, ou seja, são considerados como positivos. O Calpro 8002 e Calpro 80 apresentaram também bons resultados, não destacando apenas o CPS 60, que proporcionou uma menor diminuição da adesividade das amostras analisadas, com relação ao aumento da substituição.

Os valores de dureza tiveram uma diminuição acentuada em níveis de substituição acima de 3,0% para os concentrados Calpro 8002 e CPS 80. O CPS 60 novamente, foi o concentrado que menos influenciou nos valores de dureza, sendo que, apenas acima de 4,0% de substituição houve diferença significativa ($p < 0,05$) com a amostra controle, proporcionando uma redução de 19,7% no valor de dureza do controle em relação à substituição de 5,0%, contra 58,7% do Calpro 8002. O Calpro 80 proporcionou bons resultados, com diferenças significativas em todos os níveis de substituição em relação à amostra controle.

A coesividade aumentou com o aumento da porcentagem de substituição, sendo observado o mesmo comportamento para a elasticidade. Nestes casos, o Calpro 8002 também apresentou melhores resultados que os outros concentrados. El-Magoli *et al.* (1995) e El-Magoli *et al.* (1996) analisaram o perfil de textura de hambúrgueres formulados com CPS em diferentes níveis de substituição e também observaram melhorias nos perfis de textura.

O Calpro 8002 e o CPS 80 apresentaram uma maior diminuição na gomosidade e mastigabilidade, com máximas diminuições variando de 43,5% e 38,3% na gomosidade para o Calpro 8002 e CPS 80 respectivamente, e para a mastigabilidade de 34,6% para o Calpro 8002, e 34,4% para CPS 80 com relação ao controle. Os outros dois concentrados não influenciaram muito nos resultados de gomosidade, sendo que, com o Calpro 80 todos os níveis de substituição não apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), diferindo apenas da amostra controle. Apenas a 5,0% de substituição, os valores de gomosidade para o CPS 60 foram significativamente diferente ($p < 0,05$) da amostra controle. Os valores de mastigabilidade para o Calpro 80 e CPS 60 não tiveram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras com ou sem CPS.

TABELA 4.17
Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o Calpro 8002.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-33,7 ± 1,2 ^a	0,608 ± 0,01 ^a	12.276,7 ± 150,5 ^a	0,804 ± 0,01 ^a	7.464,2 ± 75,3 ^a	6.001,2 ± 61,3 ^a
1,0%	-23,1 ± 1,4 ^b	0,723 ± 0,02 ^b	9.272,51 ± 154,1 ^b	0,890 ± 0,004 ^b	6.704,0 ± 32,5 ^b	5.966,6 ± 47,9 ^a
2,0%	-20,2 ± 1,3 ^{bc}	0,733 ± 0,02 ^b	8.697,57 ± 161,5 ^b	0,900 ± 0,02 ^b	6.375,3 ± 68,7 ^{bc}	5.737,8 ± 50,4 ^{ab}
3,0%	-17,4 ± 1,1 ^{bcd}	0,762 ± 0,04 ^{bc}	7.643,69 ± 67,54 ^c	0,917 ± 0,03 ^b	5.824,5 ± 90,9 ^c	5.341,1 ± 88,4 ^b
4,0%	-13,4 ± 1,1 ^{cd}	0,776 ± 0,02 ^c	5.847,89 ± 61,18 ^d	0,921 ± 0,03 ^b	4.538,0 ± 42,0 ^d	4.179,5 ± 41,2 ^c
5,0%	-11,8 ± 1,0 ^d	0,831 ± 0,04 ^d	5.073,75 ± 86,54 ^d	0,931 ± 0,05 ^b	4.216,3 ± 41,1 ^d	3.925,4 ± 79,1 ^c

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.18
Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o Calpro 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-33,7 ± 1,2 ^a	0,608 ± 0,01 ^a	12.276,7 ± 150,5 ^a	0,804 ± 0,01 ^a	7.464,2 ± 75,3 ^a	6.001,2 ± 61,3 ^a
1,0%	-27,4 ± 1,3 ^{ab}	0,710 ± 0,01 ^b	9.673,75 ± 128,0 ^b	0,870 ± 0,006 ^b	6.868,4 ± 31,9 ^b	5.975,5 ± 92,0 ^a
2,0%	-26,7 ± 0,37 ^b	0,742 ± 0,01 ^c	8.887,63 ± 123,6 ^c	0,894 ± 0,01 ^b	6.594,6 ± 64,6 ^b	5.895,6 ± 36,0 ^a
3,0%	-19,9 ± 1,3 ^{bc}	0,756 ± 0,03 ^c	8.620,99 ± 80,79 ^{cd}	0,896 ± 0,02 ^b	6.517,5 ± 61,5 ^b	5.839,7 ± 41,3 ^a
4,0%	-14,1 ± 2,0 ^c	0,760 ± 0,01 ^c	8.478,31 ± 109,1 ^{cd}	0,901 ± 0,006 ^b	6.443,5 ± 86,9 ^b	5.805,6 ± 74,6 ^a
5,0%	-12,5 ± 0,36 ^c	0,768 ± 0,04 ^c	8.302,95 ± 87,97 ^d	0,908 ± 0,03 ^b	6.376,7 ± 60,9 ^b	5.790,0 ± 45,9 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.19
Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o CPS 60.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-33,7 ± 1,2	a 0,608 ± 0,01	a 12.276,7 ± 150,5	a 0,804 ± 0,01	a 7.464,2 ± 75,3	a 6.001,2 ± 61,3
1,0%	-29,7 ± 0,77	b 0,609 ± 0,006	a 11.930,4 ± 169,7	a 0,821 ± 0,02	a 7.265,6 ± 60,5	a 5.965,1 ± 36,8
2,0%	-26,4 ± 0,98	bc 0,619 ± 0,01	ab 11.522,5 ± 163,3	ab 0,833 ± 0,02	a 7.132,5 ± 33,6	a 5.941,3 ± 57,1
3,0%	-24,4 ± 1,2	cd 0,637 ± 0,02	ab 10.905,9 ± 75,17	abc 0,852 ± 0,02	a 6.947,0 ± 72,2	a 5.918,9 ± 63,9
4,0%	-21,7 ± 1,5	d 0,647 ± 0,03	ab 10.511,7 ± 183,4	bc 0,863 ± 0,02	a 6.801,1 ± 23,5	a 5.869,4 ± 47,8
5,0%	20,8 ± 1,9	d 0,669 ± 0,01	b 9.863,17 ± 86,11	c 0,875 ± 0,03	a 6.598,5 ± 47,9	a 5.773,7 ± 40,1

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.20
Análise do perfil de textura dos hambúrgueres com o CPS 80.

Amostra	Adesividade (g.mm)	Coesividade	Dureza (g)	Elasticidade (mm)	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g.mm)
0,0%	-33,7 ± 1,2	a 0,608 ± 0,01	a 12.276,7 ± 150,5	a 0,804 ± 0,01	a 7.464,2 ± 75,3	a 6.001,2 ± 61,3
1,0%	-26,2 ± 1,8	b 0,640 ± 0,01	ab 11.151,3 ± 158,8	b 0,822 ± 0,02	ab 7.136,8 ± 58,8	a 5.859,3 ± 58,6
2,0%	-23,4 ± 0,97	bc 0,656 ± 0,02	b 10.506,7 ± 152,7	b 0,832 ± 0,01	bc 6.892,4 ± 73,3	a 5.741,4 ± 42,2
3,0%	-20,8 ± 0,60	c 0,715 ± 0,02	c 7.490,73 ± 187,3	c 0,834 ± 0,02	bc 5.355,9 ± 27,1	b 4.466,8 ± 54,0
4,0%	-12,7 ± 1,1	d 0,723 ± 0,02	c 6.532,59 ± 110,5	d 0,845 ± 0,01	c 4.723,1 ± 33,7	bc 3.991,0 ± 52,0
5,0%	-9,84 ± 1,2	e 0,745 ± 0,03	c 6.184,32 ± 215,5	d 0,854 ± 0,007	c 4.607,3 ± 71,7	c 3.934,7 ± 39,1

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

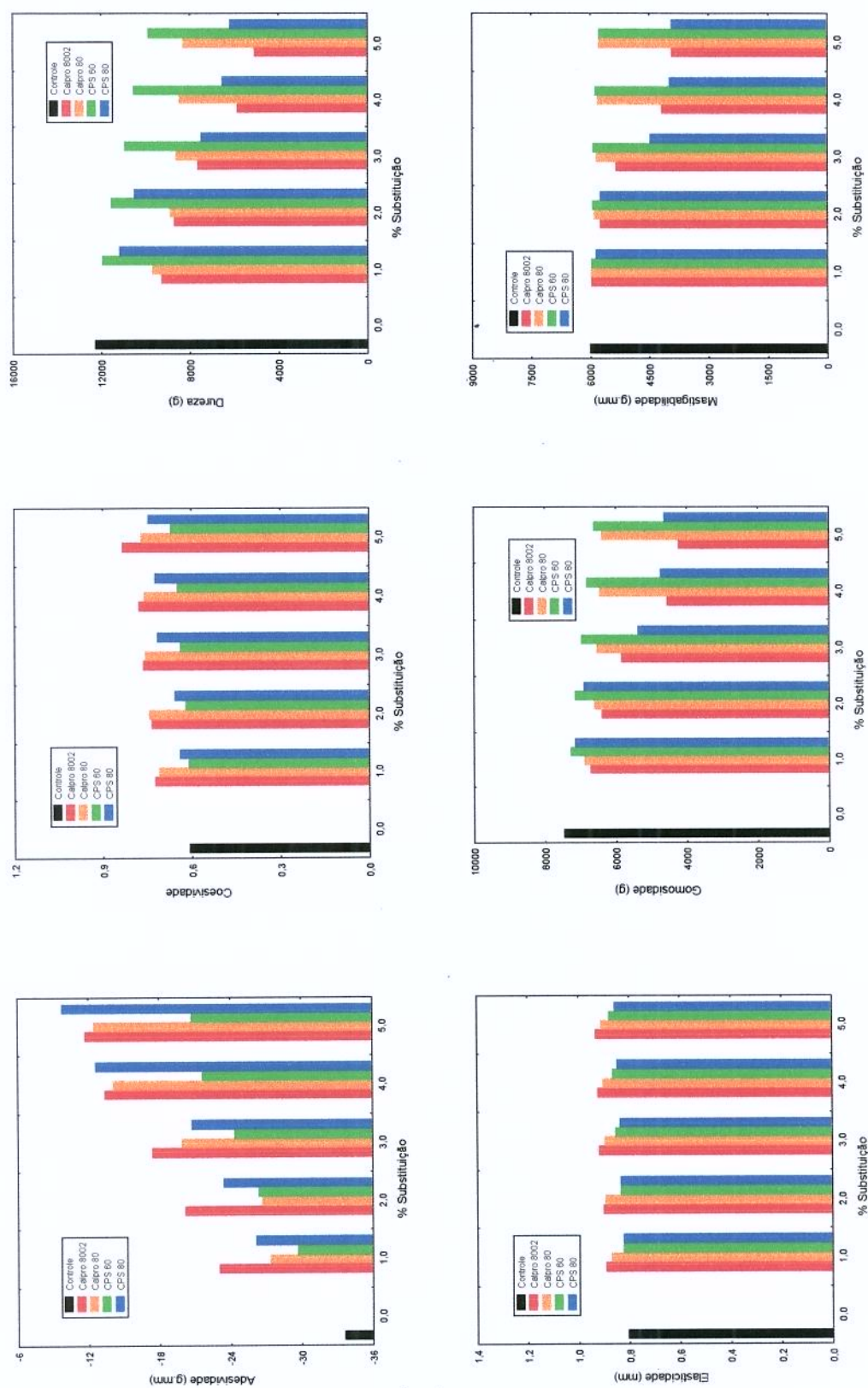


Figura 4.7 - Perfil de textura dos hambúrgueres.

3.4.2. Análises de Rendimento dos Hambúrgueres

Os hambúrgueres apresentaram aumento do “cooking yield” ao se substituir proteínas miofibrilares por CPS (Tabelas 4.21 a 4.24 e Figuras 4.8 a 4.10). Valores de até 78,9%, para 5,0% de substituição com o Calpro 8002 foram observados, contra 63,4% da amostra controle. A partir de 3,0% de substituição todos os concentrados apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) com a amostra controle. As substituições não causaram mudanças marcantes nas características de perdas por encolhimento (Figura 4.10), exceto para as amostras que continham 5,0% de substituição com CPS 80 e Calpro 8002, que apresentaram valores de 12,8% para a amostra controle, contra 7,3% e 7,2% dos concentrados, respectivamente, que levaram a uma menor perda de água após o processo de fritura. O Calpro 80 e CPS 80 proporcionaram resultados intermediários entre os outros dois concentrados. Novamente o Calpro 8002 foi o que melhor representou o aumento da retenção de umidade com o aumento da porcentagem de substituição, além de ter proporcionado melhor “cooking yield” e perdas por encolhimento. Hermansson (1975) concluiu que as propriedades funcionais dos CPS são altamente correlacionadas às mudanças nas propriedades de perda de umidade de produtos cárneos, com melhores resultados a níveis de adição de até 4,0% de proteínas. El-Magoli *et al.* (1996) observaram um aumento no rendimento e redução nas perdas por encolhimento em relação à amostra controle em hambúrgueres com substituições de 1,0 a 4,0%, cuja substituição de 4,0% proporcionou o mais alto “cooking yield” e o menor “shrinkage”.

TABELA 4.21
Análises de rendimento dos hambúrgueres com o Calpro 8002.

Amostras (%)	“Cooking Yield” (%)	Retenção de Umidade (%)	Perdas por encolhimento (%)
0,0	63,4 ± 2,6 ^a	40,3 ± 1,6 ^a	12,8 ± 0,78 ^a
1,0	69,2 ± 2,1 ^{ab}	43,7 ± 2,6 ^{ab}	10,0 ± 0,012 ^{ab}
2,0	73,3 ± 1,7 ^b	46,2 ± 3,0 ^b	9,44 ± 0,36 ^{ab}
3,0	75,7 ± 1,7 ^b	47,6 ± 1,1 ^b	9,00 ± 0,16 ^{ab}
4,0	76,9 ± 0,92 ^b	48,2 ± 0,58 ^b	8,33 ± 0,79 ^{ab}
5,0	78,9 ± 0,20 ^b	49,4 ± 0,12 ^b	7,22 ± 0,63 ^b

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.22

Análises de rendimento dos hambúrgueres com o Calpro 80.

Amostras (%)	“Cooking Yield” (%)	Retenção de Umidade (%)	Perdas por encolhimento (%)
0,0	63,4 ± 2,6 ^a	40,3 ± 1,6 ^a	12,78 ± 0,78 ^a
1,0	69,4 ± 2,2 ^{ab}	44,0 ± 2,7 ^{ab}	10,61 ± 0,71 ^a
2,0	71,8 ± 2,6 ^{ab}	45,3 ± 1,6 ^{ab}	9,44 ± 0,79 ^a
3,0	72,5 ± 2,3 ^{ab}	45,6 ± 1,4 ^{ab}	8,94 ± 0,081 ^a
4,0	74,7 ± 1,8 ^{ab}	47,0 ± 1,6 ^b	8,33 ± 0,36 ^a
5,0	75,8 ± 1,8 ^b	47,6 ± 1,2 ^b	7,94 ± 0,24 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.23

Análises de rendimento dos hambúrgueres com o CPS 60.

Amostras (%)	“Cooking Yield” (%)	Retenção de Umidade (%)	Perdas por encolhimento (%)
0,0	63,46 ± 2,6 ^a	40,3 ± 1,6 ^a	12,8 ± 0,78 ^a
1,0	65,4 ± 0,69 ^{ab}	41,8 ± 0,44 ^{ab}	11,9 ± 0,34 ^a
2,0	67,8 ± 1,8 ^{abc}	43,5 ± 1,1 ^{abc}	10,9 ± 1,0 ^a
3,0	70,1 ± 0,50 ^{bc}	44,9 ± 0,32 ^{bc}	9,58 ± 0,30 ^a
4,0	72,2 ± 0,58 ^c	46,1 ± 0,37 ^c	9,07 ± 0,78 ^a
5,0	73,1 ± 0,86 ^c	46,5 ± 0,55 ^c	8,53 ± 0,12 ^a

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA 4.24

Análises de rendimento dos hambúrgueres com o CPS 80.

Amostras (%)	“Cooking Yield” (%)	Retenção de Umidade (%)	Perdas por encolhimento (%)
0,0	63,4 ± 2,6 ^a	40,3 ± 1,6 ^a	12,8 ± 0,78 ^a
1,0	69,0 ± 0,18 ^b	43,8 ± 0,11 ^b	10,1 ± 0,11 ^{ab}
2,0	69,9 ± 0,34 ^b	44,4 ± 0,22 ^{bc}	9,69 ± 0,088 ^{ab}
3,0	71,1 ± 0,62 ^{bc}	45,1 ± 0,39 ^{bc}	9,10 ± 0,16 ^{ab}
4,0	73,1 ± 1,5 ^{bc}	46,2 ± 0,93 ^{bc}	8,79 ± 0,24 ^{ab}
5,0	76,0 ± 1,4 ^c	47,8 ± 0,86 ^c	7,31 ± 0,14 ^b

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

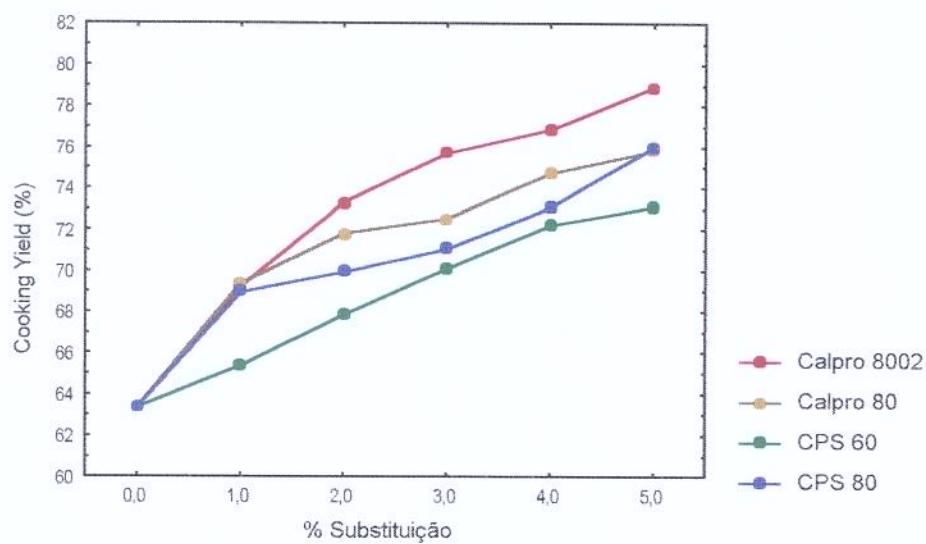


Figura 4.8 – “Cooking yield” das amostras de hambúrgueres.

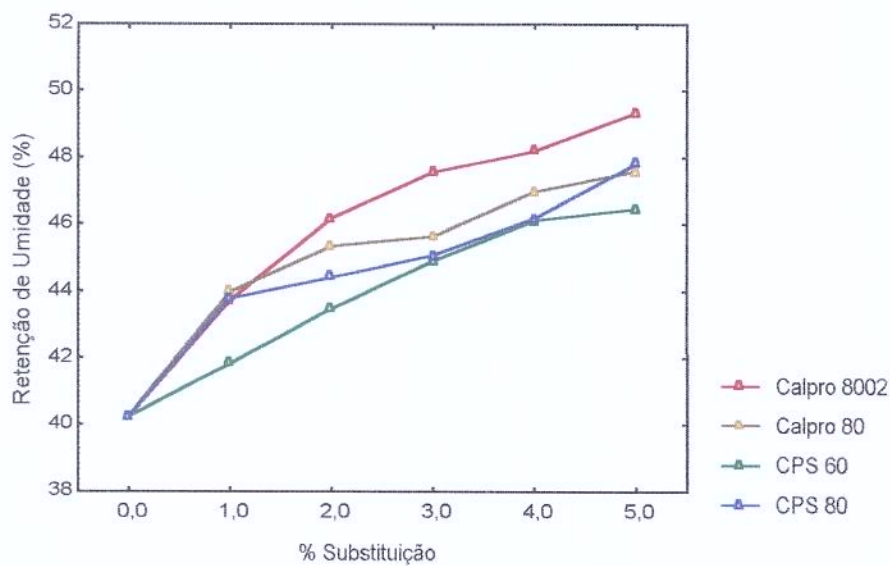


Figura 4.9 – Retenção de umidade das amostras de hambúrgueres.

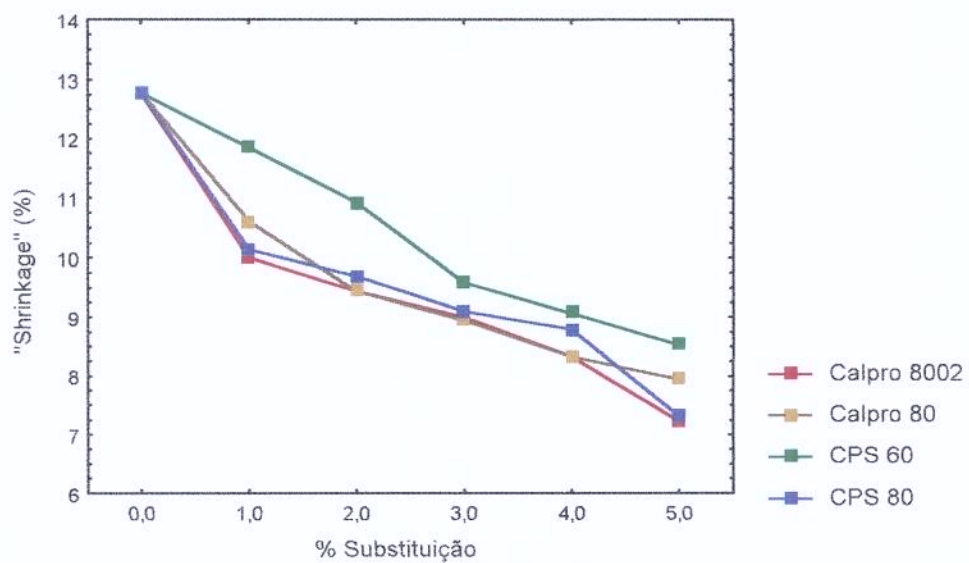


Figura 4.10 – Perdas por encolhimento das amostras de hambúrgueres.

4. CONCLUSÕES

As melhorias observadas nos produtos cárneos foram evidenciadas neste trabalho pela utilização de concentrados protéicos de soro de leite como ingrediente em suas formulações. A substituição das proteínas miofibrilares por proteínas do soro proporcionou a obtenção de produtos mais macios, coesos e elásticos, com um maior rendimento do produto final. Estes resultados comprovaram as excelentes propriedades funcionais de gelatinização e emulsificação dos CPSs, sendo muito úteis em aplicações na indústria de carnes.

Os perfis de textura dos hambúrgueres, salsichas e bolos de carne tiveram o mesmo comportamento. A dureza apresentou a mesma tendência para ambos sistemas cárneos, onde a força de deformação diminuiu com o aumento do nível de substituição. A mesma tendência foi observada para a adesividade, gomosidade e mastigabilidade. O inverso ocorreu para a coesividade e elasticidade, havendo um aumento nesses valores pela substituição com os diferentes CPSs.

O emprego de CPS como substituto parcial de proteínas miofibrilares apresentou também excelente capacidade de retenção de água, aumentando o “cooking yield”. Para os bolos de carne, o “cooking yield” diferiu significativamente do controle para todos os níveis de substituição (1,0 a 5,0%) com o Calpro 8002, Calpro 80 e CPS 80. Nos hambúrgueres, o Calpro 8002 apresentou melhor “cooking yield” que o Calpro 80, diferindo significativamente do controle em níveis de substituição acima de 2,0%.

As perdas por encolhimento dos hambúrgueres foram minimizadas através da utilização dos CPSs, e a sua utilização proporcionou uma textura macia em ambos produtos.

Dentre os concentrados, o Calpro 8002 e CPS 80 foram os que mais se destacaram para aplicações nos três produtos cárneos, devido aos perfis de textura e rendimentos observados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, S. M. **Development of low-fat ground beef patties with extended shelf life.** M.S. Thesis, Texas A & M University, College Station, TX. 1994.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis.** v.2, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1997.
- Baardseth, P.; Næs, T.; Mielnik, J.; Skrede, G.; Hølland, S.; Eide, O. Dairy ingredients effects on sausage sensory properties studied by principal component analysis. **Journal of Food Science**, v.57, n.4, p.822-828, 1992.
- Casella, L. J. Whey use in meat products. **Meat Processing**, v.22, n.7, p.76-78, 1983.
- Colmenero, F. J. Technologies for developing low-fat meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v.7, n.2, p.41-48, 1996.
- El-Magoli, S. B.; Laroia, S.; Hansen, P. M. T. Ultrastructure of low-fat ground beef patties with added whey protein concentrate. **Food Hydrocolloids**, v.9, n.4, p.291-306, 1995.
- El-Magoli, S. B.; Laroia, S.; Hansen, P. M. T. Flavor and texture characteristics of low-fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. **Meat Science**, v.42, n.2, p.179-193, 1996.
- Ellekjær, M. R.; Næs, T.; Baardseth, P. Milk proteins affect yield and sensory quality of cooked sausages. **Journal of Food Science**, v.61, n.3, p.660-666, 1996.
- Ensor, S. A.; Mandigo, R. W.; Calkins, C. R.; Quint, L. N. Comparative evaluation of whey protein concentrate, soy protein isolate and calcium-reduced nonfat dry milk as binders in an emulsion-type sausage. **Journal of Food Science**, v.52, n.5, p.1155-1158, 1987.
- Foegeding, E. A.; Lanier, T. C. The contribution of nonmuscle proteins to texture of gelled muscle protein foods. **Cereal Foods World**, v.32, n.2, p.202-205, 1987.
- Hamann, D. D. Methods for measurement of rheological changes during thermally induced gelation of proteins. **Food Technology**, v.41, n.3, p.100-108, 1987.
- Harper, W. J. Model food system approaches for evaluating whey protein functionality. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.11, p.2745-2756, 1984.
- Hermansson, A. -M. Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effect on texture of a meat product. **Journal of Food Science**, v.40, n.3, p.611-614, 1975.
- Hongsprabhas, P.; Barbut, S. Effect of pre-heated whey protein level and salt on texture development of poultry meat batters. **Food Research International**, v.32, n.2, p.145-149, 1999^a.
- Hongsprabhas, P.; Barbut, S. Use of cold-set whey protein gelation to improve poultry meat batters. **Poultry Science**, v.78, n.7, p.1074-1078, 1999^b.
- Hung, S. C.; Zayas, J. F. Functionality of milk proteins and corn germ protein flour in comminuted meat products. **Journal of Food Quality**, v.15, n.2, p.139-152, 1992.
- Karleskind, D.; Laye, I.; Mei, F.-I.; Morr, C. V. Gelation properties of lipid-reduced, and calcium-reduced whey protein concentrates. **Journal of Food Science**, v.60, n.4, p.731-741, 1995.

- Ker, Y. C.; Toledo, R. T. Influence of shear treatments on consistency and gelling properties of whey protein isolate suspensions. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.82-90, 1992.
- Lee, A.; Cannon, R. Y.; Huffman, D. L. Whey protein concentrate in a processed meat loaf. **Journal of Food Science**, v.45, n.5, p.1278-1304, 1980.
- Lyons, P. H.; Kerry, J. F.; Morrissey, P. A.; Buck, D. J. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low-fat pork sausage. **Meat Science**, v.51, n.1, p.43-52, 1999.
- Mittal, G. S.; Usborne, W. R. Meat emulsion extenders. **Food Technology**, v.39, n.4, p.121-130, 1985.
- Mulvihill, D. M. Production, functional properties and utilization of milk protein products. In **Advanced Dairy Chemistry – Proteins**. P. F. Fox Editor. Blackie Academic & Professional, 1997. 369p.
- Prochaska, J. F.; Ricke, S. C.; Keeton, J. T. Meat fermentation research opportunities. **Food Technology**, v.52, n.9, p.52-59, 1998.
- Torgersen, H.; Toledo, R. T. Physical properties of protein preparations related to their functional characteristics in comminuted meat systems. **Journal of Food Science**, v.42, n.6, p.1615-1645, 1977.
- Van den Hoven, M. Functionality of dairy ingredients in meat products. **Food Technology**, v.41, n.10, p.72-77, 1987.
- Whiting, R. C. Ingredients and processing factors that control muscle protein functionality. **Food Technology**, v.42, n.4, p.104-210, 1988.

CONCLUSÕES GERAIS

É possível obter concentrados protéicos de soro de leite nas condições descritas neste trabalho, sob algumas ressalvas, como o aperfeiçoamento da metodologia de preparação, tomando o cuidado em utilizar a matéria-prima apropriada, equipamentos que proporcionem um alto rendimento e a otimização das variáveis de processo, para que as propriedades funcionais das proteínas do soro sejam preservadas.

O objetivo de obter CPSs com teores protéicos na faixa de 60,0% a 80,0% foi alcançado, cujos concentrados apresentaram alta solubilidade e boas propriedades de gelatinização e emulsificação, que são propriedades importantes para a utilização desse ingrediente em sistemas cárneos.

É vantajoso substituir parcialmente proteínas miofibrilares por CPSs em até 5,0% em produtos cárneos, devido ao excelente perfil de textura e alto rendimento final que essas proteínas proporcionam.

APÊNDICE A

TABELA A.1

Dados do permeado do processo de ultrafiltração para obtenção do CPS 60.

Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)
0,08	122,92	110,67	4,33	3.443,13	59,62	34,00	22.219,20	49,01
0,17	203,30	91,49	4,41	3.504,37	59,53	35,00	22.794,20	48,84
0,25	288,56	86,60	4,50	3.570,05	59,52	36,00	23.364,20	48,68
0,33	363,99	81,93	4,58	3.640,82	59,60	38,00	24.519,20	48,39
0,42	441,62	79,52	4,66	3.704,57	59,56	40,00	25.649,20	48,09
0,50	514,40	77,19	4,75	3.778,17	59,68	42,00	26.804,20	47,86
0,58	589,64	75,84	4,83	3.832,20	59,49	44,00	27.954,20	47,65
0,67	673,51	75,80	4,91	3.906,23	59,61	46,00	29.104,20	47,45
0,75	736,27	73,66	5,00	3.963,54	59,48	48,00	30.264,20	47,29
0,83	803,51	72,34	5,08	4.015,34	59,27	50,00	31.414,20	47,12
0,92	874,08	71,54	5,16	4.087,85	59,36	55,00	34.259,20	46,72
1,00	941,57	70,65	5,25	4.144,02	59,22	60,00	36.959,20	46,20
1,08	1.005,98	69,67	5,33	4.192,06	58,97	65,00	39.359,20	45,41
1,17	1.070,53	68,85	5,41	4.259,60	59,00	70,00	42.039,20	45,04
1,25	1.135,08	68,13	5,50	4.310,08	58,80	75,00	44.769,20	44,77
1,33	1.198,67	67,45	5,58	4.357,36	58,56	80,00	47.499,20	44,53
1,42	1.264,46	66,97	5,66	4.408,19	58,37	85,00	50.274,20	44,36
1,50	1.335,05	66,78	5,75	4.467,84	58,30	90,00	52.939,20	44,12
1,58	1.392,40	65,98	5,83	4.525,81	58,21	95,00	55.499,20	43,82
1,67	1.461,80	65,81	5,91	4.586,09	58,16	100,00	58.039,20	43,53
1,75	1.526,42	65,44	6,00	4.643,60	58,07	105,00	60.639,20	43,31
1,83	1.590,82	65,11	6,08	4.703,15	58,01	110,00	63.259,20	43,13
1,92	1.657,57	64,89	6,16	4.764,39	57,97	115,00	65.889,20	42,97
2,00	1.719,74	64,52	6,25	4.824,95	57,92	120,00	68.534,20	42,83
2,08	1.782,32	64,19	6,33	4.879,16	57,80	122,50	68.759,20	42,10
2,17	1.849,03	64,03	9,00	6.734,20	56,12	130,00	73.639,20	42,48
2,25	1.912,54	63,78	10,00	7.214,20	54,11	140,00	78.434,20	42,02
2,33	1.973,71	63,47	11,00	7.844,20	53,48	150,00	83.024,20	41,51
2,42	2.033,32	63,13	12,00	8.489,20	53,06	165,00	88.24,20	40,42
2,50	2.091,86	62,78	13,00	9.134,20	52,70	181,00	96.564,20	40,01
2,58	2.158,57	62,69	14,00	9.769,20	52,34	191,00	100.959,20	39,64
2,67	2.218,24	62,41	15,00	10.394,20	51,97	195,00	102.734,20	39,51
2,75	2.279,37	62,19	16,00	11.014,20	51,63	210,00	109.314,20	39,04
2,83	2.342,75	62,04	17,00	11.624,20	51,28	214,00	110.969,20	38,89
2,92	2.407,56	61,93	18,00	12.234,20	50,98	225,00	115.689,20	38,56
3,00	2.467,33	61,71	19,00	12.869,20	50,80	239,00	121.609,20	38,16
3,08	2.531,18	61,59	20,00	13.494,20	50,60	246,00	124.299,20	37,90
3,17	2.594,57	61,47	21,00	14.144,20	50,52	255,00	127.809,20	37,59
3,25	2.656,30	61,32	22,00	14.734,20	50,23	266,00	132.709,20	37,42
3,33	2.717,87	61,18	23,00	15.409,20	50,25	271,00	134.379,20	37,19
3,42	2.780,16	61,05	24,00	16.034,20	50,11	285,00	139.694,20	36,76
3,50	2.840,38	60,89	25,00	16.669,20	50,01	294,00	143.169,20	36,52
3,58	2.903,25	60,79	26,00	17.319,20	49,96	302,00	146.009,20	36,26
3,67	2.963,82	60,65	27,00	17.954,20	49,87	316,00	150.139,20	35,63
3,75	3.023,38	60,49	28,00	18.599,20	49,82	322,00	152.274,20	35,47
3,83	3.082,12	60,33	29,00	19.169,20	49,58	330,00	154.709,20	35,16
3,92	3.141,26	60,18	30,00	19.799,20	49,50	345,00	159.234,20	34,62
4,00	3.195,93	59,95	31,00	20.409,20	49,38	349,00	160.129,20	34,41
4,08	3.263,41	59,96	32,00	21.019,20	49,26	352,00	160.749,20	34,25
4,17	3.320,42	59,79	33,00	21.634,20	49,17	354,00	161.109,20	34,13
4,25	3.383,82	59,74						

TABELA A.2

Dados dos permeados dos processos de diafiltração para obtenção do CPS 60.

Primeira Diafiltração			Segunda Diafiltração		
Tempo (min)	Permeado 1 (g)	Fluxo 1 (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado 2 (g)	Fluxo 2 (kg/h.m ²)
5,00	1.880,00	28,20	5,00	1.870,00	28,05
11,00	4.250,00	28,98	10,00	3.580,00	26,85
15,00	5.885,00	29,43	15,00	5.420,00	27,10
20,00	7.990,00	29,96	20,00	7.280,00	27,30
25,00	10.140,00	30,42	25,00	9.185,00	27,56
30,00	12.250,00	30,63	30,00	10.965,00	27,41
35,00	14.165,00	30,35	35,00	12.765,00	27,35
40,00	15.950,00	29,91	45,00	16.185,00	26,98
45,00	17.690,00	29,48	50,00	17.745,00	26,62
50,00	19.505,00	29,26	55,00	19.245,00	26,24
55,00	21.366,00	29,14	60,00	20.880,00	26,10
60,00	23.226,00	29,03	65,00	22.375,00	25,82
65,00	25.036,00	28,89	70,00	23.660,00	25,35
70,00	26.766,00	28,68	75,00	24.880,00	24,88
75,00	28.386,00	28,39	80,00	26.010,00	24,38
80,00	29.506,00	27,66	85,00	27.020,00	23,84
			90,00	27.860,00	23,22
			95,00	28.640,00	22,61
			100,00	29.275,00	21,96

TABELA A.3

Dados dos permeados dos processos de ultrafiltração 1 (1ª tentativa)
para obtenção do CPS 80.

Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m ²)
0,08	160,98	150,92	3,42	1.454,68	31,90	6,75	2.284,61	25,38
0,17	231,90	102,31	3,50	1.478,50	31,68	6,83	2.305,99	25,32
0,25	292,68	87,80	3,58	1.500,67	31,44	6,92	2.324,07	25,19
0,33	341,79	77,68	3,67	1.523,06	31,13	7,00	2.343,93	25,11
0,42	390,91	69,81	3,75	1.545,49	30,91	7,08	2.362,71	25,03
0,50	433,75	65,06	3,83	1.568,19	30,71	7,17	2.381,73	24,91
0,58	478,11	61,82	3,92	1.590,22	30,43	7,25	2.402,00	24,85
0,67	515,46	57,70	4,00	1.612,06	30,23	7,33	2.418,56	24,75
0,75	556,51	55,65	4,08	1.634,54	30,05	7,42	2.435,66	24,62
0,83	592,09	53,50	4,17	1.658,78	29,83	7,50	2.454,32	24,54
0,92	627,87	51,19	4,25	1.678,36	29,62	7,58	2.471,84	24,46
1,00	662,86	49,71	4,33	1.700,61	29,46	8,36	2.661,95	23,88
1,08	696,78	48,39	4,42	1.721,85	29,22	9,30	2.826,95	22,80
1,17	729,15	46,74	4,50	1.744,02	29,07	10,00	2.946,95	22,10
1,25	759,88	45,59	4,58	1.764,11	28,89	10,30	3.041,95	22,15
1,33	788,16	44,45	4,66	1.785,45	28,74	11,00	3.131,95	21,35
1,42	843,05	44,53	4,75	1.807,20	28,53	12,00	3.311,95	20,70
1,50	877,56	43,88	4,83	1.827,56	28,38	13,00	3.481,95	20,09
1,58	906,83	43,05	4,91	1.850,11	28,26	14,00	3.636,95	19,48
1,67	931,45	41,83	5,00	1.868,99	28,03	16,00	3.941,95	18,48
1,75	958,51	41,08	5,08	1.890,90	27,92	18,00	4.231,95	17,63
1,83	985,10	40,37	5,16	1.910,59	27,77	20,00	4.486,95	16,83
1,92	1.012,19	39,54	5,25	1.929,84	27,57	23,00	4.866,95	15,87
2,00	1.040,51	39,02	5,33	1.950,51	27,45	26,00	5.246,95	15,14
2,08	1.066,96	38,47	5,41	1.971,07	27,33	29,00	5.581,95	14,44
2,17	1.092,46	37,76	5,50	1.992,19	27,17	33,00	6.381,95	14,50
2,25	1.117,36	37,25	5,58	2.011,49	27,04	37,00	7.076,95	14,35
2,33	1.143,25	36,80	5,66	2.031,98	26,93	42,00	7.856,95	14,03
2,42	1.167,47	36,18	5,75	2.052,34	26,77	47,00	8.581,95	13,69
2,50	1.194,12	35,82	5,83	2.072,81	26,67	53,00	9.426,95	13,34
2,58	1.216,69	35,37	5,91	2.091,85	26,55	59,00	10.246,95	13,03
2,67	1.241,38	34,87	6,00	2.111,40	26,39	66,00	11.161,95	12,68
2,75	1.265,92	34,53	6,08	2.131,41	26,29	75,00	12.226,95	12,23
2,83	1.289,16	34,17	6,16	2.150,33	26,18	85,00	13.586,95	11,99
2,92	1.313,29	33,73	6,25	2.170,97	26,05	95,00	15.116,95	11,93
3,00	1.338,31	33,46	6,33	2.190,83	25,96	105,00	17.081,95	12,20
3,08	1.361,77	33,16	6,42	2.211,10	25,83	115,00	19.621,95	12,80
3,17	1.385,59	32,78	6,50	2.229,46	25,72	130,00	23.226,95	13,40
3,25	1.408,99	32,52	6,58	2.248,97	25,63	145,00	26.576,95	13,75
3,33	1.431,13	32,23	6,67	2.267,73	25,50	155,00	29.026,95	14,05

TABELA A.4

Dados dos permeados dos processos de ultrafiltração 2 (2ª tentativa)
para obtenção do CPS 80.

Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m²)
15,00	550,00	2,75
30,00	2.550,00	6,38
45,00	4.715,00	7,86

TABELA A.5

Dados dos permeados dos processos de ultrafiltração 3 e 4 para obtenção do CPS 80.

Ultrafiltração (3ª tentativa)			Ultrafiltração (4ª tentativa)		
Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m²)	Tempo (min)	Permeado U (g)	Fluxo U (kg/h.m²)
16,00	860,00	4,03	15,00	6.955,00	34,78
21,00	1.660,00	5,93	22,00	10.215,00	34,82
23,00	2.370,00	7,73	30,00	13.885,00	34,71
38,00	7.000,00	13,82	45,00	20.635,00	34,39
57,00	12.660,00	16,66	60,00	26.605,00	33,26
63,00	14.140,00	16,83	72,00	31.110,00	32,41
83,00	19.990,00	18,06	75,00	32.290,00	32,29
93,00	22.740,00	18,34	90,00	38.660,00	32,22
103,00	25.655,00	18,68	96,00	41.150,00	32,15
113,00	28.530,00	18,94	105,00	44.725,00	31,95
123,00	31.480,00	19,20	120,00	50.555,00	31,60
133,00	34.345,00	19,37	135,00	56.495,00	31,39
143,00	36.800,00	19,30	147,00	61.050,00	31,15
158,00	40.345,00	19,15	150,00	62.200,00	31,10
173,00	43.495,00	18,86	165,00	67.660,00	30,75
188,00	46.845,00	18,69	175,00	71.255,00	30,54
203,00	50.445,00	18,64	180,00	73.155,00	30,48
218,00	53.585,00	18,44	195,00	78.220,00	30,08
			205,00	81.475,00	29,81
			210,00	83.275,00	29,74
			227,00	88.485,00	29,24
			235,00	90.845,00	28,99
			240,00	92.405,00	28,88

TABELA A.6

Dados dos permeados dos processos de diafiltração obtenção do CPS 80.

Primeira Diafiltração			Segunda Diafiltração		
Tempo (min)	Permeado 1 (g)	Fluxo 1 (kg/h.m ²)	Tempo (min)	Permeado 2 (g)	Fluxo 2 (kg/h.m ²)
15,0	6.720,00	33,60	15,0	6.590,00	32,95
23,0	10.080,00	32,87	24,0	10.220,00	31,94
30,0	13.000,00	32,50	30,0	12.610,00	31,53
45,0	19.065,00	31,78	48,0	19.490,00	30,45
48,0	20.235,00	31,62	50,0	20.210,00	30,32
60,0	24.725,00	30,91	60,0	23.685,00	29,61
75,0	29.115,00	29,12	70,0	26.715,00	28,62
79,0	30.075,00	28,55	80,0	29.110,00	27,29
83,0	30.990,00	28,00	88,0	30.030,00	25,59
			96,0	30.945,00	24,18
			126,00	35.285,00	21,00

APÊNDICE B

TABELA B.1
Extração das Proteínas da Carne

Proteínas da Carne	(g) proteína/100g extrato	Massa extrato (g)	(g) proteína/(g) extrato total	%: Proteína extraída da carne	% Proteína Total*
1ª Extração (400g carne - pH 7,0)					
Miofibrilar	2,66 ± 0,26	183,27	4,88	1,22	5,88 ± 0,57
Sarcoplasmática	0,962 ± 0,013	2.192,2	21,1	5,27	25,4 ± 0,33
Insolúveis	5,10 ± 0,45	480,46	24,5	6,12	29,5 ± 2,6
Água	0,733 ± 0,090	1.916,8	14,1	3,51	16,9 ± 2,1
2ª Extração (100g carne - pH 7,0)					
Miofibrilares	3,95 ± 0,88	140,00	5,44	5,53	26,7 ± 5,9
3ª Extração (100g carne - pH 6,0)					
Miofibrilares	5,25 ± 0,39	278,28	14,6	7,30	35,2 ± 2,6
Sarcoplasmáticas	0,839 ± 0,037	1.543,1	12,9	6,47	31,2 ± 1,4
Insolúveis	5,05 ± 0,89	169,23	8,55	4,28	20,6 ± 3,6
Água	0,120 ± 0,0051	2.848,7	3,42	1,71	8,24 ± 0,36
4ª Extração (200g carne - pH 6,0)					
Miofibrilares	3,91 ± 0,37	408,54	16,0	7,99	38,7 ± 3,4
Sarcoplasmáticas	0,991 ± 0,015	1.368,8	13,6	6,78	33,0 ± 0,49
Insolúveis	5,37 ± 0,38	138,37	7,43	3,71	18,1 ± 1,3
Água	0,189 ± 0,0056	788,74	1,49	0,743	3,62 ± 0,12
5ª Extração (250g carne - pH 6,0)					
Miofibrilares	3,48 ± 0,79	519,51	18,1	7,23	34,9 ± 2,9
Sarcoplasmáticas	0,936 ± 0,14	1.726,3	16,2	6,46	31,2 ± 3,0
Insolúveis	4,15 ± 0,029	75,152	3,12	1,25	6,01 ± 0,042
Água	-	1.811,6	-	-	-
6ª Extração (250g carne - pH 6,5)					
Miofibrilares	2,25 ± 0,94	1.038,3	23,4	9,36	45,1 ± 3,8
Sarcoplasmáticas	0,84 ± 0,020	1.464,0	12,3	4,92	23,7 ± 1,8
Insolúveis	5,62 ± 0,048	107,22	6,03	2,41	11,6 ± 0,84
Água	0,0460 ± 0,0070	545,39	0,249	0,0991	0,479 ± 0,075
7ª Extração (500g carne - pH 6,5)					
Miofibrilares	5,50 ± 0,345	794,63	43,7	8,73	42,1 ± 2,6

*Dentre as frações protéicas da carne.

Tabela B.2
ANOVA da adesividade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	1.892,79	5	378,56	2,09	5,05
Resíduos	907,04	5	181,41		
Falta de Ajuste	906,59	3	302,20	1.313,91	19,16
Erro Puro	0,45	2	0,23		
Total	2.799,83	10			

% Variância Explicada (R^2) = 0,6760

F_{tabelado} com 95% de confiança.

Tabela B.3
ANOVA da coesividade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,7497	5	0,1499	40,51	5,05
Resíduos	0,0184	5	0,0037		
Falta de Ajuste	0,0181	3	0,060	30,00	19,16
Erro Puro	0,0003	2	0,0002		
Total	0,7681	10			

% Variância Explicada (R^2) = 0,9760

Tabela B.4
ANOVA da dureza dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	813.304,22	5	162.660,84	3,34	5,05
Resíduos	243.382,78	5	48.676,56		
Falta de Ajuste	242.895,90	3	80.965,30	332,59	19,16
Erro Puro	486,88	2	243,44		
Total	1.056.687,00	10			

% Variância Explicada (R^2) = 0,7697

Tabela B.5
ANOVA da elasticidade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,38713	5	0,0774	32,67	5,05
Resíduos	0,01183	5	0,0024		
Falta de Ajuste	0,01179	3	0,00393	196,50	19,16
Erro Puro	0,00004	2	0,00002		
Total	0,39896	10			

% Variância Explicada (R^2) = 0,9704

Tabela B.6
ANOVA da gomosidade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	659.811,80	5	131.962,36	6,16	5,05
Resíduos	107.037,60	5	21.407,52		
Falta de Ajuste	106.956,00	3	35.652,00	873,82	19,16
Erro Puro	81,20	2	40,80		
Total	766.849,40	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8604					

Tabela B.7
ANOVA da mastigabilidade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	601.203,40	5	120.240,68	6,57	5,05
Resíduos	91.530,30	5	18.306,06		
Falta de Ajuste	91.098,70	3	30.366,23	140,71	19,16
Erro Puro	431,60	2	215,80		
Total	692.733,70	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8679					

Tabela B.8
ANOVA da umidade dos géis do Calpro 8002

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	1.186,16	5	237,23	2,91	5,05
Resíduos	408,19	5	81,64		
Falta de Ajuste	393,77	3	131,27	18,21	19,16
Erro Puro	14,42	2	7,21		
Total	1.594,35	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7440					

Tabela B.9
ANOVA da adesividade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	3.393,88	5	678,78	11,11	5,05
Resíduos	305,39	5	61,08		
Falta de Ajuste	251,96	3	83,99	3,14	19,16
Erro Puro	53,43	2	26,72		
Total	3.699,27	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9175					

Tabela B.10
ANOVA da coesividade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,7021	5	0,1404	45,29	5,05
Resíduos	0,0155	5	0,0031		
Falta de Ajuste	0,0142	3	0,0047	6,71	19,16
Erro Puro	0,0013	2	0,0007		
Total	0,7176	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9784					

Tabela B.11
ANOVA da dureza dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	246.551,20	5	49.310,24	4,88	5,05
Resíduos	50.483,80	5	10.096,76		
Falta de Ajuste	47.768,16	3	15.922,72	11,73	19,16
Erro Puro	2.715,64	2	1.357,82		
Total	297.035,00	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8300					

Tabela B.12
ANOVA da elasticidade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,2801	5	0,0560	14,15	5,05
Resíduos	0,0198	5	0,0040		
Falta de Ajuste	0,0150	3	0,0050	2,08	19,16
Erro Puro	0,0048	2	0,0024		
Total	0,2999	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9340					

Tabela B.13
ANOVA da gomosidade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	188.808,80	5	37.761,76	3,56	5,05
Resíduos	53.014,50	5	10.602,90		
Falta de Ajuste	52.922,10	3	17.640,70	381,83	19,16
Erro Puro	92,40	2	46,20		
Total	241.823,30	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7808					

Tabela B.14

ANOVA da mastigabilidade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	176.072,06	5	35.214,41	3,89	5,05
Resíduos	45.290,04	5	9.058,01		
Falta de Ajuste	45.198,45	3	15.066,15	328,99	19,16
Erro Puro	91,59	2	45,80		
Total	221.362,10	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7954					

Tabela B.15

ANOVA da umidade dos géis do Calpro 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	2.098,92	5	419,78	13,74	5,05
Resíduos	152,72	5	30,54		
Falta de Ajuste	143,44	3	47,81	10,30	19,16
Erro Puro	9,28	2	4,64		
Total	2.251,64	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9322					

Tabela B.16

ANOVA da adesividade dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	5.624,58	5	1.124,92	4,81	6,26
Resíduos	936,11	4	234,03		
Falta de Ajuste	911,40	3	303,80	12,29	215,7
Erro Puro	24,71	1	24,71		
Total	6.506,69	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8573					

Tabela B.17

ANOVA da coesividade dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,5710	5	0,1142	7,72	6,26
Resíduos	0,0592	4	0,0148		
Falta de Ajuste	0,0588	3	0,0196	49,00	215,7
Erro Puro	0,0004	1	0,0004		
Total	0,6302	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9061					

Tabela B.18
ANOVA da dureza dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	483.615,06	5	96.723,01	2,72	6,26
Resíduos	142.329,64	4	35.582,41		
Falta de Ajuste	142.262,50	3	47.420,83	706,30	215,7
Erro Puro	67,14	1	67,14		
Total	625.944,70	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7726					

Tabela B.19
ANOVA da elasticidade dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,3052	5	0,0610	3,041	6,26
Resíduos	0,0803	4	0,0201		
Falta de Ajuste	0,0803	3	0,0268	267.666,67	215,7
Erro Puro	0,0000001	1	0,0000001		
Total	0,3855	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7918					

Tabela B.20
ANOVA da gomosidade dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	309.343,96	5	61.868,79	3,88	6,26
Resíduos	63.714,84	4	15.928,71		
Falta de Ajuste	63.624,14	3	21.208,05	233,83	215,7
Erro Puro	90,70	1	90,70		
Total	373.058,80	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8292					

Tabela B.21
ANOVA da mastigabilidade géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	270.854,13	5	54.170,83	4,03	6,26
Resíduos	53.833,07	4	13.458,27		
Falta de Ajuste	53.774,14	3	17.924,71	304,17	215,7
Erro Puro	58,93	1	58,93		
Total	324.687,20	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8342					

Tabela B.22
ANOVA da umidade dos géis do CPS 60

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	2.427,01	5	485,40	5,87	6,26
Resíduos	330,92	4	82,73		
Falta de Ajuste	317,16	3	105,72	7,68	215,7
Erro Puro	13,76	1	13,76		
Total	2.757,93	9			
% Variância Explicada (R^2) = 0,8800					

Tabela B.23
ANOVA da adesividade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	4.213,12	5	842,62	2,67	5,05
Resíduos	1.578,62	5	315,72		
Falta de Ajuste	1.574,27	3	524,76	241,27	19,16
Erro Puro	4,35	2	2,18		
Total	5.791,74	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7274					

Tabela B.24
ANOVA da coesividade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,5585	5	0,1117	21,24	5,05
Resíduos	0,0263	5	0,0053		
Falta de Ajuste	0,0262	3	0,0087	87,33	19,16
Erro Puro	0,0001	2	0,0001		
Total	0,5848	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9549					

Tabela B.25
ANOVA da dureza dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	137.026,57	5	27.405,31	1,52	5,05
Resíduos	90.368,43	5	18.073,69		
Falta de Ajuste	90.367,40	3	30.122,47	58.490,23	19,16
Erro Puro	1,03	2	0,52		
Total	227.395,00	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,6026					

Tabela B.26
ANOVA da elasticidade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,272	5	0,0544	2,92	5,05
Resíduos	0,0930	5	0,0186		
Falta de Ajuste	0,0918	3	0,0306	51,00	19,16
Erro Puro	0,0012	2	0,0006		
Total	0,3650	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7451					

Tabela B.27
ANOVA da gomosidade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	113.651,21	5	22.730,24	2,29	5,05
Resíduos	49.604,09	5	9.920,82		
Falta de Ajuste	49.603,73	3	16.534,58	91.858,76	19,16
Erro Puro	0,36	2	0,18		
Total	163.255,30	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,6962					

Tabela B.28
ANOVA da mastigabilidade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	97.413,44	5	19.482,69	2,36	5,05
Resíduos	41.226,16	5	8.245,23		
Falta de Ajuste	41.225,81	3	13.741,94	78.525,35	19,16
Erro Puro	0,35	2	0,18		
Total	138.639,60	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,7026					

Tabela B.29
ANOVA da umidade dos géis do CPS 80

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	3.041,91	5	608,38	102,56	5,05
Resíduos	29,66	5	5,93		
Falta de Ajuste	29,16	3	9,72	38,88	19,16
Erro Puro	0,50	2	0,25		
Total	3.071,57	10			
% Variância Explicada (R^2) = 0,9903					

APÊNDICE C

TABELA C.1
Composição centesimal dos produtos cárneos cozidos com Calpro 8002.

<i>Produto</i>	<i>(%)</i>	<i>Proteína (%)</i>	<i>Gordura (%)</i>	<i>Cinzas (%)</i>	<i>Umidade (%)</i>
Bolo de Carne	0	18,8 ± 0,15 ^a	17,3 ± 0,53 ^a	1,30 ± 0,029 ^a	62,2 ± 0,25 ^a
	1,0	18,6 ± 0,046 ^a	17,3 ± 0,42 ^a	1,31 ± 0,047 ^a	61,4 ± 0,15 ^{ab}
	2,0	18,7 ± 0,12 ^a	17,2 ± 0,97 ^a	1,33 ± 0,067 ^a	61,1 ± 0,58 ^b
	3,0	19,1 ± 0,16 ^{ab}	17,2 ± 0,36 ^a	1,34 ± 0,098 ^a	60,9 ± 0,36 ^b
	4,0	19,6 ± 0,18 ^{bc}	17,0 ± 0,37 ^a	1,34 ± 0,078 ^a	60,6 ± 0,33 ^b
	5,0	19,9 ± 0,076 ^c	17,0 ± 0,34 ^a	1,34 ± 0,011 ^a	60,4 ± 0,37 ^b
Hambúrguer	0	31,2 ± 0,19 ^a	3,39 ± 0,13 ^a	1,56 ± 0,097 ^a	63,5 ± 0,12 ^a
	1,0	31,2 ± 0,12 ^a	3,23 ± 0,043 ^a	1,59 ± 0,084 ^a	63,4 ± 0,052 ^a
	2,0	31,7 ± 0,24 ^b	3,27 ± 0,032 ^a	1,69 ± 0,076 ^a	63,1 ± 0,055 ^b
	3,0	32,2 ± 0,21 ^c	3,40 ± 0,060 ^a	1,70 ± 0,062 ^a	62,9 ± 0,062 ^c
	4,0	32,3 ± 0,062 ^c	3,39 ± 0,022 ^a	1,67 ± 0,043 ^a	62,9 ± 0,045 ^c
	5,0	32,6 ± 0,068 ^c	3,41 ± 0,026 ^a	1,70 ± 0,032 ^a	62,8 ± 0,059 ^c
Salsicha	0	17,4 ± 0,21 ^a	15,4 ± 0,042 ^a	2,49 ± 0,13 ^a	64,5 ± 0,98 ^a
	1,0	18,2 ± 0,64 ^{ab}	15,2 ± 0,12 ^a	2,31 ± 0,047 ^a	64,4 ± 0,27 ^a
	2,0	18,5 ± 0,25 ^b	15,5 ± 0,14 ^a	2,44 ± 0,077 ^a	63,7 ± 0,038 ^{ab}
	3,0	18,6 ± 0,12 ^b	15,4 ± 0,090 ^a	2,46 ± 0,017 ^a	63,5 ± 0,15 ^{ab}
	4,0	19,0 ± 0,15 ^b	15,5 ± 0,16 ^a	2,46 ± 0,10 ^a	62,9 ± 0,057 ^b
	5,0	20,0 ± 0,60 ^c	15,4 ± 0,21 ^a	2,46 ± 0,086 ^a	62,7 ± 0,095 ^b

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical entre as mesmas amostras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA C.2
Composição centesimal dos produtos cárneos cozidos com Calpro 80.

Produto	(%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Umidade (%)
Bolo de Carne	0	18,8 ± 0,15 ^a	17,3 ± 0,53 ^a	1,30 ± 0,029 ^a	62,2 ± 0,25 ^a
	1,0	18,7 ± 0,22 ^a	17,3 ± 0,085 ^a	1,30 ± 0,042 ^a	61,3 ± 0,23 ^{ab}
	2,0	18,8 ± 0,34 ^a	17,2 ± 0,15 ^a	1,34 ± 0,017 ^a	61,3 ± 0,53 ^{ab}
	3,0	19,2 ± 0,39 ^{ab}	17,1 ± 0,072 ^a	1,34 ± 0,065 ^a	60,6 ± 0,51 ^b
	4,0	19,7 ± 0,31 ^{bc}	16,7 ± 0,058 ^a	1,33 ± 0,035 ^a	60,5 ± 0,29 ^b
	5,0	20,0 ± 0,012 ^c	16,8 ± 0,15 ^a	1,35 ± 0,014 ^a	60,2 ± 0,24 ^b
Hambúrguer	0	31,2 ± 0,19 ^a	3,40 ± 0,13 ^a	1,56 ± 0,097 ^a	63,5 ± 0,12 ^a
	1,0	31,2 ± 0,076 ^a	3,36 ± 0,055 ^a	1,59 ± 0,017 ^a	63,2 ± 0,14 ^b
	2,0	31,8 ± 0,21 ^b	3,37 ± 0,048 ^a	1,55 ± 0,046 ^a	63,0 ± 0,095 ^{bc}
	3,0	32,2 ± 0,097 ^{bc}	3,56 ± 0,053 ^a	1,61 ± 0,11 ^a	62,8 ± 0,066 ^{cd}
	4,0	32,4 ± 0,10 ^c	3,51 ± 0,099 ^a	1,68 ± 0,028 ^a	62,7 ± 0,072 ^{de}
	5,0	32,5 ± 0,089 ^c	3,42 ± 0,082 ^a	1,65 ± 0,049 ^a	62,5 ± 0,072 ^e
Salsicha	0	17,4 ± 0,21 ^a	15,4 ± 0,042 ^a	2,49 ± 0,13 ^a	64,5 ± 0,98 ^a
	1,0	18,2 ± 0,79 ^{ab}	15,4 ± 0,14 ^a	2,32 ± 0,19 ^a	64,0 ± 0,050 ^a
	2,0	18,5 ± 0,18 ^{ab}	15,4 ± 0,045 ^a	2,47 ± 0,069 ^a	63,6 ± 0,064 ^{ab}
	3,0	18,5 ± 0,13 ^{ab}	15,4 ± 0,14 ^a	2,47 ± 0,039 ^a	63,4 ± 0,15 ^{ab}
	4,0	19,2 ± 0,23 ^{bc}	15,4 ± 0,12 ^a	2,47 ± 0,12 ^a	62,7 ± 0,098 ^{bc}
	5,0	19,9 ± 0,77 ^c	15,3 ± 0,064 ^a	2,44 ± 0,13 ^a	61,9 ± 0,25 ^c

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical entre as mesmas amostras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA C.3
Composição centesimal dos produtos cárneos cozidos com CPS 60.

Produto	(%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Umidade (%)
Bolo de Carne	0	18,8 ± 0,15 ^a	17,3 ± 0,53 ^a	1,30 ± 0,029 ^a	62,2 ± 0,25 ^a
	1,0	18,4 ± 0,11 ^a	17,7 ± 0,040 ^a	1,38 ± 0,081 ^a	61,7 ± 0,45 ^{ab}
	2,0	18,3 ± 0,54 ^a	19,2 ± 0,57 ^a	1,32 ± 0,10 ^a	61,3 ± 0,46 ^{ab}
	3,0	19,2 ± 0,42 ^a	18,1 ± 0,13 ^a	1,30 ± 0,093 ^a	61,3 ± 0,57 ^{ab}
	4,0	18,6 ± 0,35 ^a	18,3 ± 0,99 ^a	1,30 ± 0,13 ^a	61,1 ± 0,24 ^{ab}
	5,0	18,6 ± 0,45 ^a	17,6 ± 0,19 ^a	1,54 ± 0,052 ^a	60,9 ± 0,45 ^b
Hambúrguer	0	31,2 ± 0,19 ^a	3,39 ± 0,13 ^a	1,56 ± 0,097 ^a	63,5 ± 0,12 ^a
	1,0	30,5 ± 0,16 ^{ab}	3,49 ± 0,038 ^a	1,78 ± 0,097 ^a	64,0 ± 0,39 ^a
	2,0	30,5 ± 0,40 ^{ab}	3,70 ± 0,076 ^{ab}	2,05 ± 0,056 ^a	64,1 ± 0,29 ^a
	3,0	30,4 ± 0,24 ^{ab}	3,94 ± 0,058 ^b	1,78 ± 0,062 ^a	64,0 ± 0,18 ^a
	4,0	30,4 ± 0,20 ^{ab}	3,96 ± 0,13 ^{bc}	1,92 ± 0,18 ^a	63,8 ± 0,40 ^a
	5,0	30,3 ± 0,50 ^b	4,33 ± 0,099 ^c	1,92 ± 0,032 ^a	63,5 ± 0,069 ^a
Salsicha	0	17,4 ± 0,21 ^a	15,4 ± 0,042 ^a	2,49 ± 0,13 ^a	64,5 ± 0,98 ^a
	1,0	18,0 ± 0,36 ^a	17,1 ± 0,22 ^b	2,71 ± 0,22 ^a	62,3 ± 0,99 ^{ab}
	2,0	17,0 ± 0,79 ^a	16,7 ± 0,40 ^b	2,88 ± 0,23 ^a	62,1 ± 1,2 ^{abc}
	3,0	18,0 ± 0,17 ^a	19,2 ± 0,30 ^c	2,98 ± 0,078 ^a	59,8 ± 0,31 ^{bc}
	4,0	17,0 ± 0,059 ^a	18,7 ± 0,61 ^c	2,78 ± 0,10 ^a	59,6 ± 1,1 ^c
	5,0	17,6 ± 0,19 ^a	19,2 ± 0,095 ^c	2,78 ± 0,090 ^a	59,6 ± 0,48 ^c

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical entre as mesmas amostras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA C.4
Composição centesimal dos produtos cárneos cozidos com CPS 80.

Produto	(%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Umidade (%)
Bolo de Carne	0	18,8 ± 0,15 ^{ac}	17,3 ± 0,53 ^a	1,30 ± 0,029 ^a	62,2 ± 0,25 ^a
	1,0	18,7 ± 0,31 ^a	17,3 ± 0,059 ^a	1,37 ± 0,11 ^a	61,4 ± 0,15 ^b
	2,0	18,6 ± 0,38 ^a	16,8 ± 0,90 ^a	1,40 ± 0,072 ^a	61,4 ± 0,14 ^b
	3,0	19,2 ± 0,21 ^{ab}	16,9 ± 0,24 ^a	1,34 ± 0,054 ^a	61,3 ± 0,27 ^b
	4,0	19,5 ± 0,35 ^{bcd}	16,4 ± 1,0 ^a	1,31 ± 0,090 ^a	60,7 ± 0,10 ^c
	5,0	20,0 ± 0,24 ^d	16,6 ± 0,37 ^a	1,49 ± 0,048 ^a	60,2 ± 0,11 ^c
Hambúrguer	0	31,2 ± 0,19 ^a	3,39 ± 0,13 ^a	1,56 ± 0,097 ^a	63,5 ± 0,12 ^a
	1,0	31,5 ± 0,22 ^{ab}	3,20 ± 0,079 ^a	1,66 ± 0,095 ^a	63,5 ± 0,036 ^a
	2,0	31,6 ± 0,16 ^{ab}	3,18 ± 0,097 ^a	1,78 ± 0,087 ^a	63,5 ± 0,12 ^a
	3,0	31,6 ± 0,43 ^{ab}	3,65 ± 0,022 ^a	1,78 ± 0,017 ^a	63,4 ± 0,037 ^{ab}
	4,0	31,8 ± 0,30 ^{ab}	2,77 ± 1,2 ^a	1,63 ± 0,14 ^a	63,8 ± 0,087 ^b
	5,0	32,1 ± 0,17 ^b	3,38 ± 0,15 ^a	1,76 ± 0,032 ^a	62,9 ± 0,091 ^c
Salsicha	0	17,4 ± 0,21 ^a	15,4 ± 0,042 ^a	2,49 ± 0,13 ^a	64,5 ± 0,98 ^a
	1,	18,4 ± 0,22 ^{ab}	15,6 ± 0,17 ^a	2,20 ± 0,16 ^a	64,4 ± 0,16 ^a
	2,0	18,3 ± 0,087 ^{ab}	15,3 ± 0,096 ^a	2,51 ± 0,058 ^a	63,6 ± 0,14 ^{ab}
	3,0	18,5 ± 0,21 ^{ab}	15,5 ± 0,039 ^a	2,50 ± 0,024 ^a	63,5 ± 0,055 ^{ab}
	4,0	19,3 ± 0,20 ^b	15,2 ± 0,32 ^a	2,49 ± 0,15 ^a	62,5 ± 0,33 ^{bc}
	5,0	20,1 ± 0,14 ^b	15,4 ± 0,36 ^a	2,40 ± 0,22 ^a	61,6 ± 0,13 ^c

Medidas seguidas pela mesma letra na vertical entre as mesmas amostras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade

TABELA C.5
Composição centesimal dos bolos de carne e salsichas crus com Calpro 8002.

Matérias-Primas	Controle	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	60,0	12,4	1,33	44,9		59,4	12,3	1,32	44,4		58,8	12,2	1,31	44,0	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	21,0	-	-	21,0	5,28	20,8	-	-	20,8	5,05	20,6	-	-	20,6	4,83
Sal	1,76	-	-	-		1,76	-	-	-		1,76	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		0,780	0,600	0,0300	0,0400		1,56	1,20	0,0600	0,0800	
Total		12,8	16,5	67,6		13,3	16,6	67,0			13,8	16,6	66,4		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	58,2	12,1	1,29	43,5		57,6	12,0	1,28	43,1		57,0	11,8	1,27	42,6	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	20,4	-	-	20,4	4,63	20,2	-	-	20,2	4,44	20,1	-	-	20,1	4,26
Sal	1,76	-	-	-		1,76	-	-	-		1,76	-	-	-	
CPS	2,34	1,80	0,100	0,120		3,12	2,40	0,130	0,17		3,90	3,00	0,160	0,21	
Total		14,2	16,6	65,8		14,7	16,6	65,2			15,2	16,6	64,6		

TABELA C.6
Composição centesimal dos bolos de carne e salsichas crus com Calpro 80.

Matérias-Primas	Controle	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	60,0	12,4	1,33	44,9		59,4	12,3	1,32	44,4		58,8	12,2	1,31	44,0	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	21,0	-	-	21,0	5,28	20,8	-	-	20,8	5,05	20,6	-	-	20,6	4,83
Sal	1,76	-	-	-		1,76	-	-	-		1,76	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		0,770	0,600	0,0400	0,0300		1,55	1,20	0,0800	0,0600	
Total		12,8	16,5	67,6		13,3	16,6	67,0			13,8	16,6	66,4		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	58,2	12,1	1,29	43,5		57,6	12,0	1,28	43,1		57,0	11,8	1,27	42,6	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73		17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	20,4	-	-	20,4	4,62	20,3	-	-	20,3	4,43	20,1	-	-	20,1	4,26
Sal	1,76	-	-	-		1,76	-	-	-		1,76	-	-	-	
CPS	2,32	1,80	0,13	0,0800		3,09	2,40	0,170	0,110		3,87	3,00	0,210	0,140	
Total		14,2	16,6	65,8		14,7	16,7	65,2			15,2	16,7	64,6		

TABELA C.7
Composição centesimal dos bolos de carne e salsichas crus com CPS 60.

Matérias-Primas	Controle	P(%)	G(%)	U/P	U(%)	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	60,0	12,4	1,33	44,9	59,4	12,3	1,32	44,4	44,4	58,8	12,2	1,31	44,0	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	21,0	-	-	5,28	20,6	-	-	20,6	5,03	20,2	-	-	20,2	4,80
Sal	1,76	-	-	-	1,76	-	-	-	-	1,76	-	-	-	
CPS	-	-	-	-	1,00	0,600	0,250	0,0500	1,99	1,20	0,500	0,0900		
Total		12,8	16,5	67,6		13,3	16,8	66,7		13,8	17,0	66,0		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U/P	U(%)	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	58,2	12,1	1,29	43,5	57,6	12,0	1,28	43,1	43,1	57,0	11,8	1,27	42,6	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	19,8	-	-	4,58	19,4	-	-	19,4	4,38	19,0	-	-	19,0	4,19
Sal	1,76	-	-	-	1,76	-	-	-	-	1,76	-	-	-	
CPS	2,99	1,80	0,750	0,140	3,98	2,40	1,00	0,180	4,98	3,00	1,25	0,230		
Total		14,2	17,3	65,2		14,7	17,5	64,4		15,2	17,7	63,6		

TABELA C.8
Composição centesimal dos bolos de carne e salsichas crus com CPS 80.

Matérias-Primas	Controle	P(%)	G(%)	U/P	U(%)	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	60,0	12,4	1,33	44,9	59,4	12,3	1,32	44,4	44,4	58,8	12,2	1,31	44,0	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	21,0	-	-	5,28	20,8	-	-	20,8	5,05	20,7	-	-	20,7	4,83
Sal	1,76	-	-	-	1,76	-	-	-	-	1,76	-	-	-	
CPS	-	-	-	-	0,740	0,600	0,0500	0,02	1,48	1,20	0,0900	0,0500		
Total		12,8	16,5	67,6		13,3	16,6	67,0		13,8	16,6	66,4		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U/P	U(%)	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	58,2	12,1	1,29	43,5	57,6	12,0	1,28	43,1	43,1	57,0	11,8	1,27	42,6	
Toucinho	17,3	0,350	15,2	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	1,73	17,3	0,350	15,2	1,73	
Água	20,5	-	-	4,63	20,4	-	-	20,4	4,44	20,3	-	-	20,3	4,26
Sal	1,76	-	-	-	1,76	-	-	-	-	1,76	-	-	-	
CPS	2,23	1,80	0,140	0,070	2,97	2,40	0,190	0,0900	3,71	3,00	0,230	0,110		
Total		14,2	16,6	65,8		14,70	16,7	65,3		15,2	16,7	64,7		

TABELA C.9
Composição centesimal dos hambúrgueres crus com Calpro 8002.

Matérias-Primas	Controle	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	88,0	18,3	1,95	65,8		87,1	18,1	1,93	65,1		86,2	17,9	1,91	64,5	
Água	11,5	-	-	11,5	4,24	11,2	-	-	11,2	4,03	11,0	-	-	11,0	3,85
Sal	0,50	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		1,14	0,880	0,0500	0,0600		2,29	1,76	0,100	0,120	
Total		18,3	1,95	77,3		19,0	1,98	76,4			19,7	2,01	75,6		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	85,4	17,7	1,89	63,8		84,5	17,5	1,88	63,2		83,6	17,3	1,86	62,5	
Água	10,7	-	-	10,7	3,67	10,4	-	-	10,4	3,51	10,2	-	-	10,2	3,36
Sal	0,50	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	3,43	2,64	0,150	0,180		4,57	3,52	0,190	0,240		5,72	4,40	0,240	0,300	
Total		20,3	2,04	74,7		21,0	2,07	73,8			21,7	2,10	73,0		

TABELA C.10
Composição centesimal dos hambúrgueres crus com Calpro 80.

Matérias-Primas	Control e	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	88,0	18,3	1,95	65,8		87,1	18,1	1,93	65,1		86,2	17,9	1,91	64,5	
Água	11,5	-	-	11,5	4,24	11,2	-	-	11,2	4,03	11,0	-	-	11,0	3,84
Sal	0,50	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		1,14	0,880	0,0600	0,0400		2,27	1,76	0,120	0,0800	
Total		18,3	1,95	77,3		19,0	1,99	76,4			19,7	2,03	75,5		

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	85,4	17,7	1,89	63,8		84,5	17,5	1,88	63,2		83,6	17,3	1,86	62,5	
Água	10,7	-	-	10,7	3,67	10,5	-	-	10,5	3,51	10,2	-	-	10,2	3,35
Sal	0,500	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	3,40	2,64	0,180	0,120		4,54	3,52	0,250	0,160		5,67	4,40	0,310	0,200	
Total		20,3	2,07	74,7		21,0	2,13	73,8			21,7	2,17	72,9		

TABELA C.11
Composição centesimal dos hambúrgueres crus com CPS 60.

Matérias-Primas	Control e	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	88,0	18,3	1,95	65,8		87,1	18,1	1,93	65,1		86,2	17,9	1,91	64,5	
Água	11,5	-	-	11,5	4,24	10,9	-	-	10,9	4,02	10,3	-	-	10,3	3,81
Sal	0,50	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		1,46	0,880	0,370	0,0700		2,92	1,76	0,730	0,130	
Total		18,3	1,95	77,3		19,0	0,880	0,370	0,0700		19,7	2,64	0,730	0,130	

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	85,4	17,7	1,89	63,8		84,5	17,5	1,88	63,2		83,6	17,3	1,86	62,5	
Água	9,75	-	-	9,75	3,63	9,17	-	-	9,17	3,45	8,59	-	-	8,59	3,29
Sal	0,500	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	4,38	2,64	1,10	0,200		5,85	3,52	1,47	0,270		7,31	4,40	1,84	0,340	
Total		20,3	2,99	73,8		21,0	3,35	1,47	0,270		21,7	3,70	1,84	0,340	

TABELA C.12
Composição centesimal dos hambúrgueres crus com CPS 80.

Matérias-Primas	Control e	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	1%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	2%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	88,0	18,3	1,95	65,8		87,1	18,1	1,93	65,1		86,2	17,9	1,91	64,5	
Água	11,5	-	-	11,5	4,24	11,3	-	-	11,3	4,03	11,1	-	-	11,1	3,85
Sal	0,500	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	-	-	-	-		1,09	0,880	0,0700	0,0300		2,18	1,76	0,140	0,0700	
Total		18,3	1,95	77,3		19,0	0,880	0,0700	0,0300		19,7	2,05	0,140	0,0700	

Matérias-Primas	3%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	4%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P	5%	P(%)	G(%)	U(%)	U/P
Carne	85,4	17,7	1,89	63,8		84,5	17,5	1,88	63,2		83,6	17,3	1,86	62,5	
Água	10,9	-	-	10,9	3,68	10,7	-	-	10,7	3,51	10,5	-	-	10,5	3,36
Sal	0,500	-	-	-		0,500	-	-	-		0,500	-	-	-	
CPS	3,27	2,64	0,200	0,100		4,36	3,52	0,270	0,130		5,44	4,40	0,340	0,170	
Total		20,3	2,09	74,8		21,0	2,15	0,270	0,130		21,7	2,20	0,340	0,170	

TESE DE DOUTORADO

Título: *Obtenção e Aplicação de Concentrado Protéico de Soro de Leite Bovino em Produtos Cárneos*

Autora: *Henelyta Santos Ribeiro*

ERRATA

PÁGINA	LINHA / ILUSTRAÇÃO	ONDE SE LÊ	LEIA-SE
XXI	2	IPS	IPS ou WPI
1	13	adequada ao produto	adequado ao produto
19	4	(Tabela 7)	
27	9	Food Technololy	Food Technology
39	3	o retentado congelado	o retentado foi congelado
46	16	sendo o concluído	sendo concluído
47	4	uma alta taxa de fluxo	um alto fluxo
48	Tabela 1.2 – coluna de Amostra	Soro B0	Soro B
60	3	8,0% a 12,0%	9,0% a 12,0%
65	Figura 2.2	pH 7,0	pH 6,5
65	Figura 2.2	pH 6,5	pH 7,0
75	4	Figuras 2.5, 2.7, 2.9, 2.11, 2.13, 2.15 e 2.17	Figuras 2.4, 2.6, 2.8, 2.10, 2.12, 2.14 e 2.16
89	Figura 2.13 – Calpro 8002, na variável pH	9,4	4,0
122	Tabela 3.2 – Título	determinação do EAI	determinação do EAI e EC
158	Tabela 4.22 – coluna do “Cooking Yield” para as substituições de 3,0% e 4,0%	ab	b