

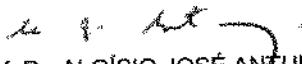
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

***CARACTERÍSTICAS DE GÉIS MISTOS DE PROTEÍNAS
MIOFIBRILARES DE MÚSCULO DE PEITO DE FRANGO E
PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE***

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Marta Costa Santos Rodrigues aprovada pela Comissão Julgadora em 03 de julho de 1998.

Campinas, 03 de julho de 1998.


Prof. Dr. ALOÍSIO JOSÉ ANTUNES
Presidente da Banca

MARTA COSTA SANTOS RODRIGUES
QUÍMICA INDUSTRIAL

Prof. Dr. ALOÍSIO JOSÉ ANTUNES
ORIENTADOR

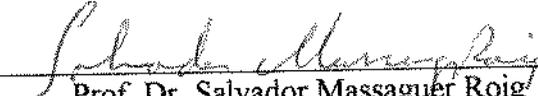
Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Ciência da Nutrição

1998

Banca Examinadora


Prof. Dr. Aloísio José Antunes
(Orientador)


Prof. Dra. Hélia Harumi Sato
(Membro)


Prof. Dr. Salvador Massagué Roig
(Membro)

Prof. Dr. Carlos Raimundo F. Grosso
(Membro)

Esta tese eu dedico:

A meus pais

Alfredo e Josy,

*pela enorme força que me
deram, embora distantes.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Aloísio José Antunes por me introduzir na área de pesquisa em alimentos e, principalmente pela orientação deste trabalho.

À Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por me proporcionarem a oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

À Cooperativa Agropecuária Holambra pelo fornecimento de parte da matéria-prima utilizada no trabalho experimental.

Ao Centro de Tecnologia de Carnes, do Instituto de Tecnologia de Alimentos, pelos processamentos realizados.

À todos os funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos que de certo modo, colaboraram para a elaboração deste trabalho.

Um agradecimento especial à Eliana Maria Pettirossi Motta e Nadeje Hamdan pelo apoio, carinho, e amizade inigualáveis.

Finalmente, gostaria de agradecer à todos os grandes amigos que conquistei e que estiveram sempre comigo durante estes anos.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	I
SUMMARY.....	III
ÍNDICE DE TABELAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
INTRODUÇÃO.....	pág 1
OBJETIVOS.....	pág 3
REVISÃO DA LITERATURA.....	pág 4
1. Propriedades funcionais das proteínas.....	pág 4
2. Propriedades gelatinizantes das proteínas miofibrilares.....	pág 5
3. Propriedades gelatinizantes do concentrado protéico de soro de leite.....	pág 13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	pág 20
1. Matéria-Prima	
2. Descrição do Experimento	
A- Características de géis de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 20
B- Características de géis de proteínas do soro do leite.....	pág 21
C- Características de géis mistos de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango e concentrado protéico de soro do leite.....	pág 21
D- Processamento de salsichas de carne de peito de frango e concentrado protéico de soro de leite.....	pág 22
3. Metodologia.....	pág 23
3.1. Caracterização química da matéria-prima.....	pág 23

3.2. Extração das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 25
3.2.1. Determinação das proteínas miofibrilares.....	pág 26
3.2.2. Determinação das proteínas do concentrado protéico do soro de leite.....	pág 27
3.3 Determinação da solubilidade das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 27
3.4 Determinação da solubilidade protéica do concentrado do soro de leite.....	pág 28
3.5 Formação de gel das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 29
3.6. Formação de gel do concentrado protéico do soro de leite.....	pág 29
3.7 Formação de gel de misturas de proteínas miofibrilares e concentrado protéico do soro de leite.....	pág 30
3.8. Caracterização dos géis de proteínas miofibrilares de peito de frango e concentrado protéico de soro de leite.....	pág 31
3.8.1. Análise do Perfil de Textura (TPA)	
3.8.2. Teste de Compressão	
3.8.3. Umidade Espremível	
4. Metodologia empregada para a formulação de salsicha de frango com substituição de concentrado protéico de soro de leite.....	pág 32
4.1. Processamento de salsichas.....	pág 32
a) Matéria-prima	
b) Ingredientes	
c) Formulação e procedimento	
4.2. Procedimento usado no processamento de salsicha com peito de frango.....	pág 34
4.2.1. Preparo.....	pág 34

4.2.2. Processamento.....	pág 34
4.3. Procedimento usado no processamento de salsicha com peito de frango e concentrado protéico de soro.....	pág 37
4.4. Caracterização das salsichas.....	pág 38
4.4.1. Porcentagem de rendimento de cozimento.....	pág 38
4.4.2. Análise do Perfil de Textura (TPA)	
4.4.3. Teste de Compressão	
4.4.4. Teste de Corte	
5. Análise Estatística.....	pág 40
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	pág 41
1. Avaliação das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 42
1.1. Solubilidade.....	pág 42
1.2. Caracterização dos géis proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.....	pág 44
2. Avaliação das propriedades funcionais do concentrado protéico de soro de leite.....	pág 57
2.1. Solubilidade.....	pág 57
2.2. Caracterização dos géis de concentrado protéico do soro de leite.....	pág 58
3. Efeito da substituição de proteína miofibrilar por concentrado protéico de soro no gel.....	pág 70
4. Avaliação das salsichas processadas com peito de frango e concentrado protéico de soro.....	pág 74
CONCLUSÕES.....	pág 79
BIBLIOGRAFIA.....	pág 82
APÊNDICE.....	pág 95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Formulações de salsichas utilizadas.....	pág 34
Tabela 2 - Caracterização química do músculo de peito de frango.....	pág 41
Tabela 3 - Caracterização química do concentrado protéico do soro.....	pág 41
Tabela 4 - Caracterização química da proteína miofibrilar.....	pág 41
Tabela 5 - Caracterização química do concentrado protéico do soro de leite.....	pág 41
Tabela 6 - Formação de gel de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango em relação a porcentagem de proteína e pH.....	pág 45
Tabela 7 - Análise de variância da porcentagem de proteína miofibrilar e pH na dureza do gel.....	pág 46
Tabela 8 - Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na dureza do gel.....	pág 47
Tabela 9 - Efeito do pH na dureza do gel.....	pág 49
Tabela 10 - Análise da variância da porcentagem de proteína miofibrilar e pH na umidade espremível.....	pág 52
Tabela 11 - Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na umidade espremível.....	pág 53
Tabela 12 - Efeito do pH na umidade espremível.....	pág 55
Tabela 13 - Formação de gel de CPS em relação a porcentagem de proteína e pH.....	pág 59
Tabela 14 - Análise da variância da porcentagem de proteína do CPS e pH na dureza do gel.....	pág 61

Tabela 15 - Efeito da porcentagem de proteína do CPS na dureza do gel.....	pág 62
Tabela 16 - Efeito do pH na dureza do gel de CPS.....	pág 64
Tabela 17 - Análise da variância da porcentagem proteína de CPS e pH na umidade espremível.....	pág 67
Tabela 18 - Efeito da porcentagem de proteína do CPS na umidade espremível.....	pág 67
Tabela 19 - Efeito do pH na umidade espremível de gel de CPS.....	pág 69
Tabela 20 - Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na dureza do gel.....	pág 70
Tabela 21 - Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na umidade espremível de gel.....	pág 72
Tabela 22 - Caracterização química das salsichas.....	pág 74
Tabela 23 - Valores de rendimento de cozimento ("cooked yield") de salsichas (%).....	pág 74
Tabela 24 - Influência da substituição de carne de peito de frango por CPS na dureza de salsicha.....	pág 75
Tabela 25 - Influência da substituição de carne de peito de frango por CPS no teste de corte de salsicha.....	pág 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Curva da Solubilidade da proteína do músculo de peito de frango em relação ao pH.....	pág 42
Figura 2 : Géis de proteína miofibrilar de músculo de peito de frango.....	pág 47
Figura 3 : Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na dureza de gel.....	pág 49
Figura 4 : Efeito do pH na dureza de gel de proteína miofibrilar de frango.....	pág 51
Figura 5 : Géis de proteína miofibrilar de músculo de peito de frango.....	pág 52
Figura 6 : Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na umidade espremível.....	pág 55
Figura 7 : Efeito do pH na umidade espremível de gel de proteína miofibrilar de frango.....	pág 56
Figura 8 : Curva de solubilidade do concentrado protéico do soro de leite em função do pH.....	pág 57
Figura 9 : Géis de concentrado protéico de soro de leite.....	pág 63
Figura 10 : Géis de concentrado protéico de soro de leite.....	pág 63
Figura 11 : Efeito da porcentagem de proteína do CPS na dureza do gel.....	pág 64
Figura 12 : Gel de concentrado protéico de soro de leite.....	pág 65
Figura 13 : Efeito do pH na dureza de gel de CPS.....	pág 66
Figura 14 : Efeito da porcentagem de proteína na umidade espremível de gel de CPS.....	pág 68
Figura 15 : Efeito do pH na umidade espremível de gel de CPS.....	pág 70
Figura 16 : Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na dureza de gel.....	pág 72
Figura 17 : Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na umidade espremível de gel.....	pág 73

Figura 18 : Salsicha de peito de frango com substituição de 5.0% de CPS.....	pág 75
Figura 19 : Influência da substituição de carne de frango por CPS na dureza de salsicha.....	pág 76
Figura 20 : Influência da substituição de carne de frango por CPS no teste de corte de salsichas.....	pág 77
Figura 21 : Salsicha de peito de frango com substituição de 15.0% de CPS.....	pág 78
Figura 22 : Salsicha de peito de frango com substituição de 10.0% de CPS.....	pág 78

CARACTERÍSTICAS DE GÉIS MISTOS DE PROTEÍNAS MIOFIBRILARES DE FRANGO E PROTEÍNAS DO SORO DO LEITE

Candidata: Marta Costa Santos Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Aloísio José Antunes

RESUMO

Produtos emulsionados processados são sistemas complexos nos quais as proteínas solúveis em solução salina formam géis induzidos pelo calor ligando água e gordura, sendo responsáveis pela textura do produto final. Novos produtos cárneos desta categoria estão sendo introduzidos contendo menos sal e gordura. Nesse sentido tem havido uma demanda na utilização de carne de frango como matéria-prima.

Proteínas do soro do leite tem sido usadas em produtos cárneos processados para aumentar as propriedades ligantes água/gordura sem afetar suas propriedades de aroma e sabor.

Uma vez que a manufatura de produtos cárneos cominuídos, e a incorporação de proteínas do soro do leite nos mesmos, é dependente da funcionalidade da matriz protéica, este estudo teve por objetivos estudar: a) a influência da solubilidade protéica na gelatinização das proteínas miofibrilares de frango e CPS; b) a influência da concentração das proteínas miofibrilares e CPS juntas e separadamente no processo de gelatinização; c) a influência do pH na gelatinização das proteínas miofibrilares e CPS juntas e separadamente; d) as características de géis mistos: capacidade de gelatinização, capacidade de retenção de água, e dureza do gel.

Os resultados indicaram que existe uma concentração mínima de proteína para a formação de gel para cada valor de pH, tanto para os géis de proteínas miofibrilares, quanto

para os géis de CPS, e que na medida que aumenta a concentração de proteína no gel, aumenta a dureza deste.

Pela análise da solubilidade, notou-se que ambas proteínas estudadas tornaram-se mais solúveis a medida que o pH foi aumentado.

Com relação ao efeito do pH, para os géis de proteínas miofibrilares, a dureza apresentou redução conforme o aumento deste; contudo para os géis de CPS foi constatado aumento da dureza conforme o pH aumentou.

Estudos de substituição de proteína miofibrilar por CPS indicaram a porcentagem de proteína substituída necessária para reduzir a dureza dos géis.

A avaliação das salsichas processadas com carne de frango e CPS comprovaram os resultados obtidos com as substituições realizadas nos géis mistos.

CHARACTERISTICS OF MIX GELS OF CHICKEN BREAST MYOFIBRILLAR PROTEINS AND WHEY PROTEINS

Candidate: Marta Costa Santos Rodrigues

Advisor: Prof. Dr. Aloísio José Antunes

SUMMARY

Emulsified processed products are complex systems in which salt-soluble proteins form heat-induced gels that bind water and fat, while providing texture to the final product. New meat products of this type with less salt and fat are being introduced. Therefore, there has been a demand for the utilization of chicken meat as raw material.

Whey proteins have been used in processed meat products to increase the binding properties water/fat without affecting their flavour properties.

Since the manufacture of comminuted meat products and the incorporation of whey proteins in them are dependent of protein matrix functionality, the objectives of this investigation were to study: a) the influence of protein solubility in the gelatinization of chicken myofibril proteins and of whey protein concentrate (WPC); b) the influence of the concentration of myofibril proteins and of WPC together and separated in the gelatinization process; c) the influence of pH in the myofibril protein gelatinization and inn the WPC gelatinization, together and separated; d) the characteristics of mix gels: gelatinization ability, water-holding ability, and gel hardness.

The results have indicated that there is a least concentration of protein to form a gel for each pH value, as much for myofibril protein gels as for WPC gels, and as the protein concentration in the gel increases, its hardness also increases.

As a result of the solubility analysis it was observed that both studied proteins became more soluble with the increase of pH.

According to the pH effects, the hardness decreased as the pH increased in the myofibril proteins gels, however, the hardness increased as the pH increased in the WPC gels.

The replacement of protein myofibril by WPC in gels indicated which percentage of the replaced proteins is necessary to reduce the gels hardness.

The evaluation of processed sausage with chicken meat and with WPC corroborated the results obtained with the substitution carried out in the mixed gels.

INTRODUÇÃO

Produtos cárneos e lácteos apresentam várias características comuns. Ambos são apreciados dos pontos de vista organolépticos e nutricionais. Eles tem sido tradicionalmente considerados como duas das mais importantes fontes alimentares para humanos. Numa dieta moderna, a carne contribui com cerca de 35% da proteína ingerida, e o leite 25% (Hoven, 1987).

Devido aos cuidados com relação à saúde, nutrição e/ou aspectos econômicos, tem havido uma demanda em produtos processados de frango, como salsichas, pães e bolos de carne, comparados aos produtos de carne vermelha.

Salsichas de frango vêm invadindo uma grande parcela do mercado de “hotdog”, de 8% para 15% em algumas regiões (Anonymous, 1981).

A capacidade de formar géis é uma importante propriedade funcional de muitas proteínas. Géis protéicos são compostos por matrizes tridimensionais parcialmente associadas de polipeptídeos, as quais imobilizam grandes quantidades de água.

A gelatinização das proteínas miofibrilares, miosina e actomiosina, durante o processamento térmico é largamente responsável pela estabilidade física e química de gordura e água e pelo desenvolvimento das características de textura em produtos cárneos cominuídos (Acton et al., 1983; Asghar et al., 1985).

A capacidade para ligar água e formar géis induzidos pelo calor, são algumas das propriedades funcionais importantes das proteínas do soro do leite em produtos formulados de carnes (Mulvihill & Kinsella, 1988).

Muitos fatores afetam a formação e propriedades dos géis protéicos, dentre eles, temperatura, concentração protéica, pH, concentração de sal, processamento, e também para géis de proteínas do soro, concentração de íons cálcio, e concentração de sulfidril livre

Proteínas não cárneas são adicionadas às formulações de carnes processadas para aumentar o rendimento, modificar as propriedades de textura, e controlar os custos. Para

otimizar o uso de proteínas não cárneas em produtos cárneos e obter as propriedades funcionais desejáveis, é necessário conhecer as interações que podem ocorrer entre as proteínas da carne e as proteínas adicionadas durante o processamento.

Durante o processamento, as proteínas do músculo, solúveis em sal, formam um gel (Acton et al., 1983;Smith, 1988), proteínas não cárneas podem ser dispersas nesta matriz de gel das proteínas do músculo ligando-se água, ou então elas podem formar um gel e depois interagir com as proteínas do músculo (Hung & Smith, 1993) para formar um dos vários tipos de géis mistos.

Concentrados protéicos de soro de leite (CPS) tem sido usados para aumentar a funcionalidade e valor nutricional de muitos produtos alimentícios. O uso de CPS para aumentar o rendimento e melhorar a textura de salsichas de carne de boi e porco (Ensor et al., 1987), pates processados de carne (Lee et al., 1980), “surimi”(Burgarella et al., 1985) tem sido reportado.

Os objetivos deste estudo foram caracterizar os géis de proteínas miofibrilares de frango e géis de concentrado protéico de soro de leite em relação a análise de textura, verificando a influência da concentração e pH no processo de gelatinização.

OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho incluem:

1. Estudo da influência da solubilidade protéica na gelatinização das proteínas miofibrilares de frango e CPS;
2. Estudo da influência da concentração das proteínas miofibrilares e CPS unidas e separadamente no processo de gelatinização;
3. Estudo da influência do pH na gelatinização das proteínas miofibrilares e CPS unidas e separadamente;
4. Estudo das características de géis mistos: capacidade de retenção de água, capacidade de gelatinização e textura.

REVISÃO DA LITERATURA

1. Propriedades Funcionais das Proteínas

Tradicionalmente, a indústria de alimentos tem contado com ingredientes protéicos mais abundantes, como as proteínas do leite, glúten e gelatina. Entretanto, com o desenvolvimento de novos produtos, a indústria de alimentos necessitou utilizar ingredientes protéicos com características especiais, para competir com os tradicionais já existentes. Essas formulações de proteína teriam que atender a requisitos funcionais específicos, para fornecer as características desejáveis do produto final (Kinsella & Whitehead, 1989).

Funcionalidade significa qualquer propriedade de um alimento ou ingrediente alimentício, excetuando as nutricionais, que influenciam sua utilização. A maior parte das propriedades funcionais influem sobre o caráter sensorial do alimento (em especial, a textura), mas também podem ter um papel decisivo no comportamento físico dos alimentos ou dos ingredientes alimentícios durante sua preparação, transformação ou armazenamento (Acton, 1983).

São várias as propriedades funcionais que intervêm habitualmente em cada alimento.

Quadro 1: Classes Gerais de Propriedades Funcionais de Proteínas Importantes em Aplicações Alimentícias

Propriedade geral	Termo funcional específico
Organoléptica	Cor, aroma, sabor, odor, textura,
Cinética	mastigabilidade, fibrosidade, granulosidade, turbidez, etc.

Hidratação	Solubilidade, dispersibilidade, absorção de água, entumescimento, espessamento, gelatinização, capacidade de retenção de água, sinerese, viscosidade, formação de pasta, etc.
Superfície	Emulsificação, espuma, aeração, formação de filme proteína/lipídeo, ligação com lipídeo, ligação aroma/sabor, estabilização, etc.
Estruturais	Elasticidade, arenosidade, coesão,
Texturiais	gomosidade, viscosidade, adesão,
Reológicas	ligação cruzada em malha, agregação, gelatinização, formação de massa, texturabilidade, formação de fibra, extrudabilidade, elasticidade, etc.
Outras	Compatibilidade com aditivos.

*(Kinsella, 1976)

2. Propriedades Gelatinizantes das Proteínas Miofibrilares

As proteínas das células do músculo são classificadas em três grupos: miofibrilares, sarcoplasmáticas, e estroma. Para tecidos esqueléticos, as proteínas miofibrilares constituem entre 50 e 55% do conteúdo protéico total, enquanto as proteínas sarcoplasmáticas respondem por aproximadamente 30 a 34% das proteínas totais (Goll *et al.*, 1970). O remanescente, 10 a 15% da proteína é a fração do estroma, referida frequentemente como as proteínas do tecido conectivo.

Proteínas miofibrilares, miosina no *pré-rigor* da carne e actomiosina no *post-rigor* são responsáveis pelas propriedades funcionais incluindo emulsificação, solubilidade, gelatinização, viscosidade, capacidade de retenção de água e gordura. O estudo das propriedades funcionais de proteínas da carne é requerido na utilização de fontes cárnes mais baratas e não convencionais, com o objetivo de controlar o processamento, custos de energia e reduzir perdas (Smith, 1988).

Sendo excelentes agentes gelatinizantes, as proteínas miofibrilares governam as características texturiais e estruturais de produtos cárneos cominuídos (Acton *et al.*, 1983; Foegeding, 1988).

Proteínas sarcoplasmáticas possuem pouca habilidade gelatinizante, contribuindo pouco para ligação da carne através do mecanismo de gelatinização (Fukazawa *et al.*, 1961; MacFarlane *et al.*, 1977). Embora algumas proteínas do estroma (particularmente o colágeno), sejam capazes de formar géis sob condições próprias de aquecimento, possuem também um papel muito pequeno na ligação e estabilidade dos produtos cárneos cominuídos (Samejiima *et al.*, 1969; Nuckles *et al.*, 1991)

Cominuição é definida como o processo de redução de matéria-primas a um estado particulado fino, o qual rompe fisicamente o tecido muscular, membranas e o sarcolema com o objetivo de liberar miofibrilas e miofilamentos, com conseqüente extração das proteínas miofibrilares, em elevada força iônica salina (0,6 M NaCl ou superior) (Smith, 1988). Ocorre entumescimento das fibras musculares, despolimerização com solubilização da miosina e/ou actomiosina e, uma vez que os sítios de ligação das proteínas miofibrilares ficam expostos à solução salina, ao invés de estarem restritos apenas às interações proteínas-proteínas, há um aumento na capacidade de ligação com as moléculas de água, levando a uma maior viscosidade do sistema. Nesse processo de cominuição há fragmentação dos glóbulos de gordura em partículas menores (Whiting, 1988a).

Durante o aquecimento, após a etapa de cominuição, ocorre a gelatinização e a capacidade de retenção de água (Whiting, 1988b). A gordura funde-se com o calor, ocorrendo expansão térmica dos glóbulos, e as interações proteína-proteína contribuem para a formação de um gel com rede estruturada tridimensionalmente. Na interface gordura-água, a proteína adsorvida desnatura-se englobando as partículas de gordura. Tais eventos são responsáveis

pelas características microestruturais e reológicas do gel formado, influenciando textura, aparência e rendimento de cozimento (Hermansson, 1982).

A capacidade de retenção de água das proteínas miofibrilares é influenciada pelo estado de ionização e densidade de carga da proteína, os quais são modificados pela adição de sal e pH. Quanto mais próximo do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, menor é a capacidade de ligação de água (Acton *et al.*, 1983)

Durante a extração das proteínas através do efeito “salting-in” do cloreto de sódio e desintegração do tecido muscular, ocorre um aumento na capacidade de ligação de água das proteínas miofibrilares. Adição de NaCl leva à uma mudança no ponto isoelétrico das proteínas para valores mais baixos, criando uma carga líquida negativa maior em relação ao pH existente dos grupos carboxilas ionizáveis da proteína. Repulsão entre esses grupos negativamente carregados produz uma abertura nas moléculas de proteína causando um aumento na hidratação (Hamm, 1960). Íons cloretos hidratados são fortemente atraídos pelos grupos positivamente carregados da proteína rompendo assim as pontes inter e intra protéicas, resultando num aumento adicional da carga negativa e por sua vez numa maior atração e ligação com a água (Lumry, 1973).

Gelatinização é geralmente um processo em dois estágios, envolvendo um desdobramento inicial da proteína seguida pela subsequente agregação. O tratamento pelo calor de uma proteína enfraquece as ligações que mantêm suas estruturas secundária e terciária. Conforme a desnaturação térmica ocorre, a maior parte das moléculas de proteína começam a se desdobrar e aumenta a quantidade de água firmemente ligada a proteína. Se as interações proteína-proteína conduzem à formação de uma rede tridimensional capaz de englobar moléculas de água, um gel é formado (Mangino, 1992).

Se a rede é bastante fraca, a viscosidade aumentará, tornando-se possível o fluido escoar e o verdadeiro gel não será formado. Se, por outro lado, as interações proteína-proteína são bastante fortes, a rede sofrerá um colapso e a água será expelida da estrutura. Um balanço entre as forças atrativas para formar uma rede e as forças repulsivas necessárias para prevenir um colapso é requerido para a formação do gel (Mangino, 1992).

Interações proteína-proteína não covalentes ocorrem na formação de ambos géis reversíveis e irreversíveis. O número e tipo de interações não covalentes (interações

hidrofóbicas, Van der Waals, pontes de hidrogênio e interações iônicas entre aminoácidos carregados de cadeias vizinhas) variam com proteína, pH, tratamento de calor, e íons presente. Ligações cruzadas são essenciais para a formação do gel, as quais juntamente com o solvente conduzem a fluidez, força mecânica, elasticidade e viscosidade dos géis (Schmidt, 1981).

Géis de proteínas desnaturadas tem sido estudados por muitos anos, os primeiros trabalhos foram realizados por Ferry (1948); géis e processos gelatinizantes foram revistos por Flory (1974).

Para proteínas globulares, desnaturação é frequentemente considerada um pré-requisito para formação de gel. Na gelatinização térmica irreversível, a transformação da proteína nativa para proteína desnaturada e para gel, ocorre durante aquecimento. Depois do resfriamento, o reaquecimento não converte o material de sólido viscoelástico para um líquido viscoso, e assim a gelatinização é considerada irreversível. As razões da irreversibilidade podem ser explicadas pela teoria básica da gelatinização protéica sugerida por Ferry (1948) e esquematizada por Schmidt (1981) para produzir as reações:

proteína nativa → proteína desnaturada

proteína desnaturada → agregado solúvel

agregado solúvel → agregado insolúvel

agregado insolúvel → gel

Os géis são irreversíveis porque (1) depois do resfriamento, com o reaquecimento eles não se dissolvem ou retornam para o estado de agregado solúvel, e (2) eles não se dissociam e redobram para um estado nativo sob resfriamento. A gelatinização irreversível indica que as proteínas agregadas formando a matriz de gel perderam a habilidade para serem facilmente dissociadas, pois se encontram num estado reológico o qual já é independente da temperatura (Ziegler & Foegeding, 1990).

Em “batters” de produtos cárneos, o cozimento causa abertura das proteínas, exposição à interface e formação de uma rede tridimensional bem ordenada e estabilizada por ligações hidrogênio e hidrofóbicas (Whiting, 1988). Gordura e água ficam fisicamente localizadas dentro dessa matriz protéica.

As capacidades ligante e de retenção de água de carnes processadas são baseadas na capacidade da miosina formar géis térmicamente (Asghar *et al.*, 1985). Propriedades reológicas dos géis de miosina induzidos pelo calor são afetados por vários fatores, como força iônica, pH, concentração protéica, e temperatura de aquecimento. (Ishioroshi *et al.*, 1979; Siegel e Schimidt, 1979). Entre estes fatores força iônica e pH são também críticos em determinar se as moléculas de miosina estão como monômeros ou filamentos poliméricos. Moléculas de miosina se agregam para formar dímeros paralelos que por sua vez se agregam para formar filamentos. A transformação entre filamentos e monômeros pode ocorrer reversivelmente *in vitro* pela mudança na força iônica (Huxley, 1983).

Os mecanismos de formação de gel de miosina, actina e actomiosina tem-se tornado claro através de vários estudos (Xiong & Brekke, 1989).

A microscopia eletrônica tem mostrado que a miosina contém duas cabeças globulares conectadas por uma cauda helicoidal de α -hélices (Huxley, 1983). Nas condições desnaturantes são dissociadas dentro de seis subunidades: duas cadeias pesadas e quatro cadeias leves localizadas na região da cabeça (Ziegler & Foegeding, 1990).

Geralmente miosina por si só forma excelente géis.

Actomiosina natural contém miosina A, actina, tropomiosina, troponinas, α -actinina e β -actinina (Briskey, 1967, citado por Acton *et al.*, 1983). Fukazawa *et al.*, (1961) determinaram que entre as proteínas miofibrilares, miosina é essencial no desenvolvimento das propriedades ligantes desejáveis de salsichas preparadas de miofibrilas inteiras. A importância da miosina no processo de gelatinização tem sido bem estabelecida. Entretanto, a contribuição das outras proteínas do músculo permanece ainda desconhecida.

Yasui e seus associados propuseram um mecanismo de gelatinização da miosina induzida pelo calor (Ishioroshi *et al.*, 1979; Samejima *et al.*, 1981; Ishioroshi *et al.*, 1982). Quando moléculas de miosina são dispersas como monômeros a alta força iônica (acima de 0,3M de NaCl), agregação das regiões da cabeça das moléculas de miosina, para qual grupos sulfidrilas contribuem, ocorrem primeiro e em seguida as ligações cruzadas da cauda das moléculas de miosina. A reação posterior envolve transformações helicoidais. Segundo Schmidt & Trout (1986), a formação da rede protéica com a agregação da cabeça da

miosina ocorre a 30-50°C, e a formação de gel com as regiões da cauda à temperatura superiores a 50°C.

Yamamoto *et al.* (1988) descrevem que a rigidez dos géis induzidos pelo calor dos filamentos de miosina são intimamente relacionados ao comprimento dos filamentos antes do aquecimento. Miosina na forma filamentosa forma géis mais rígidos do que na forma monomérica. Observações da microscopia eletrônica sugeriram que a associação e subsequente agregação dos filamentos de miosina por si só causam formação de uma estrutura completa de rede. Filamentos curtos de miosina começam a agregar-se randômicamente logo no início do aquecimento, formando aglomerados, e os filamentos longos associam-se lado a lado formando feixes. Estas diferenças no modo de agregação entre vários comprimentos de filamentos de miosina parece ser uma das possíveis razões para as diferentes estruturas de rede observadas nos géis.

Samejima *et al.* (1984) apontam a necessidade de cadeias intactas de miosina para obtenção de maior força de gel, uma vez que cadeias leves dissociam-se e são solubilizadas durante aquecimento. Sub-fragmentos de miosina produzem géis mais fracos que cadeias pesadas em sistemas modelos (Ishioroshi *et al.*, 1982; Samejima *et al.*, 1981). Estudos com actina revelaram que, isoladamente, esta proteína não exibe capacidade gelatinizante (Fukazawa *et al.*, 1961). Yasui *et al.* (1980) mostraram que a presença de actina afeta as características de gel da miosina. Misturas de actina e miosina exibem maior força de gel a pH 6,0 e uma força iônica de 0,7. Yasui *et al.* (1982) relataram ser a razão molar miosina - actina de 2,7:1 necessária para a maior força de gel em 0,6M KCl, 20 mM tampão fosfato, pH 6,0. Nesta razão, 15-20% de proteína total existe como o complexo actomiosina, e no restante a miosina está livre. Asghar *et al.* (1985) determinaram que na presença de miosina, actina exerce um efeito sinérgico complementando consideravelmente as propriedades de ligação e gelatinização da miosina. Acredita-se que esse fato seja devido a formação do complexo actomiosina no sistema (Yates *et al.*, 1983)

Siegel *et al.* (1979) descreveram o efeito do sal no aumento da força de gel, eles mostraram que quando miosina e actomiosina são aquecidas em soluções salinas de alta força iônica as proteínas formam uma bem estruturada rede de fibras tridimensionais. Na ausência de sais, as mesmas proteínas formam uma estrutura esponjosa com pouca força. Desse modo, eles concluíram que a estrutura tridimensional característica produzida pela

adição de sais é necessária para as proteínas da carne produzirem uma ligação satisfatória. Yasui *et al.* (1980), afirmaram que ocorreu uma estrutura para ambas miosina e actomiosina a pH 6,0 e força iônica de 0,6, mas não ocorreu com actina. Os mesmos autores mostraram que a adição de miosina à actomiosina produz um gel muito mais forte do que miosina ou actomiosina usadas separadamente.

MacFarlane *et al.* (1977) afirmaram que a força ligante da miosina é superior a da actomiosina, enquanto Nakayama e Sato (1971) descreveram que F-actina, em adição a miosina, contribuiu para a formação do gel. Sob aquecimento, F-actina sozinha coagula, não exibindo nenhuma das propriedades viscoelásticas dos géis de miosina ou actomiosina (Samejima *et al.*, 1969; Yasui *et al.*, 1980).

Yasui *et al.* (1980) investigaram os efeitos da adição de F-actina em preparações de miosina e observaram um aumento inicial na rigidez do gel quando a razão molar miosina/G-actina foi diminuída de infinito para 2.7. Adição posterior de actina para o sistema levou a uma diminuição na rigidez. Análise por ultracentrifugação revelou que a rigidez máxima foi desenvolvida quando a formação total do complexo actomiosina tinha ocorrido. Conflitos sobre os efeitos da actina sobre a gelatinização existem pelo fato das razões miosina/actina variarem entre preparações miofibrilares.

Nakayama e Sato (1971) incubaram preparações de miofibrilas e verificaram que soluções contendo tropomiosina nativa aumentaram a viscosidade para um grau maior do que soluções sem tropomiosina. Eles concluíram que em adição a miosina, a presença de tropomiosina, e provavelmente actina, contribuem para a qualidade da textura de produtos cárneos cominuídos.

Em sistemas contendo 20 mg/ml de proteína, 0.6M KCl, pH 7.0, Samejima *et al.* (1969) relataram gelatinização positiva para miosina de carne de boi, actomiosina, e meromiosina pesada(HMM), mas não houve formação de gel para meromiosina leve (LMM) ou fragmentos de LMMI. Avaliação da força do gel, atestada como a força para alcançar 50% da força de tensão de uma molécula intacta de miosina, quando comparada as suas subunidades, é requerida para formação do gel.

Diferentes tipos e espécies de músculos têm também diferentes propriedades de gel. Ishioroshi *et al.* (1979) relataram que géis de miosina de coelho foram ótimamente

desenvolvidos à temperaturas entre 60-70°C a pH 6,5 em 0,6M KCl. O pH para a máxima rigidez do gel em 0,6M KCl foi dito ser a pH 5,4 a 5,6 para miosina de peito de frango (Asghar *et al.*, 1984; Morita *et al.*, 1987) e a pH 5,1 para miosina da coxa de frango (Morita *et al.*, 1987). Miosina de músculo branco de frango (Asghar *et al.*, 1984; Morita *et al.*, 1987) e músculo bovino (Frethein *et al.*, 1986) geralmente exibem melhores propriedades de formação de gel a pH 6,0 do que miosina de músculo vermelho. Produtos cárneos processados não são feitos dentro de um pH específico; assim torna-se importante compreender as propriedades das proteínas do músculo numa larga faixa de pH.

Microestrutura de géis de proteína do músculo foi estudada usando ambas transmissão (TEM) e microscopia eletrônica de varredura (SEM) (Yasui *et al.*, 1979; Hermansson, 1986). Hermansson *et al.* (1986) mostraram evidência de que a miosina pode formar duas estruturas de gel completamente diferentes na faixa de pH 5,5-6,0, dependendo da força iônica. Estruturas de gel na forma de feixes finos são formadas a baixa força iônica (0,25M KCl), enquanto que estruturas de gel agregadas grosseiramente são formadas a alta força iônica (0,6M KCl).

A influência que o pH e diferentes íons exercem na capacidade de retenção de água da carne pode ser explicada por mudanças nas cargas elétricas das proteínas musculares. O pH normal do músculo pós-rigor (pH ~5,5) é muito próximo do ponto isoelétrico da actomiosina (pH~5,0). Nesse valor de pI, a carga líquida de uma proteína é mínima, predominando máxima interação entre as moléculas e desse modo, a repulsão eletrostática entre os grupos de cargas semelhantes é mínima. Nessa região, a proteína apresenta uma capacidade muito baixa de retenção de água (Ellinger, 1972). Com adição de ácido ou base, ocorre uma clivagem nas pontes salinas entre as proteínas e aumenta a repulsão eletrostática, conduzindo a um aumento na capacidade de retenção de água e entumescimento, uma vez que a rede protéica está aberta, podendo reter mais água.

As proteínas miofibrilares conhecidas por serem os maiores ligantes em sistemas cárneos, torna-se assim difícil avaliar a contribuição individual de cada uma delas, uma vez que diferentes proteínas interagem quando ligadas (Yasui *et al.*, 1980) e o método de extração e purificação também tem uma profunda influência sobre a capacidade ligante (Siegel e Schmidt, 1979).

3. Propriedades gelatinizantes dos Concentrados Protéicos de Soro de Leite

Um problema ocorre quando se tenta avaliar as propriedades funcionais das proteínas do soro a partir dos dados de pesquisa de diversos autores porque o soro utilizado é proveniente de fontes variadas e as condições de processamento utilizadas para a produção do concentrado, bem como as composições do soro são também diversas. Devido a estes fatores, o CPS produzido possui composição variada, diferentes graus de desnaturação protéica e agregação e diferentes propriedades físico-químicas e funcionais (Morr, 1993).

As principais proteínas do soro exibem propriedades únicas que dependem do seu peso molecular, composição e sequência de aminoácidos. Essas propriedades físico-químicas incluem estrutura secundária e terciária, hidrofobicidade superficial total e disponível, reatividade de resíduos de aminoácidos contendo sulfidril-dissulfeto, e flexibilidade da cadeia polipeptídica (Morr, 1993).

O soro do leite é a solução aquosa remanescente após a remoção dos glóbulos de gordura (MFG), membrana dos glóbulos de gordura (MFGM), e micelas de caseína do leite (Morr, 1993). O soro de leite possui 20% da proteína presente no leite (Morr, 1993).

A produção de soro de leite derivado da fabricação de queijo e caseinato é estimada em 86 milhões de tons/ano (Morr, 1993 - dados estatísticos anuais U.S.). A indústria americana de laticínios produz 18 milhões de tons/ano de soro do tipo doce, ou seja, o soro resultante da precipitação enzimática das caseínas. Produz ainda 1,7 milhões de tons/ano de soro do tipo ácido, aquele resultante da precipitação ácida das caseínas para produção de queijo cottage e de caseinato (Morr, 1993).

Existem diferenças entre estes dois tipos de soro quanto a composição e pH. O soro doce possui pH 6,0 - 6,3 e o soro ácido pH 4,3 - 4,6. Além disso, a concentração de sais no soro ácido é maior que no soro doce.

As proteínas do soro são concentradas por diversos processos, dando origem ao concentrado de proteína do soro (CPS), que contém cerca de 75% de proteína e o isolado de proteína do soro (IPS), que contém mais de 90% de proteína.

A ultrafiltração, dentre as técnicas de separação, têm sido o processo mais utilizado para concentrar as proteínas do soro. Neste método o soro é clarificado, sujeito a ultrafiltração (e talvez diafiltração, dependendo da concentração final de proteína desejada) e então seco por "spray dryer". O produto terá desnaturação mínima se as temperaturas forem cuidadosamente controladas (Kinsella & Whitehead, 1989).

As proteínas do soro incluem um grupo característico de proteínas globulares diferentes. Estas proteínas são agrupadas porque elas permanecem solúveis no leite após a remoção da caseína feita pela adição de ácido (pH 4,6).

As principais proteínas do soro, β -Lactoglobulina e α -Lactalbumina são sintetizadas nas glândulas mamárias e perfazem 70-80% das proteínas totais do soro; as outras proteínas do soro, a soroalbumina bovina e as imunoglobulinas são derivadas do sangue (de Wit, 1981). As propriedades funcionais importantes dos concentrados protéicos do soro são solubilidade, formação de espuma, emulsificação e gelatinização (Schmidt & Morris, 1984).

A incorporação de proteínas do soro em alimentos geralmente causa alterações das suas propriedades funcionais nativas. Estas alterações são induzidas, por um lado, pela composição dos concentrados de proteínas do soro e dos alimentos aos quais eles são incorporados e, por outro lado, pelos procedimentos de processamento empregados para preparar o CPS e os alimentos (de Wit, 1989).

A habilidade de dispersões protéicas de concentrados protéicos do soro formarem géis depois do aquecimento é uma manifestação física da desnaturação protéica e reações de agregação (Schmidt *et al.* 1984). A rede de gel, formada por reações irreversíveis de gelatinização induzidas pelo calor de CPS, são baseadas predominantemente em ligações dissulfeto, com algum envolvimento de outros tipos de ligação não-covalentes (hidrogênio, hidrofóbica e iônica) que são mediadas pelo cálcio (Morr, 1979).

Muitos fatores afetam a formação e propriedades dos géis protéicos (de CPS) , dentre eles, temperatura, concentração protéica, pH, concentração de sal, concentração de cálcio, concentração de sulfidril livre.

O CPS contém 5-6% de lipídeos, que podem inibir a gelatinização das proteínas através de interferência com a polimerização protéica, pela formação de ligações

hidrofóbicas intermoleculares (Morr,1993). A lactose também pode inibir a gelatinização induzida pelo calor das soluções de proteína do soro, uma vez que o processo de gelatinização requer um certo grau de desnaturação protéica e esta é inibida pela presença de lactose.

Com proteínas do soro, a gelatinização tem sido estudada em uma ampla faixa de temperaturas (60-110°C), concentrações (5-20%) de proteína, ambientes iônicos e pH, e na presença de agentes dissulfídicos reativos (Schmidt e Morris, 1984). Schmidt *et al.* (1984) mostraram que concentrações de proteínas do soro de 3-5% aquecidas a 55-70°C (131-158°F) formam géis translúcidos, enquanto que concentrações de 10% produzem géis opacos

As proteínas do soro mais importantes para as propriedades gelatinizantes são justamente as que estão em maiores quantidades, ou seja, a α -Lactalbumina e a β -Lactoglobulina (Morr,1993). Desde que a β -lg está presente em concentrações mais altas, ela é considerada a principal proteína gelatinizante (Zigler & Foegeding,1990). A β -lactoglobulina representa 50% de total das proteínas do soro e 12% do total das proteínas do leite. Esta proteína existe como um dímero em soluções acima do ponto isoelétrico de pH 5,2. Abaixo do pH 3,5 e acima do pH 7,5, o dímero se dissocia em um monômero levemente expandido, e entre o pH 3,5 e 5,2 o dímero polimeriza em um octâmero (Morr, 1993).

Hillier *et al.* (1980) obteve géis estáveis com soluções aquosas de preparações isoladas de proteínas do soro de queijo quando aquecidas a 80°C. Os géis consistiam de cadeias de polipeptídeos por ligações cruzadas dissulfeto. Géis opacos são formados de concentrados contendo relativamente grandes quantidades de -SH, e géis claros são formados com pequenas quantidades de -SH. Os autores formularam a hipótese que a opacidade de um gel estava relacionada a sua estrutura molecular de um modo que provavelmente envolvia o grau de extensão das moléculas individuais e o estado de agregação delas.

Mulvihill e Kinsella (1987) afirmam que a formação do gel ocorre apenas em uma faixa de pH, no limite entre agregação e solubilidade em ambos os lados do ponto isoelétrico (ácido e alcalino) (pI 5,2). Os valores de pH para a gelatinização dependem ainda da concentração de NaCl.

Jost (1993), cita que a gelatinização das proteínas do soro ocorre numa ampla faixa de pH (entre 2,5 e ~ 9,5). Fora desta região, a repulsão eletrostática entre as moléculas

protéicas torna-se excessivamente forte e não permite a formação do gel. Géis de aparência uniforme e com boas propriedades de retenção de água são obtidos próximos da região isoeletrica (pH~5,0), e géis translúcidos podem ser obtidos de proteínas do soro altamente purificadas, livres de gordura (IPS ou β -Lactoglobulina purificada). O autor justifica que géis obtidos nas proximidades do ponto isoeletrico são inferiores em textura, completamente opacos, não-elásticos, e apresentam sinerese. Nesta região de pH, o gel pode também degenerar para um coágulo. Na zona neutra até pH alcalino os géis são uniformes, mecânicamente fortes e elásticos. Os pesquisadores Shimada e Cheftel (1988) descreveram que géis formados a pHs alcalinos (acima do pI) são estabilizados por ligações hidrofóbicas e dissulfeto, enquanto que géis formados a pHs ácidos dependem de ligações hidrogênio.

Morr (1993) descreve que géis preparados com soluções de CPS em baixo pH resultam em um coágulo fraco e opaco. Isso ocorre pelo fato que em valores de pH entre 4 e 5,5 as interações eletrostáticas entre as proteínas não são ordenadas e ocorrem de maneira rápida, diminuindo a formação de agregados proteína- Ca^{+2} . Uma concentração mínima de proteína de 14% foi requerida para formar gel com soluções de CPS em pH 3 e 4,5. Soluções com valores de pH entre 6,0-7,5 resulta em géis translúcidos, resistentes e de alta força. Essas condições conduzem a formação de uma estrutura protéica polimérica ordenada por interações proteína- Ca^{+2} , ligações dissulfídicas cruzadas, e outros mecanismos de interação protéica.

A microestrutura de géis fracos e translúcidos consiste de uma fina rede de pequenos agregados de proteínas, enquanto os géis opacos consistem de uma rede grosseira de agregados de proteínas (Morr, 1993). Amostras de CPS comercial (em soluções de 10 g/dL) variam demasiadamente na capacidade de formar gel e nas propriedades de gelatinização, quando estudados sob condições idênticas. O tempo necessário para a gelatinização pode variar de 1 a 17 minutos quando aquecidos a 100°C, sendo que algumas amostras não formam gel mesmo após 30 minutos de aquecimento (Kinsella & Whitehead, 1989). Isso pode ser devido a uma desnaturação prévia das proteínas, composição do soro, pH e concentração de íons.

A contribuição de ligações dissulfeto na estabilidade de géis de CPS/IPS tem sido interesse em várias investigações.

Aparência do gel é diretamente relacionada ao conteúdo de sulfidril no CPS (Hillier *et al.* 1980). Géis claros são formados de produtos de soro de baixo conteúdo de sulfidril, enquanto que géis formados por aquecimento de produtos do soro contendo níveis mais altos de grupos sulfidrilas são mais opacos. Além disto, a adição de agentes redutores depois da formação do gel, resulta em dissolução dos géis de proteínas do soro.

de Wit e Klarembek (1983) observaram que a reatividade dos grupos tióis da β -Lg e BSA é maior quando o pH passa de 6,0 para 7,5. Isto resulta num aumento das trocas dissulfídicas catalizadas pela dissociação do próton dos grupos tióis a pH alcalino. O pH afeta a razão de desdobramento bem como a possibilidade das interações intermoleculares (Li-Chan, 1983). A reatividade da sulfidril é dependente do pH. Uma vez que o pK do grupo tiol funcional é aproximadamente pH 8,0, as reações sulfidrilas e interações sulfidril-dissulfeto seriam mais favorecidas a pH 8,0. A quebra das ligações intramoleculares dissulfeto encorajará a desnaturação enquanto a formação de novas ligações dissulfeto intermoleculares favorecerá agregação e insolubilização.

Mangino *et al.* (1986) verificaram ser a β -Lactoglobulina o mais importante contribuinte para a força gel de CPS a pH 8,0, mas isso não ocorria a pH 6,5 ou 4,6. Os autores, confirmando o já sugerido anteriormente, acrescentam que a pH 8,0 uma inter-troca sulfidril-dissulfeto é importante para a formação da matriz de gel. A função das ligações dissulfeto e grupos sulfidrilas na gelatinização nem sempre é visível, pela possibilidade de trocas intra e intermolecular sulfidril/dissulfeto desencadarem uma variedade de outras ligações cruzadas.

Kim *et al.* (1987), num estudo sobre a β -Lactoglobulina, α -Lactalbumina e seroalbumina bovina de CPSs, verificam que a β -Lactoglobulina, determinada por HPLC, é significativamente correlacionada com a capacidade emulsificante, solubilidade protéica, “whipped topping overrun”, força do gel, e sulfidril livre do CPS. Como previamente notado, a β -Lactoglobulina é a maior fonte de grupos sulfidril no CPS e assim estas correlações são razoáveis.

Langley e Green (1989) fabricaram géis de concentrados ricos em proteínas do soro e determinaram as propriedades mecânicas de compressão. Eles afirmam que a força do gel tem uma relação constante com a composição em diferentes testes. A força compressível

dos géis aumenta com o aumento do conteúdo de β -Lg nos concentrados, e com aumento nas concentrações de CPS. Os géis variam em aparência de opacos, quando altas quantidades de β -Lg estão presentes, a claros com baixas quantidades de β -Lg.

As interações intermoleculares hidrofóbicas e eletrostáticas usualmente predominam na rede do gel obtido. Porém as ligações hidrofóbicas que não são sustentadas por ligações dissulfídicas intermoleculares não contribuem significativamente para a firmeza do gel (Morr, 1993).

Os reagentes de redução -SS e de bloqueio -SH têm um profundo efeito nas propriedades de gelatinização das soluções de CPS (Morr, 1993).

Schmidt *et al.* (1978) usaram diálise para diminuir os componentes não protéicos e aumentar a proteína purificada, o que altera a habilidade de formar gel de CPS. Géis formados por aquecimento de CPS dializados foram mais firmes, mais coesivos e mais translúcidos em aparência do que aqueles formados por aquecimento de CPS não dializados (Schmidt *et al.* 1978). Em subsequente estudo, Schmidt *et al.* (1979) mostraram que a dureza de géis de CPS é aumentada pelo cálcio a níveis em torno de 11mM. Acima deste nível ocorre uma diminuição na dureza do gel. Como no caso com os grupos sulfidrilas livres, há uma concentração ótima de cálcio para a força do gel (Mangino, 1992). O cloreto de cálcio pode ser adicionado ao leite antes da manufatura do queijo para compensar as variações sazonais do cálcio no leite. CaCl_2 adicionado tem sido relatado aumentar a viscosidade do leite (Cook, 1981, citado em Schmidt e Morris, 1984). Entretanto, efeitos do CaCl_2 adicionado durante a fabricação do queijo sobre a funcionalidade de CPS não tem sido suficientemente avaliado (Schmidt e Morris, 1984).

Uma mudança na composição mineral altera o balanço iônico e força iônica das soluções de CPS, o que, como já dito, pode alterar as suas propriedades funcionais. Ca^{++} é o componente mineral mais importante que está relacionado com a agregação das proteínas do soro (Morr, 1993). A concentração de íon cálcio tem demonstrado ser importante na gelatinização de sistemas protéicos. Uma vez que a proteína tenha sido desdobrada, uma rede capaz de imobilizar água precisa ser gerada. Cálcio é capaz de formar ligações cruzadas entre cadeias protéicas adjacentes e ajudar na formação de tais redes. O efeito da concentração

de cálcio sobre a força e textura de géis produzidos por CPSs tem sido estudado por Schimidt *et al.*(1978); Schimidt *et al.* (1979); Kohnhorst & Mangino(1985); Mangino(1992).

Segundo Shimada & Cheftel (1989), a adição de NaCl aumenta a firmeza, mas diminui a elasticidade do gel formado em pH alcalino e neutro, o que provavelmente é devido à inibição das interações proteicas por ligação hidrofóbica (Morr,1993). Em baixas concentrações, o NaCl afeta as interações eletrostáticas entre as moléculas de proteínas por neutralização das cargas elétricas, enquanto que em altas concentrações este sal pode estabilizar interações hidrofóbicas (Morr,1993). Géis feitos com CPS que sofreram tratamento para a reposição de Ca^{++} por Na^+ apresentam uma redução na extensão de ligações cruzadas não específicas entre as proteínas que formam a rede do gel.

Baixos níveis de cálcio podem aumentar a dureza do gel devido a ligações cruzadas entre proteínas. Altos níveis de cálcio resultam em excessiva agregação protéica, o que realmente pode inibir a gelatinização por favorecer a ligação proteína- Ca^{++} na mesma cadeia. Em valores de pH alcalinos, onde as moléculas de proteína estão mais negativamente carregadas, a adição de 5 a 20mm de Ca^{+2} aumenta a força do gel. O cálcio e outros cátions divalentes maximizam as interações entre moléculas de proteína carregadas negativamente quando o $\text{pH} \geq \text{pI}$ e ainda aumenta a firmeza e a estabilidade do gel (Morr,1993).

MATERIAIS E MÉTODOS

1 - Matéria-prima:

Peitos de frangos de 45 dias com 2,100Kg isentos de pele e ossos foram obtidos do abatedouro da Cooperativa Agropecuária Holambra.

O concentrado protéico do soro utilizado (AMP 8000) foi obtido da AMPC Co.

2 - Descrição do Experimento:

Com o objetivo de caracterizar a gelatinização das proteínas juntas e separadamente, o trabalho foi dividido em quatro partes:

A - Características de géis de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango:

Os géis de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango foram preparados em concentrações de 1.5, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0 e 4.0% de proteína, e foram utilizados tampões fosfato de sódio 0.05M, NaCl 0.6M, a pHs: 5.7, 6.0, 6.5, 7.0 e 7.5.

os géis foram caracterizados com relação a:

- LCEP (Least Concentration End Point)

- Análise do Perfil de Textura (TPA)

-Umidade Espremível

B - Características de géis de proteínas do soro do leite:

Os géis de concentrado protéico do soro foram preparados em concentrações de 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 15.0 e 20.0% de proteína, e foram utilizados tampões fosfato de sódio 0.05M contendo NaCl 0.1M, a pHs:6.0, 7.0 e 8.0, e tampão citrato de sódio 0.05M contendo NaCl 0.1M, a pH 4.0.

Os géis foram caracterizados com relação a:

- LCEP (Least Concentration End Point)

- Análise do Perfil de Textura (TPA)

- Umidade Espremível

C - Características de géis mistos de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango e concentrado protéico do soro do leite:

Os géis mistos de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango e concentrado

protéico do soro do leite foram preparados substituindo a porcentagem máxima de proteína miofibrilar utilizada, no caso, 4.0% de proteína, por 5.0, 9.0, 10.0, 15.0, 20.0 e 30.0% de concentrado protéico de soro, sendo utilizado tampão fosfato de sódio 0.05M contendo NaCl 0.6M, pH7.0.

Os géis foram caracterizados com relação a:

- Concentração mínima de concentrado protéico de soro que interfere na dureza de géis de proteínas miofibrilares de frango

- Análise do Perfil de Textura (TPA)

- Umidade Espremível

D - Processamento de salsichas de carne de peito de frango e concentrado protéico de soro de leite:

As salsichas foram preparadas substituindo a proteína da carne de frango por 5.0, 10.0 e 15.0% de concentrado protéico de soro de leite, respectivamente.

O processamento foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do CPS na qualidade de produtos embutidos. As salsichas foram avaliadas com relação a:

- Rendimento de cozimento

- Análise do Perfil de Textura (TPA)

- Teste de Corte (“Cutting Force”)

3 - Metodologia

3.1 - Caracterização química da Matéria-prima:

A carne moída do músculo de peito de frango e o concentrado do soro de leite foram analisados com relação a:

a. Umidade

Foi determinada em estufa a 100-105°C por 4-5 horas até peso constante, de acordo com método descrito pela AOAC (1984).

b. Cinzas

A % de cinzas foi determinada em mufla a 525°C, segundo método padrão da AOAC (1984).

c. Gordura

A % de gordura da carne de peito de frango foi determinada pelo método de Bligh & Dyer (1959), descrito a seguir:

Moer a amostra duas vezes. Pesar entre 3,0 e 3,5g. É essencial que as amostras estejam completamente moídas. Transferir as quantidades pesadas para tubos de 70 ml e adicionar exatamente 10 ml de clorofórmio, 20 ml de metanol e 8 ml de água destilada, tampar hermeticamente. Os volumes de solvente que foram adicionados (10, 20 e 8 ml) correspondem a uma proporção 1:2:0,8 (v/v) de clorofórmio:metanol:água respectivamente em que os solventes coexistem na forma de solução. Nessa proporção os três solventes coexistem em uma solução. Colocar os tubos num agitador rotativo por 30 minutos. Em seguida adicionar exatamente 10 ml de clorofórmio e 10 ml de solução de sulfato de sódio 1,5%, tampar e agitar vigorosamente por 2 minutos. A adição de clorofórmio e água muda a proporção para 2:2:1,8, causando a separação total do clorofórmio que carrega os lipídios (camada inferior), portanto todos os lipídios da amostra ficam dissolvidos em 20 ml de clorofórmio. Deixar separar as camadas de forma natural ou centrifugar a 1000 rpm por 2 minutos para acelerar a separação. Retirar da camada inferior (clorofórmio) entre 13 e 15 ml e colocar num tubo de 30 ml. Adicionar aproximadamente 1 g de sulfato de sódio anidro, tampar e agitar para remover os traços de água que invariavelmente são arrastados na pipetagem. Filtrar rapidamente num funil pequeno usando papel de filtro qualitativo. A solução deve ficar límpida. Medir exatamente 5 ml do filtrado e transferi-los para um beaker de 50 ml previamente pesado. Colocar o beaker em estufa a 100°C até evaporar o solvente (15 a 20 min). Resfriar em dessecador e pesar.

$$\% \text{ lipídios totais : } \frac{P \times 4 \times 100}{g}$$

onde:

g = peso da amostra em gramas

P = peso dos lipídios (em gramas) contidos nos 5 ml.

A % de gordura do concentrado protéico do soro de leite foi determinada pelo método da AOAC(1984) com algumas modificações descritas a seguir:

- Pesar 1 g de amostra homogênea em um tubo com tampa. Adicionar 10 ml água e homogenizar até formar uma pasta. Adicionar de 1 - 1.25 ml de NH₄OH conc. e aquecer por 15 minutos à temperatura de 60 a 70°C em banho maria. Resfriar. Adicionar 10 ml de etanol e misturar bem. Adicionar 20 ml de éter etílico. Agitar vigorosamente por 1 minuto. Resfriar se necessário. Adicionar 20 ml de éter de petróleo (30 a 60°C), e repetir a agitação. Centrifugar a 600 rpm. Tarar um beaker de 250 ml e recolher a parte superior com pipeta. Repetir o procedimento da extração acima por mais duas vezes, usando 15 ml de éter de petróleo e éter etílico.

Recolher a parte superior após cada nova extração.

Evaporar completamente os solventes em banho-maria a $\pm 70^{\circ}\text{C}$.

Secar o beaker com gordura em estufa a $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Resfriar o beaker em dessecador e então pesá-lo.

$$\% \text{ gordura} = \frac{100 \times \text{peso da gordura (g)}}{\text{peso da amostra (g)}}$$

Todas as determinações (a, b, c) foram realizadas em triplicata.

3.2 - Extração das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango:

As proteínas miofibrilares foram isoladas de acordo com o procedimento de Xiong & Brekke (1989), com algumas modificações descritas a seguir:

- Moer 5 peitos de frangos isentos de pele e ossos.
- Homogeneizar uma amostra de 200g em liquidificador por 90 seg com 4 volumes de tampão fosfato de sódio 0.05M contendo 0,1M NaCl a pH 7,0.

- Extrair por 1 hora, sob resfriamento, usando agitador de velocidade variável.
- Centrifugar a 6000 rpm por 20 minutos.
- O sobrenadante é descartado (proteínas solúveis em água), e o resíduo é re-extraído com 4 volumes de tampão fosfato de sódio 0.05M contendo 0,1M NaCl a pH 7,0 por 1 hora, sob resfriamento.
- O sobrenadante é descartado, e adiciona-se ao resíduo 1/3 volumes de tampão fosfato de sódio 0.05M contendo 2,4M NaCl a pH7.0. Agitar o resíduo para dispersar.
- Adicionar 1-2 volumes de tampão fosfato de sódio 0.05M contendo 0,6M NaCl a pH7.0 e extrair como anteriormente por 1 hora.
- Centrifugar a 10000 rpm por 30 minutos.
- O sedimento é descartado (proteínas insolúveis) e adiciona-se 4 volumes de água destilada gelada ao sobrenadante.
- Centrifugar a 10000 rpm por 30 minutos.
- O resíduo é centrifugado mais uma vez a 10000 rpm por 15 minutos.
- A proteína é dosada pelo método semi-micro Kjeldahl para quantificação da fração de proteínas miofibrilares. As proteínas miofibrilares isoladas foram estocadas a 0°C e usadas no prazo máximo de 24 horas.

3.2.1 - Determinação das proteínas miofibrilares:

O nitrogênio total foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, de acordo com o método padrão da AOAC (1984), e a proteína total expressa como % N \times 6.25.

3.2.2 - Determinação das proteínas do concentrado protéico do soro de leite:

O nitrogênio total foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, de acordo com o método padrão da AOAC (1984), e a proteína total expressa como % N \times 6.38.

3.3 - Determinação da porcentagem de solubilidade protéica da proteína miofibrilar de músculo de peito de frango:

Foi empregado o procedimento descrito por Xiong & Brekke (1989), com algumas modificações descritas a seguir:

- Preparar acuradamente uma suspensão de proteínas miofibrilares contendo 5 mg/ml de proteína, em tampão fosfato de sódio 0.05M contendo 0,6M NaCl nos valores de pH: 5.7, 6.0, 6.5, 7.0 e 7.5, em triplicata para cada valor de pH.
- Tomar 10 ml da suspensão de proteínas, colocando em tubos de centrífuga.
- Centrifugar a 5000 rpm por 15 minutos, a 2-3°C.
- Medir o volume do sobrenadante e determinar a porcentagem de proteína no mesmo, usando o método semi-micro Kjeldahl.
- A porcentagem de solubilidade protéica será dada através de:

$$\% \text{ solubilidade} = \frac{\text{concentração de proteína do sobrenadante}}{\text{concentração de proteína nos 10 ml originais}} \times 100$$

3.4 - Determinação da porcentagem de solubilidade protéica do concentrado do soro de leite:

Foi empregado o procedimento descrito por Morr *et al.*(1985) com algumas modificações descritas a seguir:

Pesar precisamente 500 mg de amostra num beaker de 100 ml.

- Adicionar tampão fosfato de sódio 0.1M contendo NaCl 0.6M, pHs 6.0, 7.0 e 8.0, e tampão citrato de sódio 0.1M contendo NaCl 0.6M, pH4.0 (em triplicata, para cada tampão), agitando para formar uma pasta homogênea.
- Adicionar solução em quantidade suficiente para completar o volume de cerca de 35 ml.
- Colocar o beaker dentro de recipiente com gelo picado para prevenir o aquecimento.
- Colocar sob agitação por uma hora.
- Transferir a dispersão para um balão volumétrico de 50 ml e diluir até a marca com NaCl 0.1N. Misturar invertendo e rodando o balão volumétrico.
- Centrifugar uma alíquota da solução a $20.000 \times g$ (13.500 rpm) por 30 minutos.
- Determinar o conteúdo de proteína do sobrenadante previamente filtrado usando o sistema micro-Kjeldahl.
- Calcular a solubilidade aplicando a fórmula;

$$\text{Solubilidade (\%)} = [A \text{ (mg/ml)} \times 50] \div [W \text{ (mg)} \times S/100] \times 100$$

A= concentração de proteína no sobrenadante (mg/ml)

W= peso da amostra (mg)

S= concentração de proteína na amostra (%)

3.5 - Formação de gel das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango:

Os géis foram preparados variando-se a porcentagem de proteína e pH.

A suspensão de proteínas miofibrilares foi preparada em beakers de 25 ml, com 4 cm de diâmetro por 4 cm de altura. As porcentagens de proteína utilizadas foram: 1.5, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0 e 4.0%. Para cada porcentagem de proteína foram preparados géis utilizando tampão fosfato de sódio nos seguintes valores de pH: 5.7, 6.0, 6.5, 7.0 e 7.5. As suspensões foram homogeneizadas em agitador magnético por 10 minutos.

As suspensões foram colocadas em banho-maria à 75°C por 45 minutos. Após esse tempo, foram resfriados em banho de gelo por 15 minutos, em seguida colocados em refrigerador, onde permaneceram durante a noite. Os géis foram retirados do refrigerador e deixados por 1 hora em temperatura ambiente antes da avaliação da textura.

3.6 - Formação de gel do concentrado protéico do soro de leite:

Os géis foram preparados variando a porcentagem de proteína e pH.

A suspensão do concentrado do soro de leite foi preparada em beakers de 25 ml, com 4 cm de diâmetro por 4 cm de altura. Foram utilizados tampões fosfato de sódio 0.1M contendo NaCl 0.6M, nos valores de pH: 6.0, 7.0 e 8.0, e tampão citrato de sódio 0.1M contendo NaCl 0.6M pH 4.0. Para cada valor de pH foram preparados géis com as seguintes concentrações de proteína: 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 15.0 e 20.0% de proteína. As suspensões foram

homogeneizadas com bastão de vidro, e em seguida em agitador magnético por 10 minutos.

As suspensões foram colocadas em banho-maria à 90°C por 30 minutos. Após esse tempo, foram resfriadas em banho de gelo por 15 minutos, em seguida colocadas em refrigerador, onde permaneceram durante a noite.

Os géis foram retirados do refrigerador e deixados por 1 hora em temperatura ambiente antes da avaliação da textura.

3.7 - Formação de gel de misturas de proteínas miofibrilares e concentrado protéico do soro de leite:

Considerando que foi utilizada como concentração mais alta 4.0% de proteína miofibrilar, os géis mistos foram preparados fazendo-se algumas substituições de 4.0% de proteína por concentrado protéico de soro. As substituições realizadas foram as seguintes: 5.0, 9.0, 10.0, 15.0, 20.0 e 30.0%.

A suspensão de proteínas miofibrilares e concentrado protéico de soro de leite foi preparada em beakers de 25ml, com 4.0cm de diâmetro por 4 cm de altura. Foi utilizado tampão fosfato de sódio 0.05M contendo NaCl 0.6M, pH7.0. As suspensões foram homogeneizadas com bastão de vidro, e em seguida com agitador magnético por 10 minutos.

As suspensões foram colocadas em banho maria à 75°C por 45 minutos (conforme a elaboração dos géis de miofibrilas de frango). Após esse tempo, foram resfriadas em banho de gelo por 15 minutos, em seguida colocadas em refrigerador, onde permaneceram durante a noite.

Os géis foram retirados do refrigerador e deixados por 1 hora em temperatura ambiente antes da avaliação da textura.

3.8 - Caracterização dos géis de proteínas do músculo do peito de frango e proteínas do soro de leite:

3.8.1 – Análise do Perfil de Textura

Para a realização da análise de textura foi utilizada a técnica do TPA (Texture Profile Analysis) aplicada ao texturômetro TAXT2. Foi determinado o seguinte atributo (Walstra & Peleg, 1991):

- “TPA hardness”: força necessária para atingir uma dada deformação.

3.8.2 - Teste de Compressão

Teste Força × Tempo

- Força tempo “threshold”= 20
- Pré test speed=3.0mm/seg
- Test speed=3.0mm/seg
- Pós test speed=3.0mm/seg
- distance=50mm
- Força de contato=5.0g
- Probe utilizado: n°20

3.8.3 - Umidade Espremível

Os géis foram caracterizados quanto ao conteúdo de Umidade Espremível de acordo com o procedimento descrito por Jauregui *et al.*(1981):

- utilizou-se papel de filtro Watman nº2 para as análises. O papel de filtro foi pesado e em seguida colocou-se 1g de gel e o papel foi dobrado como um cartucho.
- Os géis foram centrifugados a 3000 rpm por 15 minutos.
- Após a centrifugação o papel foi retirado do tubo. O gel, aderido ao papel, foi retirado com o auxílio de uma pinça. O papel de filtro foi pesado novamente.
- A umidade espremível foi calculada pela diferença entre o peso inicial e final do papel de filtro. Este valor foi dividido pelo peso do gel e multiplicado por 100, para calcular o percentual de umidade espremível.
- Todas as análises de caracterização foram realizadas em triplicatas.

4 - Metodologia empregada para a formulação de salsichas de frango C/ ou S/ substituição de concentrado protéico de soro de leite:

4.1 - Processamento de salsichas

a. Matéria-prima

As matérias-primas constituíram-se de carne de peito de frango e concentrado protéico de soro de leite obtidos como no item 1 para cada processamento.

b. Ingredientes

Os ingredientes comerciais constituíram-se em sal, fosfato de sódio, nitrito de sódio, ascorbato de sódio e condimentos.

c. Formulação e Procedimento

Foram feitos 4 tratamentos:

- 1) controle - salsicha de carne de peito de frango
- 2)T1- substituição de 5.0% de proteína de carne de peito de frango por CPS
- 3)T2- substituição de 10.0% de proteína de carne de peito de frango por CPS
- 4)T3- substituição de 15.0% de proteína de carne de peito de frango por CPS

Tabela 1 - Formulações de salsichas:

Matérias-Primas	Controle (%)	T1(%)	T2(%)	T3(%)
Peito	61,0	57,95	53,9	51,85
CPS	—	3,05	6,1	9,15
Toucinho	18,0	18,0	18,0	18,0
Água	18,0	18,0	18,0	18,0
Sal	2,2	2,2	2,2	2,2
Nitrito	0,02	0,02	0,02	0,02
Ascorbato	0,05	0,05	0,05	0,05
Fosfato	0,3	0,3	0,3	0,3
Condimento	0,32	0,32	0,32	0,32

4.2 - Procedimento usado no processamento de salsicha com peito de frango

4.2.1 - Preparo: Resfriar o “cutter” e a embutideira.

4.2.2 - Processamento:

a. Moagem

Moer a carne e o toucinho e congelar a 0 - -1°C.

b. Elaboração da Emulsão

A seguir as matérias-primas são levadas ao “cutter” na seguinte ordem:

- 1) Carne de frango + 50% da quantidade de gelo prevista na formulação + sal + nitrito + fosfato. Triturar até que a temperatura atinja 7°C.
- 2) Adicionar o ascorbato e os condimentos.
- 3) Adicionar o toucinho, e o restante do gelo . Triturar até a temperatura atingir 13°C.
- 4) Continuar triturando até o ponto de viscosidade desejada ou até que a temperatura atinja 15°C.

c. Embutimento/Pesagem

Colocar a emulsão na embutideira sem deixar bolhas de ar.

Embutir em tripa artificial de celulose, as quais são amarradas para formação dos gomos.

Pesar as salsichas.

d. Cozimento em água

Colocar as salsichas com água até cobri-las (colocar um peso para afundar as salsichas).

Esperar a água atingir 40°C, abaixar o fogo.

Cozinhar 10 minutos à 40°C, aumentar até 45°C - deixar mais 10 minutos- e assim sucessivamente até a água atingir 80°C, ou até a temperatura interna do produto atingir 70-72°C.

e. Resfriamento/Pesagem

Resfriar rapidamente as salsichas com chuveiro de água fria - ou banho de gelo.

Pesar as salsichas.

f. Remoção da tripa artificial/Armazenamento

Após a remoção da tripa, manter em refrigerador.

4.3 - Procedimento usado no processamento de salsicha com peito de frango e concentrado protéico de soro

O procedimento foi o mesmo utilizado para com o tratamento controle, o CPS foi adicionado ao “cutter” após a adição do ascorbato.

4.4 - Caracterização química das salsichas

a. Proteína

Nitrogênio total foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, de acordo método padrão da AOAC (1984), e a proteína total expressa como $\% N \times 6.25$

b. Umidade

Foi determinada em estufa a 100- 105°

c. Cinzas

A % de cinzas foi determinada em mufla a 525°C, segundo o método da AOAC (1984).

d. Gordura

A % de gordura das salsichas foi determinada pelo método de Bligh & Dyer, descrito anteriormente.

As determinações foram realizadas em triplicata.

4.5 - Caracterização das salsichas

As salsichas foram analisadas com relação a:

4.5.1 - % Rendimento de cozimento (“Cook Yield”)

O rendimento de cozimento foi determinado para cada tratamento de acordo com Ensor *et.al.* (1987), usando-se a fórmula:

$$\text{Rendimento de cozimento} = \frac{\text{peso da salsicha após o cozimento resfriada}}{\text{peso da salsicha antes do cozimento}} \times 100$$

4.5.2 – Análise do Perfil de Textura

Para a realização da análise de textura foi utilizada a técnica do TPA (Texture Profile Analysis) aplicada ao texturômetro TAXT2. Foi determinado o seguinte atributo (Walstra, & Peleg, 1991):

- “TPA hardness”: força necessária para atingir uma dada deformação.

4.5.3 - Teste de Compressão

Teste Força × Tempo

- Força tempo “threshold”= 20
- Pré test speed=2.0mm/seg
- Test speed=2.0mm/seg
- Pós test speed=10.0mm/seg
- distance=25mm
- Força de contato=5.0g
- Probe utilizado: 55mm

Para a análise de dureza o teste foi feito com um ciclo de compressão, ou seja, o probe comprimiu uma vez cada amostra.

4.5.4 - Teste de Corte

Na determinação do teste de corte foi utilizado o “Warner-Bratzler Blade”, próprio para salsicha, no mesmo texturômetro TAXT2.

Força de Corte (“Cutting Force”)

Teste Força × Tempo

- Força tempo “threshold”= 20
- Pré test speed=2.0mm/seg

- Test speed=2.0mm/seg

- Pós test speed=10.0mm/seg

-distance=50mm

Força de contato=5.0g

5 - Análise Estatística

Os dados das análises de dureza e umidade espremível dos géis de proteínas miofibrilares de frango e concentrado protéico do soro foram avaliados estatisticamente por análise de variância. Quando a análise de variância indicou resultados significativos entre os dados, foi realizado o teste de Tukey a nível de significância de 5%, através do programa estatístico SAS.

Os dados das análises de dureza e força de corte das salsichas foram avaliados estatisticamente pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância, também através do programa SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Caracterização química do músculo de peito de frango:

	Músculo de peito de frango
Proteína (%)	18.69±0.81
Umidade (%)	74,39 %±0.59
Cinzas (%)	4,30 %±0.35
Gordura (%)	3,02 % ± 0.69

Tabela 3 - Caracterização química do concentrado protéico do soro

	Concentrado protéico do soro de leite
Umidade (%)	6.02±0.43
Cinzas (%)	2.57±0.02
Gordura (%)	5.99±0.26

Tabela 4 - Determinação da proteína miofibrilar

	Proteína miofibrilar
<i>Proteína bruta (base úmida) (%)</i>	82,86 %±0.95
(N × 6,25)	

Tabela 5 - Determinação da proteína do concentrado protéico do soro de leite

	CPS
<i>Proteína bruta (base úmida)(%)</i>	74.70 %±0.97
(N × 6,38)	

1. Avaliação das propriedades funcionais das proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango

1.1. Solubilidade

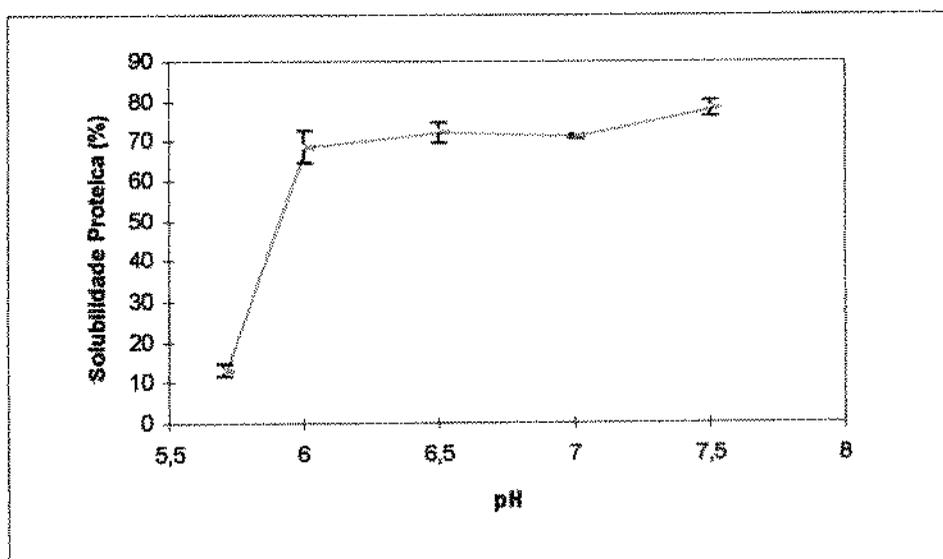


Figura 1 - Curva da Solubilidade da proteína miofibrilar do músculo de peito de frango em relação ao pH (Tampão fosfato de sódio 0,05M, NaCl 0,6M).

A porcentagem de solubilidade protéica é o primeiro índice a ser determinado na avaliação do grau de desnaturação de uma proteína e está correlacionada com a maioria das outras propriedades funcionais (Kinsella, 1976). Nem sempre é correto afirmar que as

proteínas devem ter uma elevada solubilidade inicial para que as outras propriedades funcionais sejam boas. A vantagem principal da solubilidade inicial é que permite uma dispersão rápida e completa das moléculas ou partículas protéicas. Isto conduz a um sistema coloidal finamente disperso, com uma estrutura macroscópica homogênea e uma textura suave (Chefftel *et al.*, 1977).

A solubilidade de uma proteína é frequentemente afetada pela temperatura, pH, e a presença de outros solutos ou sais, e os valores para solubilidade obtidos são particularmente influenciados pelos procedimentos usados para solubilizar a amostra de proteína.

A determinação da solubilidade foi realizada com os mesmos tampões que posteriormente foram utilizados para as análises de gel.

Na curva de solubilidade da proteína de miofibrilar do músculo de peito de frango pode-se observar que no pH mais próximo ao ponto isoelétrico, pH 5,7, a solubilidade foi menor, aumentando a medida que se afastou desse ponto. Do pH 6,0 ao pH 7,5 os valores encontrados para porcentagem de solubilidade foram relativamente próximos. Wang e Smith (1992) também atestaram solubilidade baixa a pH 5,7, e esta diminuía rapidamente abaixo do pH 5,6; encontraram 13% de solubilidade a pH 5,5.

Fazendo a comparação da Figura 1 com a Figura 4 e com a Tabela 9, observou-se que a medida que as proteínas tornaram-se relativamente mais solúveis, com o aumento do pH, a dureza do gel diminuiu.

A solubilidade de uma proteína depende principalmente do pH, força iônica e temperatura. A dependência do pH está relacionada à carga líquida da proteína.

Comparando a formação de gel em função do pH (Tabela 6), com a curva de solubilidade (Figura 1), podemos citar Samejima *et al.* (1986), que concluíram que um simples aumento na solubilidade protéica, nem sempre é associado com o aumento das propriedades de gel.

1.2. Caracterização dos géis de proteínas miofibrilares de peito de frango

O processo de gelatinização constitui-se numa das etapas responsáveis pela estabilidade de produtos cominuídos após processamento térmico.

As análises foram realizadas utilizando peito de frango, pois muitas referências bibliográficas citam esta como a melhor para a formação de gel. Ziegler & Foegeding (1990) descreveram que géis de miosina de peito de frango são mais rígidos do que géis de miosina de coxa de frango, antes disso, Xiong & Brekke (1989) já tinham comentado que miofibrilas do músculo branco formam géis mais firmes do que miofibrilas do músculo vermelho. Diversos estudos citam a formação de géis diferentes decorrentes das várias isoformas de proteínas miofibrilares.

A metodologia usada para a formação dos géis foi reproduzível. Os géis apresentaram um aspecto visual uniforme, todos opacos, conforme mostra a Figura 2. Hermansson (1979) explicou ser a opacidade quantitativamente correlacionada com o grau de heterogeneidade da rede. Os géis de redes caracterizadas por regiões de alta concentração de polímeros são opacos, e os géis de regiões livres de polímeros seriam mais translúcidos.

A temperatura escolhida para a produção dos géis foi 75°C. A desnaturação térmica das proteínas miofibrilares ocorre na faixa de temperatura de 30 - 70°C (O'Meara e Munro, 1985).

Tabela 6 - Formação de gel de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango em relação a porcentagem de proteína e pH.

Proteína (%)	pH=5,7	pH=6,0	pH=6,5	pH=7,0	pH=7,5
1,5	+	+	-	-	-
1,8	+	+	+	-	-
2,0	+	+	+	+	-
2,5	+	+	+	+	+
3,0	+	+	+	+	+
4,0	+	+	+	+	+

+ : Ocorreu formação de gel.

- : Não ocorreu formação de gel.

Gelatinização que é a formação de uma rede por meio de uma solução, não pode ser efetuada a concentrações abaixo de um certo limite.

Trautman (1966) determinou ser a concentração mais baixa de proteína requerida para formar um gel em um beaker, a concentração de força suficiente para permanecer neste após a sua inversão. Acton *et al.* (1983) afirmaram, por este método, que as proteínas miofibrilares de porco tem pH ótimo para a gelatinização na faixa de 5,8 a 6,1.

Um dos objetivos do presente estudo foi determinar a concentração de proteína mínima (LCEP) necessária para formar gel numa ampla faixa de pH.

Os resultados mostraram que existe uma concentração mínima de proteína diferente para cada valor de pH, e que esta concentração aumenta a medida que o pH é aumentado.

De acordo com a Tabela 6, a porcentagem mínima de proteína para a formação de gel no pH 5,7 e 6,0 foi de 1,5%. Do pH 6,5 para cima não houve formação de gel nesta porcentagem protéica.

As interações proteína-proteína são geralmente favorecidas sob condições as quais reduzem a carga líquida das moléculas, ou seja, valores de pH próximos ao ponto isoelétrico (Hermansson, 1978).

Smith *et al.* (1988) e Foegeding (1987) verificaram que géis de miofibrilas de frango e proteínas solúveis em sal de peru (SSP) tem um pH ótimo ao redor de 6,0.

A porcentagem mínima de proteína para formação de gel no pH 6,5 foi de 1,8%. Do pH 7,0 para cima não houve formação de gel nesta porcentagem protéica.

A porcentagem mínima de proteína necessária para formação de gel no pH 7,0 foi de 2,0%, e para o pH 7,5 foi de 2,5%. Não houve formação de gel no pH 7,5 com 2,0% de proteína.

Tabela 7 - Análise de variância da porcentagem de proteína miofibrilar e pH na dureza do gel.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _c	F _t	P _r > F
Proteína	5	1559557.58	311911.52	374.95	80.68	0.0001
PH	4	348717.57	87179.39	104.80		0.0001
Prot x PH	20	38167.21	1908.36	2.29		0.0072
Resíduo	59	49081.15				
Total	88	1995523.50				

Tabela 8 - Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na dureza do gel (g).

Prot (%)	pH=5,7	pH=6,0	pH=6,5	pH=7,0	pH=7,5
1,5	145.75±1.2 ^c	62.9±1.56 ^c	-	-	-
1,8	233.85±5.3 ^b	92.1±0.28 ^d	28.95±2.19 ^c	-	-
2,0	227.7±7.21 ^b	103.15±1.63 ^d	53.65±0.92 ^d	51.9±3.39 ^d	-
2,5	246.5±9.79 ^b	156.85±3.75 ^c	125.9±1.84 ^c	133.85±6.29 ^c	85,05±3.46 ^c
3,0	383.9±14.99 ^a	239.65±6.58 ^b	192.6±6.22 ^b	215.15±5.02 ^b	142.45±10.96 ^b
4,0	415.2±5.87 ^a	451.05±4.88 ^a	456.4±7.02 ^a	432.4±7.5 ^a	334.6±9.05 ^a

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

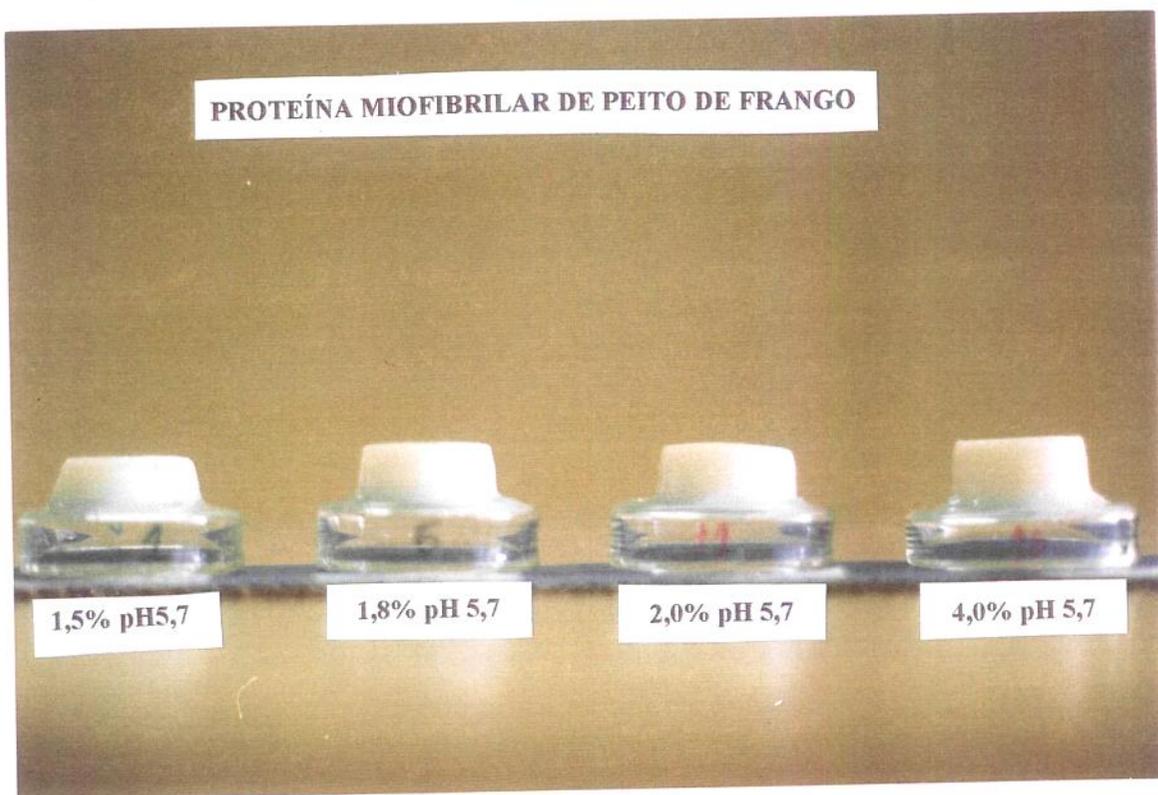


Figura 2. Géis de proteína miofibrilar de músculo de peito de frango

Pela análise de variância (Tabela 7) verificou-se que houve diferença significativa ao nível de ($p < 0,05$) para a fonte de variação proteína e pH na dureza dos géis. O teste de TUKEY foi realizado para verificar quais valores de dureza diferiram entre si a nível de significância de 5%.

De acordo com a Tabela 8, foi verificado que dentro de um mesmo valor de pH, a dureza aumentou relativamente conforme o aumento da quantidade de proteína incorporada ao gel para todos os valores de pH. Os géis que apresentaram consistência mais firme visualmente foram com 3,0 e 4,0% de proteína, portanto foi utilizada posteriormente a concentração de 4,0% para as análises de substituição por CPS.

De acordo com a Tabela 8, mantendo o pH 5,7 fixo, verificou-se que os valores de dureza nas porcentagens de proteína 1,8, 2,0 e 2,5% não foram significativamente diferentes entre si. O mesmo também não ocorrendo entre as porcentagens 3,0 e 4,0%. Entretanto, com a porcentagem de 1,5% o valor de dureza variou dos demais.

Mantendo-se o pH 6,0 fixo, observou-se que não houve diferença significativa entre as porcentagens 1,8 e 2,0%. Mas todos os outros valores foram diferentes desta porcentagem e também diferentes significativamente entre si.

Mantendo-se constante os demais valores de pH 6,5, 7,0 e 7,5, observou-se diferença entre todos os resultados de dureza.

Estes resultados relacionados ao aumento da força gel conforme o aumento da concentração de proteína encontram-se de acordo com alguns autores que também analisaram este parâmetro reológico (O'Neill *et al.* 1992).

Foegeding (1987) só conseguiu formar géis de proteínas solúveis em sais de peito de peru (SSP) à concentrações de 25mg/ml e 35mg/ml, pois os formados com menos do que 20mg/ml rompiam-se quando retirados dos tubos.

O efeito positivo do aumento da concentração protéica sobre a força do gel é atribuído ao aumento do número de sítios de interação, ou seja, aumento das ligações cruzadas entre cadeias polipeptídicas sob aquecimento (Hermansson, 1979).

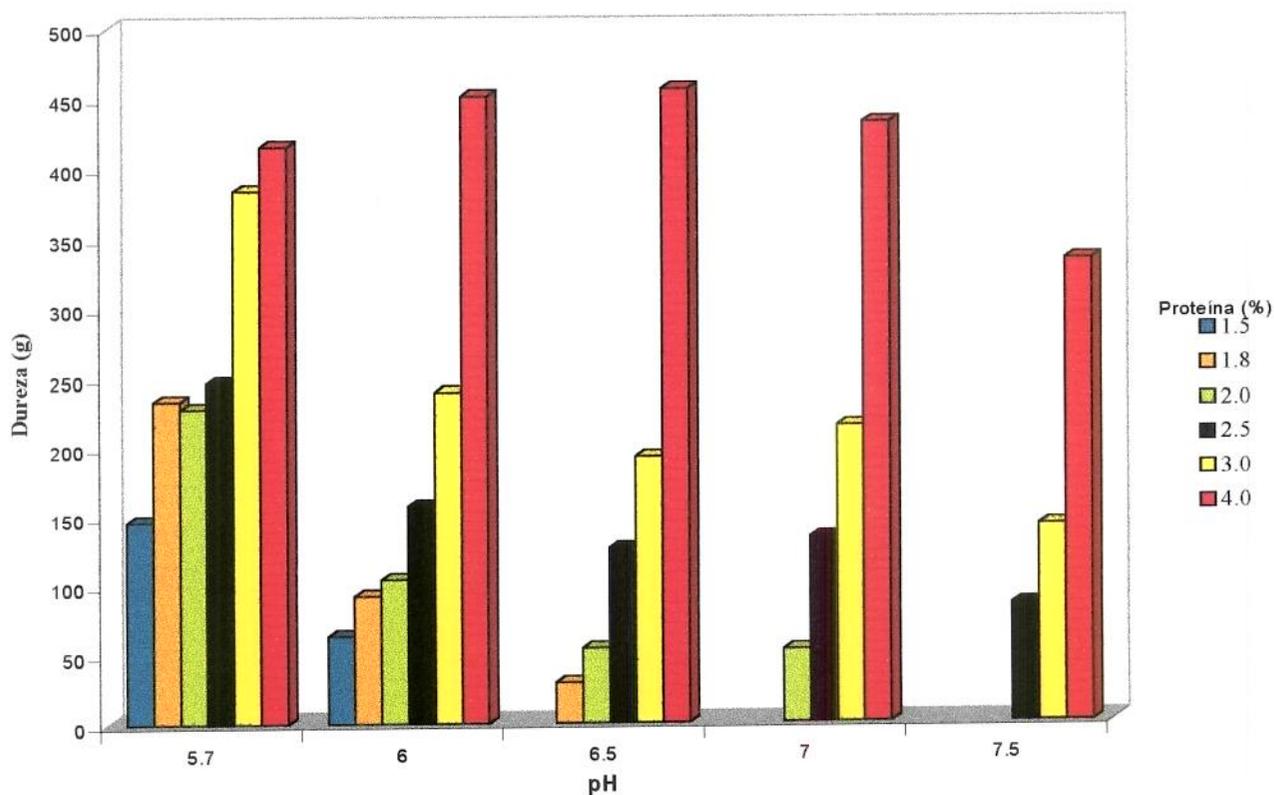


Figura 3: Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na dureza de gel

Tabela 9 - Efeito do pH na dureza do gel (g).

pH	Proteína (%)					
	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0
5,7	145.75 ^a ±1.2	233.85 ^a ±5.33	227.7 ^a ±7.21	246.5 ^a ±9.79	383.9 ^a ±14.99	415.2 ^a ±5.87
6,0	62.9 ^b ±1.56	92.1 ^b ±0.28	103.15 ^b ±1.63	156.85 ^b ±3.75	239.65 ^b ±6.58	451.05 ^a ±4.88
6,5	-	28.95 ^c ±2.19	53.65 ^c ±0.92	125.9 ^c ±1.84	192.6 ^c ±6.22	456.4 ^a ±7.02
7,0	-	-	51.9 ^c ±3.39	133.85 ^c ±6.29	215.15 ^{bc} ±5.02	432.4 ^a ±7.5
7,5	-	-	-	85,05 ^d ±3.46	142.45 ^d ±10.96	334.6 ^b ±9.05

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

De acordo com a Tabela 9, observou-se que dentro de uma mesma porcentagem de proteína, os valores de dureza diminuíram a medida que aumentou o pH.

Foi selecionada a faixa de pH de 5,7 - 7,5. Muitos produtos de frango estão

dentro desta faixa (Acton e Dick, 1984; citado em Smith *et al.*, 1988). Significante sinerese ocorreu em géis preparados abaixo do pH 5,7 e, assim, a força gel não pôde ser avaliada acuradamente.

De acordo com a Tabela 9, verificou-se que mantendo as porcentagens de 1,5 e 1,8% de proteína constantes e variando os valores de pH, ocorreu diferença significativa entre todos os valores de pH que indicaram formação de gel.

Mantendo-se a porcentagem de proteína de 2,0% fixa, verificou-se que houve diferença significativa entre os valores de pH de 5,7 e 6,0, e entre esses valores e os demais. Entretanto entre os valores de pH 6,5 e 7,0 não houve diferença significativa.

Mantendo-se a proteína a 2,5% fixa, observou-se diferença significativa entre o pH 5,7 e 6,0 e entre esses e os demais. Entretanto os valores de pH 6,5 e 7,0 não diferiram significativamente entre si.

Mantendo-se constante a porcentagem de proteína de 3,0%, verificou-se que não houve diferença entre os pHs 6,0 e 7,0, e nem entre o 6,5 e 7,0, mas o restante apresentou diferença. A 4,0% de proteína ocorreu diferença significativa somente entre o resultado do pH 7,5 e os demais.

Vários pesquisadores tem mostrado que cada tipo de proteína tem um pH específico no qual a maior força de gel pode ser obtida sob condições particulares (Asghar *et al.*, 1985).

Yasui *et al.* (1979) e Ishrioroshi *et al.* (1979) afirmaram que para a gelatinização da miosina, a rede agregada é estruturalmente dependente do pH, e o pH ótimo encontrado para o desenvolvimento da rigidez do gel foi 6,0.

Os resultados da dureza do gel em relação ao pH apresentaram afinidade com os resultados de Morita *et al.* (1987). Eles estudaram a gelatinização de miosina de frango a pH ácido. Reportaram que a rigidez do gel de miosina abaixo do pH 6,0 foi maior do que na faixa de pH 6,0 - 6,5 e daí para cima.

O'Neill *et al.* (1993) analisando a gelatinização da actomiosina, descrevem que a força de compressão de géis de actomiosina (50mg/ml), formados por aquecimento a 70°C

por 30 minutos, é também maior no pH mais baixo, pH 5,5, a partir daí diminui progressivamente com o aumento do pH para pH 8,0. Desde que a estabilidade térmica da actomiosina (Ziegler e Acton, 1984) e o calor de ativação aparente para a associação proteína-proteína são grandemente reduzidos conforme o abaixamento do pH próximo ao ponto isoelétrico da actomiosina (pH ~ 5,3), não seria surpresa que os géis de actomiosina exibissem forças de compressão mais altas a valores de pH mais baixos. Além disso, conforme o pH sai do ponto isoelétrico, a tendência para as interações proteína-proteína ocorrerem são suprimidas, devido ao aumento da repulsão intermolecular entre moléculas de proteínas as quais favorecem as interações proteína-solvente mais do que as interações proteína-proteína, e resulta na formação de uma rede de gel com força de compressão mais baixa (Hermansson, 1979).

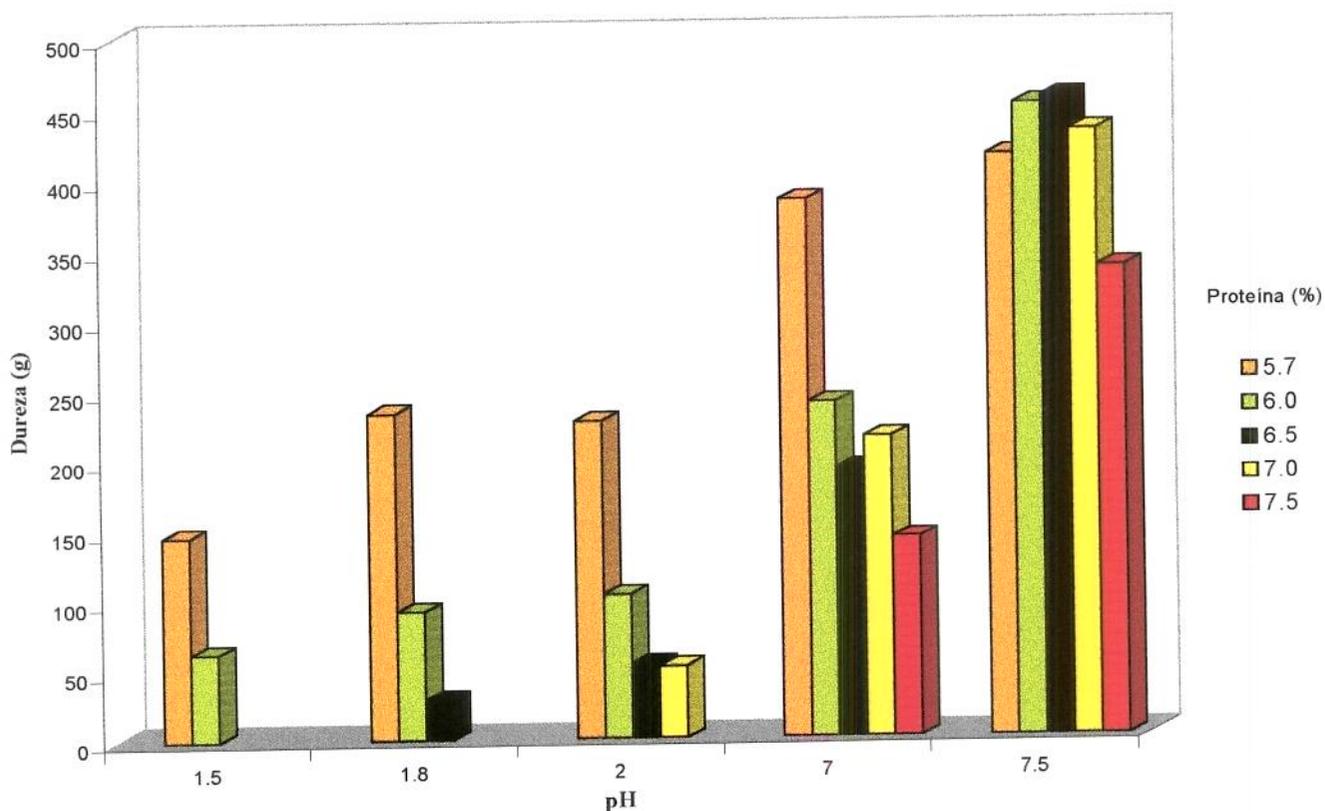


Figura 4 : Efeito do pH na dureza de gel de proteína miofibrilar de frango



Figura 5: Géis de proteína miofibrilar de músculo de peito de frango.

Tabela 10 - Análise da variância da porcentagem de proteína miofibrilar e pH na umidade espremível (%).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _c	F _t	P _{r>F}
Proteína	5	23235.2879	4647.0576	627.97	446.25	0.0001
PH	4	29160.5625	7290.1406	985.14		0.0001
Proteína x pH	20	43371.7545	2168.5877	293.05		0.0001
Resíduo	56	414.4059				
Total	85	96182.0109				

Tabela 11 - Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na umidade espremível (%).

Proteína(%)	pH=5,7	pH=6,0	pH=6,5	pH=7,0	pH=7,5
1,5	87,52 ^a ±2.75	91,81 ^a ±1.03	-	-	-
1,8	85,31 ^a ±2.46	88,35 ^{ab} ±2.18	86,07 ^a ±0.93	-	-
2,0	81,70 ^{ab} ±1.41	81,70 ^b ±1.54	84,24 ^a ±2.76	83,02 ^a ±3.03	-
2,5	82,19 ^{ab} ±2.9	82,84 ^{ab} ±0.57	84,51 ^a ±0.18	81,17 ^a ±2.75	78,54 ^a ±0.45
3,0	80,39 ^{ab} ±1.39	81,48 ^b ±1.07	81,61 ^a ±5.17	79,83 ^a ±2.67	77,64 ^a ±4.02
4,0	76,12 ^b ±4.66	70,74 ^c ±7.61	73,46 ^b ±0.8	69,33 ^b ±4.05	72,88 ^a ±4.75

As letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

Géis formados das proteínas miofibrilares foram submetidos à força centrífuga branda (3000 rpm) para a determinação do volume de líquido liberado e portanto da estabilidade do gel.

Pela análise de variância (Tabela 10) verificou-se que houve diferença significativa a nível de ($p < 0,05$) para a fonte de variação proteína e pH na umidade espremível dos géis.

Pelos dados da Tabela 11, observou-se que dentro de um mesmo valor de pH, a porcentagem de umidade espremível diminuiu ligeiramente a medida que aumentou a porcentagem protéica, sendo isso observado até o pH 7,0, no pH 7,5 não houve diferença significativa entre as porcentagens. Obviamente a medida que foi incorporada mais proteína ao gel, este reteve mais água.

De acordo com a Tabela 11, observou-se que mantendo o valor de pH 5,7 fixo, os valores de umidade espremível não foram significativamente diferentes entre as porcentagens de 1,5, 1,8, 2,0, 2,5 e 3,0% de proteína. Com 2,0, 2,5, 3,0 e 4,0% também não ocorreu diferença significativa entre os resultados.

Mantendo-se o valor de pH 6,0 constante, observou-se que entre as porcentagens 1,5, 1,8 e 2,5% de proteína, não houve diferença significativa, também não ocorrendo diferença entre as porcentagens de 1,8, 2,0, 2,5 e 3,0% . Entretanto o valor relativo a 4,0% de proteína foi significativamente diferente de todos os demais.

Mantendo-se o pH 6,5 fixo, verificou-se que não ocorreu diferença significativa entre as porcentagens 1,8, 2,0, 2,5 e 3,0, somente entre a porcentagem 4,0% de proteína e as demais. O mesmo ocorreu, mantendo fixo o pH 7,0, entre a porcentagem 4,0% de proteína das demais.

As miofibrilas são capazes de entumescer-se a pelo menos duas vezes o volume original em condições salinas as quais são largamente usadas na indústria cárnea. Sabe-se que o entumescimento é uma função dos espaços dentro e entre os miofilamentos que retém água (Offer & Trinick, 1983). Os miofilamentos do músculo são ordenados em forma de feixes, de dimensões que são uma função do comprimento do sarcômero, pH, força iônica, tipo de íon, e integridade do sarcolema e endomísio (Wilding *et al.* 1986).

Um exame microscópico de géis de miosina induzidos pelo calor indicou que a perda de água dos géis é devido a agregação excessiva e coalescência das proteínas, a qual leva ao encolhimento do gel e expulsão da água. Foi sugerido que o papel dos sais na gelatinização das proteínas do músculo é de prevenir a excessiva agregação térmicamente induzida (Trout & Schmidt, 1987). A importância dos sais já foi citada na revisão bibliográfica.

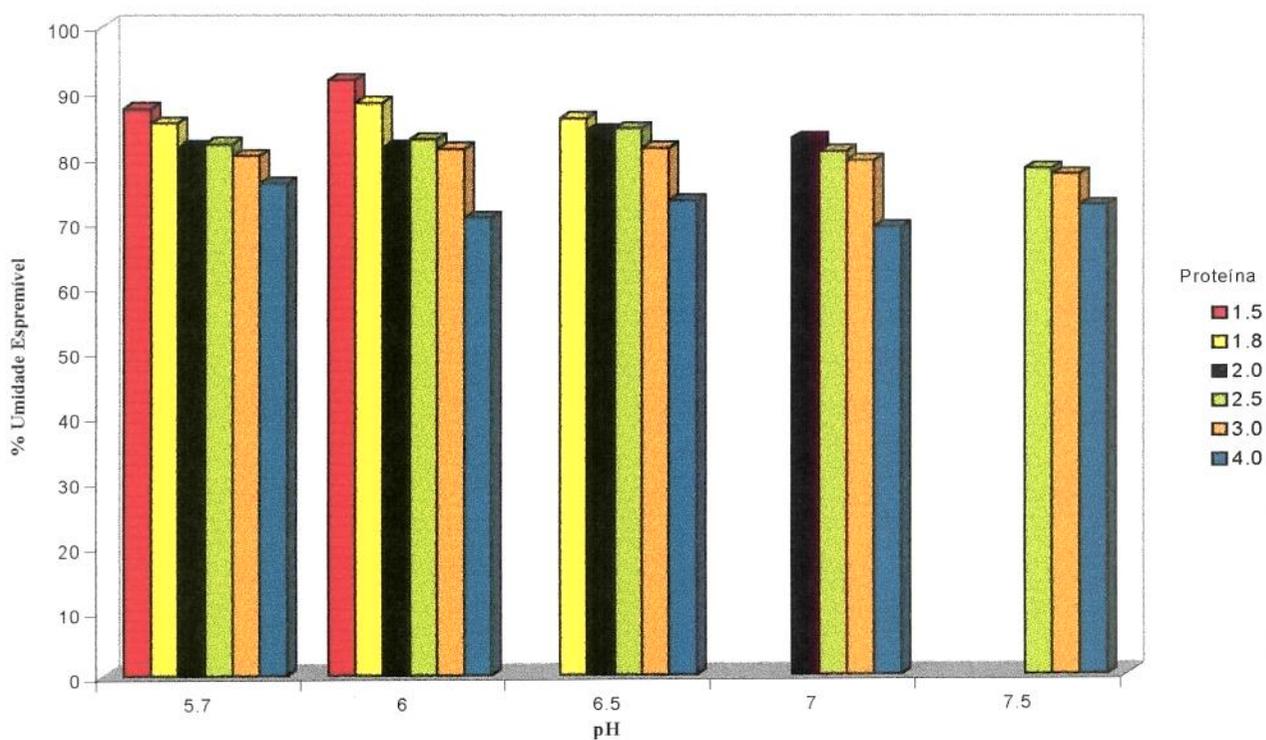


Figura 6 : Efeito da porcentagem de proteína miofibrilar na umidade espremível

Tabela 12 – Efeito do pH na umidade espremível (%).

pH	Proteína (%)					
	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0
5,7	87,52 ^b ±2.75	85,31 ^a ±2.46	81,70 ^a ±1.41	82,19 ^{ab} ±2.9	80,39 ^a ±1.39	76,12 ^a ±4.66
6,0	91,81 ^a ±1.03	88,35 ^a ±2.18	81,70 ^a ±1.54	82,84 ^{ab} ±0.57	81,48 ^a ±1.07	70,74 ^a ±7.61
6,5	-	86,07 ^a ±0.93	84,24 ^a ±2.76	84,51 ^a ±0.18	81,61 ^a ±5.17	73,46 ^a ±0.8
7,0	-	-	83,02 ^a ±3.03	81,17 ^{ab} ±2.75	79,83 ^a ±2.67	69,33 ^a ±4.05
7,5	-	-	-	78,54 ^b ±0.45	77,64 ^a ±4.02	72,88 ^a ±4.75

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

De acordo com a Tabela 12 só foi observado diferenças significativas do efeito do pH nas porcentagens 1,5 e 2,5%

Mantendo-se fixa a porcentagem de proteína de 1,5%, notou-se diferença significativa entre os pHs 5,7 e 6,0.

Mantendo-se as porcentagens de proteína de 1,8 e 2,0% constantes, não houve diferença significativa entre os resultados.

Mantendo-se fixa a porcentagem de 2,5% de proteína, observou-se que não ocorreu diferença significativa entre os pHs 5,7, 6,0, 6,5, e 7,0, o mesmo ocorrendo entre os pHs 5,7, 6,0, 7,0 e 7,5.

Mantendo-se as porcentagens de 3,0 e 4,0% de proteína constantes, também não foi observada diferença significativa entre os resultados de umidade espremível para os diferentes valores de pH.

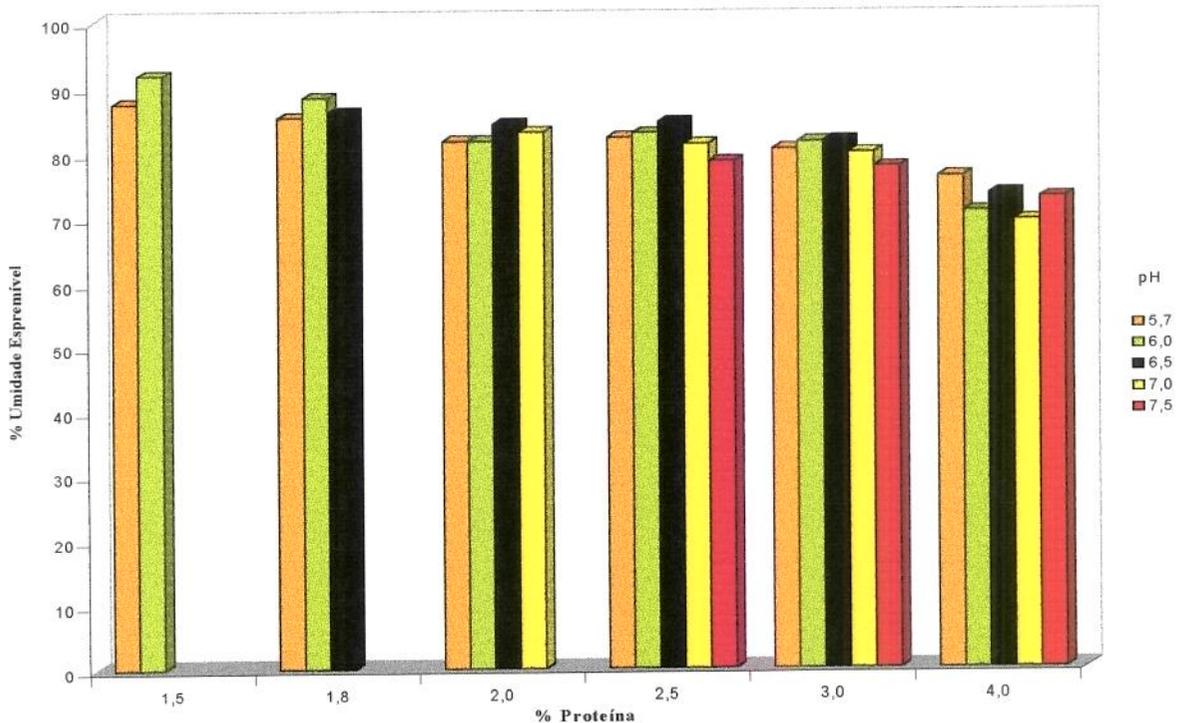


Figura 7 : Efeito do pH na umidade espremível de gel de proteína miofibrilar de frango

2. Avaliação das propriedades funcionais do concentrado protéico de soro de leite

2.1. Solubilidade

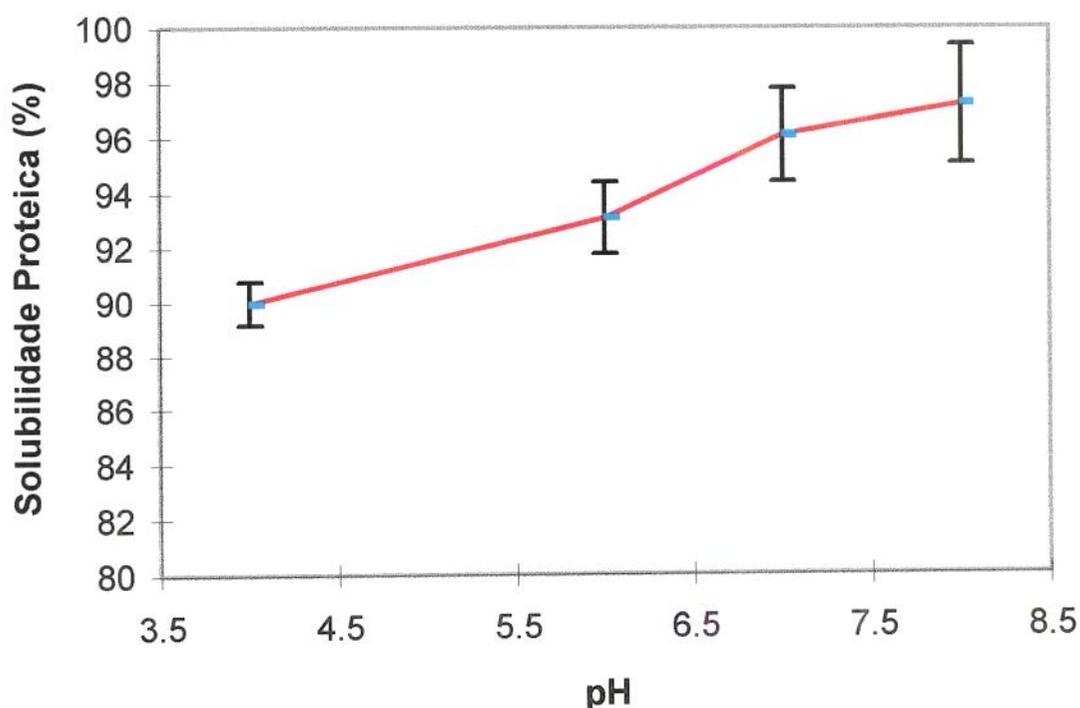


Figura 8 : Curva de solubilidade do concentrado protéico do soro de leite em função do pH (Tampão fosfato de sódio 0,05M, NaCl 0,06M).

Os resultados apresentados na Figura 8 indicaram que o CPS tem alta solubilidade da ordem de 90 e 98%. A solubilidade protéica alta do CPS observado nesta investigação confirma os dados de vários pesquisadores (Hagget, 1976; Schmidt e Medeshon, 1977; Morr, 1979). Uma faixa de 88 a 100% de solubilidade protéica foi reportado para os CPSs ultrafiltrados (Hagget, 1976).

Como o interesse do trabalho foi mostrar a relação de solubilidade/gelatinização, a curva de solubilidade só foi feita com os mesmos valores de pH usados para fabricação dos géis.

De acordo com a curva de solubilidade apresentada pode-se observar que a solubilidade do concentrado protéico do soro de leite aumenta conforme o pH aumenta de 4.0 para 8.0.

Correlacionando a solubilidade (Figura 8) com a possibilidade de formação de gel de CPS (Tabela 12), nota-se que a medida que o pH aumenta, a capacidade de formar de gel aumenta, tornando-se necessário cada vez menos quantidade de proteína para a fabricação dos géis, pois a proteína se encontra mais solubilizada.

Proteínas são menos solúveis na faixa de pH próximo ao ponto isoeletrico, mas as proteínas do soro são solúveis nestes valores de pH. A larga faixa de valores de pH sobre as quais as proteínas do soro são solúveis fazem delas ideais para o uso em uma variedade de produtos. Se o objetivo é que as proteínas do soro do leite e algumas outras funcionem bem em emulsões, espumas e géis devem ter uma solubilidade inicial bastante elevada (Cheftel *et al.* 1977).

Comparando com a Tabela 13 verificou-se que a dureza aumentou de acordo com a solubilidade, com o aumento do pH de 4.0 para 8.0 e, para confirmar, a porcentagem de umidade espremível (Tabela 19) apresentou redução pois o gel reteve mais água.

2.2. Caracterização dos géis de concentrado protéico do soro de leite

A metodologia utilizada para a fabricação dos géis de CPS foi altamente reproduzível. Os géis apresentaram um bom aspecto visual, todos opacos, conforme mostra as Figuras 9, 10 e 12.

Schmidt e Morris (1984) descrevem que géis opacos, mais rígidos são formados nas mais altas concentrações protéicas, acima de 5,0%, abaixo disso os géis são translúcidos.

Com relação a temperatura usada, Schimidt *et al.* (1978) descreveram que aquecimento de dispersões de CPS a temperaturas de 90-100°C por 15 minutos resultavam em géis fortes. Aquecimento a 80°C resultava em géis semelhantes, mas dispersões aquecidas a 70°C não formava géis. Proteínas do soro desnaturam-se reversivelmente à temperaturas entre 60-70°C, e desnaturam-se irreversivelmente à temperaturas maiores do que 70°C (Dybing & Smith, 1991). Melachouris (1984) reportou que nas temperaturas 65°-70°C CPS não formam géis. Geralmente conforme a temperatura aumenta, ligações hidrogênio e interações eletrostáticas são enfraquecidas. Interações hidrofóbicas, por outro lado, são fortalecidas com aumento na temperatura acima de 60-70°C, sendo gradualmente enfraquecidas com aumento da temperatura. As reações de inter-troca sulfidril/sulfidril-dissulfeto bem como a frequência das colisões moleculares devido ao aumento da energia cinética são fortalecidas a temperaturas mais altas. Assim, o aumento da desnaturação e da agregação das moléculas protéicas, com provável insolubilização seria esperado em temperaturas mais altas.

Tabela 13 - Formação de gel de CPS em relação a porcentagem de proteína e pH.

% proteína	pH= 4,0	pH= 6,0	pH=7,0	pH=8,0
4,0	-	-	-	-
5,0	-	-	-	+
6,0	-	+	+	+
8,0	+	+	+	+
10,0	+	+	+	+
12,0	+	+	+	+

+ : Ocorreu formação de gel.

- : Não ocorreu formação de gel.

Foi determinado o LCEP ("Least Concentration End Point") para cada valor de pH. Soluções de concentrados protéicos do soro gelatinizaram a concentrações de 5,0, 6,0,

8,0, 10,0, e 12,0% de proteína sob aquecimento a 90°C por 30 minutos. Não foi possível formar gel em nenhum pH com menos do que 5,0% de proteína. Concentrações mais altas possivelmente facilitam a formação da rede protéica tridimensional, entretanto não podemos esquecer que existe uma concentração crítica para a gelatinização ocorrer para cada proteína.

Schmidt *et al.* (1984) mostram que concentrações de proteínas do soro de 3-5% aquecidas a 55-70°C formam géis translúcidos, enquanto que concentrações de 10,0% produzem géis opacos.

A gelatinização foi assumida ter ocorrido quando foi possível a inversão do beaker sem perda dos componentes, exatamente como a análise do gel de miofibrilas de frango.

A concentrações acima de 12,0% de proteína tornou-se difícil homogeneizar o CPS sem uma agitação severa, o que no caso incorporava muito ar. Para resultados reproduzíveis foi necessário assegurar uma agitação mínima durante a dissolução do pó.

Os resultados mostraram que existe uma concentração mínima de proteína para a formação de gel a cada valor de pH, e que esta concentração é inversamente proporcional ao aumento do pH, ou seja, a medida que o pH foi aumentado de 4.0 para 8.0, a concentração mínima de proteína necessária para a formação de gel diminuiu.

De acordo com a Tabela 13 a porcentagem mínima de proteína para a formação de gel no pH 4.0 foi 8.0% de proteína. Nos pHs 6.0 e 7.0 a mínima concentração foi de 6.0% de proteína. Somente no pH 8.0 é que houve formação de gel com 5.0% de proteína. A literatura reportou que géis de CPS com 2,0 e 4,0%(peso/vol) de proteína foram produzidos em água destilada, sob condições ácidas de aquecimento (Modler e Emmons, 1976). Schmidt *et al.* (1978) relataram que a concentração de proteína de 7,5% ou mais, aquecida a 100°C por 10 minutos foi requerida para a formação de géis fortes. Dispersões protéicas contendo menos do que 5,0% de proteína de soro não formaram gel nestas mesmas condições experimentais (Schmidt *et al.*, 1978).

Mangino *et al.* (1986) afirmam que a concentrações mais baixas de proteína, a formação de uma rede protéica de gel é difícil de ser estabilizada, e há somente um aumento na viscosidade, ao invés de formação de um gel. Com maiores quantidades de proteínas em CPS

aumenta a probabilidade de ligações intermoleculares durante a gelatinização térmica. Aumento na concentração protéica também resulta em géis mais firmes, quanto maior quantidade de água estiver ligada as moléculas protéicas. Schimidt (1981). Morr (1975) relatou que estruturas de géis fracos são produzidos por aquecimento de soluções com baixa concentração de proteína, e géis fortes, densos, são formados por aquecimento de soluções com uma concentração de proteína mais alta. Um conteúdo de proteína mais alto em CPSs resulta em mais rápida formação de gel.

Os resultados obtidos mostraram desacordo com os encontrados por Morr e Foegeding (1990) que testaram 8 CPSs comerciais obtidos por ultrafiltração de diferentes companhias. Os autores descreveram precisar de concentrações mais altas de proteína para formar géis estáveis a pH 6,0 e 7,5 do que a pH 4,5, em 7 dos CPSs analisados.

Tabela 14 - Análise da variância da porcentagem de proteína do CPS e pH na dureza do gel.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _c	F _t	P _{r>F}
Proteína	4	5179964.45	1294991.11	13639.05	3112.89	0.0001
PH	3	243659.94	812119.98	855.42		0.0001
Proteína x pH	12	192029.35	16002.45	168.54		0.0001
Resíduo	38	3608.00				
Total	57	561926.73				

Tabela 15 - Efeito da porcentagem de proteína do CPS na dureza do gel (g).

Proteína (%)	pH= 4,0	pH= 6,0	pH=7,0	pH=8,0
5,0	-	-	-	81.26±3.3 ^c
6,0	-	84.32±4.7 ^d	77.98±6.23 ^d	120.77±5.39 ^d
8,0	117.94±7.89 ^c	193.87±12.79 ^c	215.57±7.99 ^c	218.51±8.79 ^c
10,0	377.03±16.96 ^b	464.58±16.22 ^b	490.31±6.59 ^b	574.04±18.72 ^b
12,0	477.64±1.82 ^a	873.53±11.18 ^a	903.19±16.33 ^a	962.48±1.95 ^a

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

De acordo com a Tabela 14 pode-se verificar que houve diferença significativa a nível de ($p < 0,05$) para a fonte de variação proteína e pH na dureza dos géis de concentrado proteico de soro.

De acordo com a Tabela 15 observou-se que dentro de cada coluna, os valores de dureza nas porcentagens de 5.0, 6.0, 8.0, 10.0 e 12.0% foram significativamente diferentes entre si.

De acordo com a Tabela 15 verificou-se que dentro de um mesmo pH, a dureza aumentou consideravelmente conforme o aumento da porcentagem protéica, para todos os valores de pH.

Os passos envolvidos na gelatinização térmica são desdobramento da proteína, ligação com a água, interações proteína-proteína e imobilização da água. Embora desdobramento da proteína e a agregação protéica se comportem como dois processos cinéticos diferentes, todos os passos da gelatinização térmica são acelerados com aumento da porcentagem de proteína. (de Wit, 1989).

Shimada e Cheftel (1988) descrevem que dispersões de IPS contendo mais do que 7,0% de proteína formam géis quando aquecidas. Estes géis apresentam alta capacidade de retenção de água com a dureza aumentando também com o aumento da concentração. Interações hidrofóbicas intermoleculares dominam na matriz de gel na medida em que a concentração de proteína aumenta.



Figura 9 : Géis de concentrado protéico de soro de leite.



Figura 10 : Géis de concentrado protéico de soro de leite.

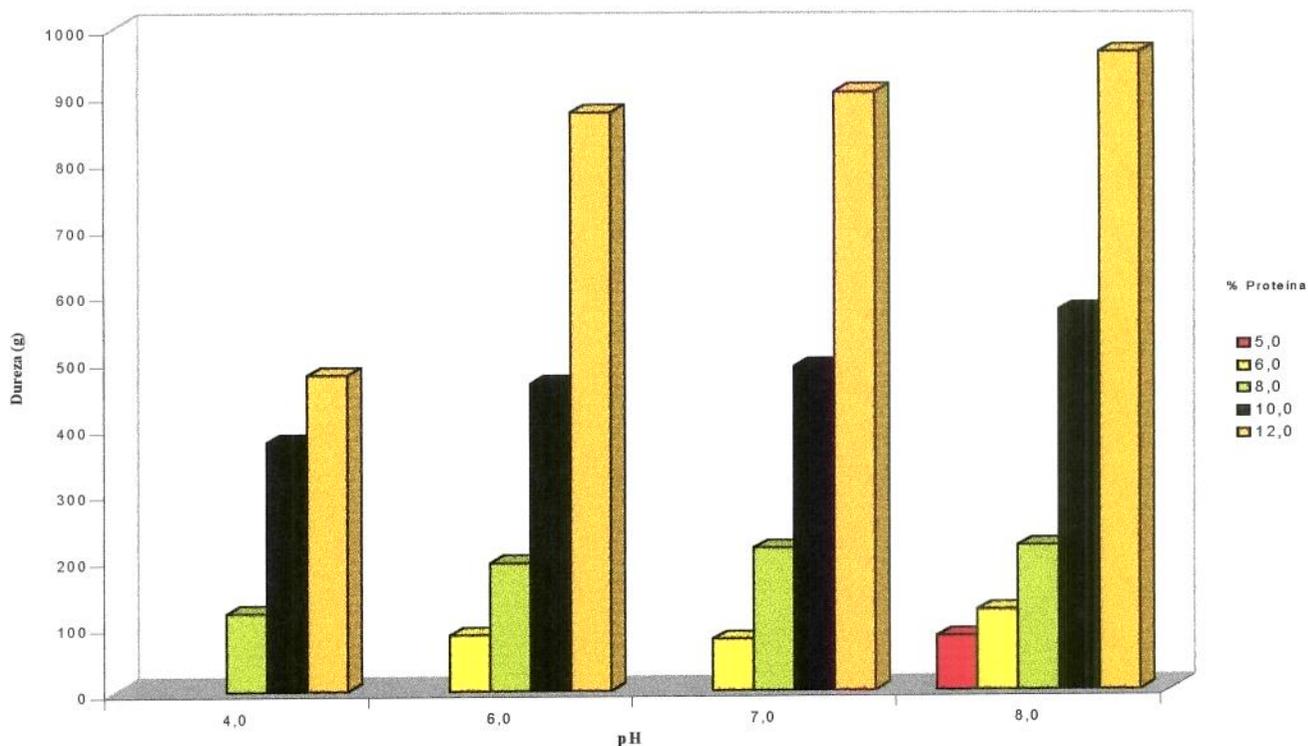


Figura 11 : Efeito da porcentagem de proteína de CPS na dureza do gel

Tabela 16 - Efeito do pH na dureza do gel de CPS (g).

pH	Proteína (%)				
	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0
4,0	-	-	117.94±7.89 ^b	377.03±16.96 ^c	477.64±1.82 ^d
6,0	-	84.32±4.7 ^b	193.87±12.79 ^a	464.58±16.22 ^b	873.53±11.18 ^c
7,0	-	77.98±6.23 ^b	215.57±7.99 ^a	490.31±6.59 ^b	903.19±16.53 ^b
8,0	81.26±3.3 ^a	120.77±5.39 ^a	218.51±8.79 ^a	574.04±18.72 ^a	962.48±1.95 ^a

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

Observando-se a Tabela 16 de uma maneira geral, nota-se que a dureza aumenta relativamente com o aumento do pH.

De acordo com a Tabela 16, mantendo-se a concentração de proteína 6.0% fixa,

observou-se que os valores de dureza para os géis de pHs 6.0 e 7.0 não foram significativamente diferentes entre si, mas apresentaram diferença significativa do gel de pH 8.0.

Nas porcentagens de 8.0, 10.0 e 12.0% de proteína, pode-se observar que a dureza dos géis aumentou com o aumento do pH, sendo isso mais claramente observado com a concentração de 12.0% de proteína, pois nesta, houve diferença significativa entre todos os valores de pH.

Mantendo-se a porcentagem de 8.0% de proteína constante, não foi observada diferença significativa entre os valores de dureza nos pHs 6.0, 7.0 e 8.0, somente estes diferindo do pH 4.0.

Mantendo-se fixa a concentração de 10.0%, verificou-se que não houve diferença significativa entre os pHs 6.0 e 7.0.



Figura 12 : Gel de concentrado protéico de soro de leite.

Mangino *et al.* (1986) afirmam que géis em valores de pH mais alto tendem a ser mais firmes do que a valores mais baixos. A valores de pH mais baixos os géis tem aparência de coágulo. Géis produzidos a pH 8,0 são mais fortes do que os produzidos a pH 6,5 (Langley *et al.* 1986).

A probabilidade da formação de gel seria mais baixa no ponto isoelétrico por razões eletrostáticas e aumentaria com aumento da carga líquida positiva ou negativa.

Hillier *et al.* (1980) descreveram que géis formados a pH 6,0 ou mais baixo são descritos como coagulados e menos elásticos do que os géis formados a pH 7-9; entretanto a força gel diminui conforme o pH aumenta de 7,0 para 10,0; e a habilidade de formar gel é inibida a pH 11 (Schmidt *et al.* 1978). No presente estudo, todos os géis apresentaram boa aparência, com a dureza mostrando um relativo aumento conforme o pH aumenta. de Wit e Klarenbek (1983) descrevem que a reatividade dos grupos tióis da β -Lg e BSA aumenta quando o pH é aumentado de 6,0 7,5.

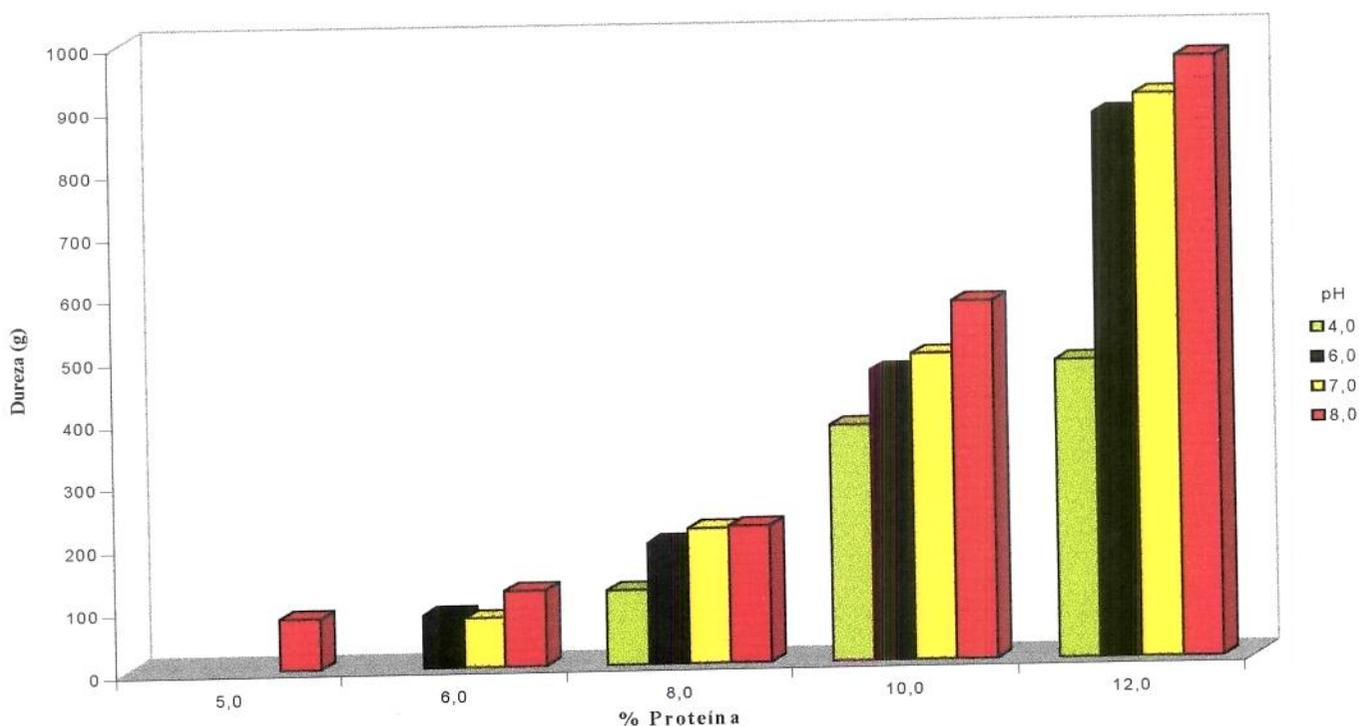


Figura 13 : Efeito do pH na dureza de gel de CPS.

Tabela 17. Análise da variância da porcentagem proteína de CPS e pH na umidade espremível.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _c	F _t	P _{r>F}
Proteína	4	17641.6502	4410.4125	2783.49	1184.79	0.0001
pH	3	2508.2611	836.0870	527.67		0.0001
Proteína x pH	12	15518.5659	1293.2138	816.17		0.0001
Resíduo	38	31.6898				
Total	57	35700.1670				

Tabela 18 - Efeito da porcentagem de proteína do CPS na umidade espremível (%).

Proteína (%)	pH= 4,0	pH= 6,0	pH= 7,0	pH= 8,0
5,0	-	-	-	72.65±0.79 ^a
6,0	-	84.66±1.37 ^a	81.8±0.14 ^a	72.21±1.5 ^a
8,0	80.69±1.27 ^a	76.54±0.82 ^b	74.6±0.28 ^b	70.81±2.23 ^a
10,0	77.36±1.22 ^{ab}	74.16±0.27 ^{bc}	71.15±2.05 ^{bc}	63.84±2.15 ^b
12,0	75.03±1.54	70.60±1.25 ^c	66.75±1.5 ^c	63.65±1.63 ^b

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

De acordo com a Tabela 17 da análise de variância, verificou-se que houve diferença significativa a nível de ($p < 0,05$) para a fonte de variação proteína e pH na umidade espremível dos géis de CPS.

De acordo com a Tabela 18, pode-se verificar que dentro de um mesmo valor de pH, a porcentagem de umidade espremível diminuiu a medida que a concentração protéica

aumentou para todos os valores de pH.

De acordo com a Tabela 18, mantendo-se constante o pH 4,0, verificou-se que não houve diferença significativa entre as porcentagens de proteína 8.0 e 10.0% e nem entre 10.0 e 12.0%.

Nos pHs 6,0 e 7,0 as observações também foram iguais: não houve diferença entre as porcentagens 8.0 e 10.0% e nem entre 10.0 e 12.0%. No pH 8,0 fixo, também não houve diferença entre as porcentagens 5.0, 6.0 e 8.0% e nem entre 10.0 e 12.0%.

Comparando-se a Tabela 15 com a Tabela 18 verificou-se que a medida que a dureza aumentou de acordo com a concentração de proteína, a umidade espremível diminuiu, os géis retiveram mais água. Altas capacidades de retenção de água já tinham sido reportadas para géis de CPS.

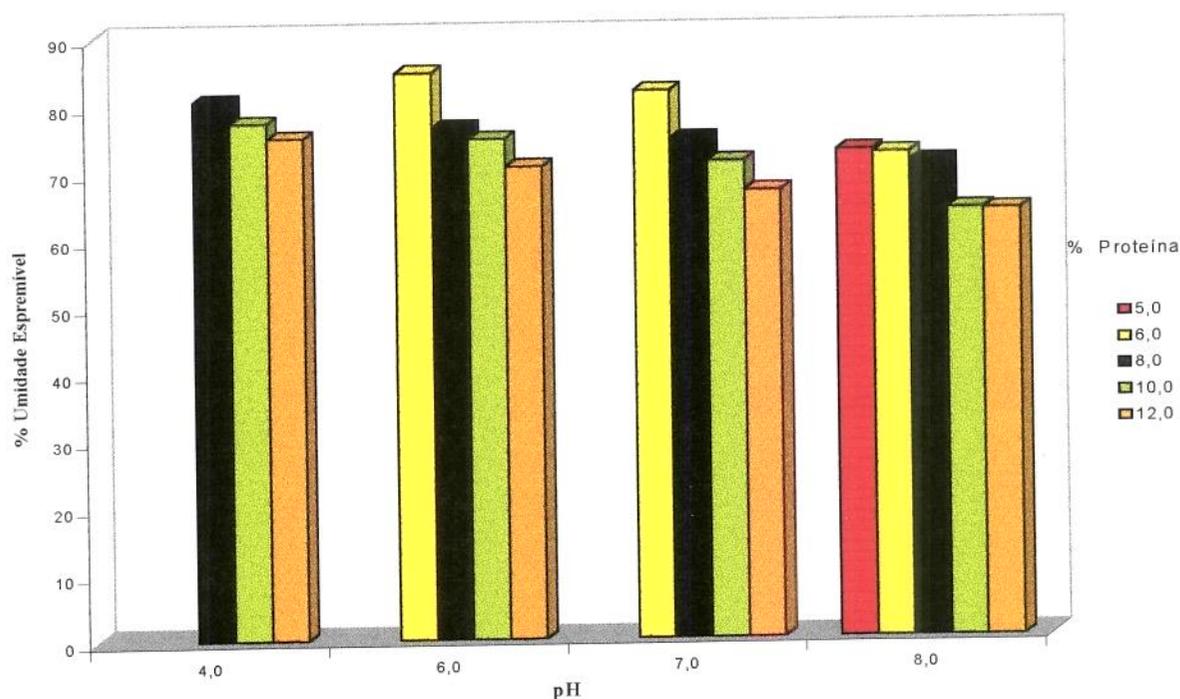


Figura 14 : Efeito da porcentagem de proteína na umidade espremível de gel de CPS.

Tabela 19 - Efeito do pH na umidade espremível de gel de CPS (%).

pH	Proteína (%)				
	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0
4,0	-	-	80.69±1.27 ^a	77.36±1.22 ^a	75.03±1.54 ^a
6,0	-	84.66±1.37 ^a	76.54±0.82 ^{ab}	74.76±0.27 ^{ab}	70.60±1.25 ^{ab}
7,0	-	81.8±0.14 ^a	74.6±0.28 ^{bc}	71.15±2.05 ^b	66.75±1.5 ^{bc}
8,0	72.65±0.79 ^a	72.21±1.5 ^b	70.81±2.23 ^c	63.84 ±2.15 ^c	63.65±1.63 ^c

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

De acordo com a Tabela 19, pode-se verificar que a porcentagem de umidade espremível diminuiu conforme o pH aumentou, dentro de cada porcentagem protéica.

Mantendo-se fixa a porcentagem 6.0%, não foi observada diferença significativa entre os pHs 6.0 e 7.0, somente entre esses e o pH 8.0.

Mantendo-se as concentrações de 8.0, 10.0 e 12.0% constantes observou-se semelhantemente que não houve diferença significativa entre os pHs 4.0 e 6.0.

Mantendo-se fixa a porcentagem 8.0% pôde-se verificar que também não houve diferença entre os pHs 6.0 e 7.0 e nem entre 7.0 e 8.0. O mesmo acontecendo para a porcentagem de 12.0% de proteína.

Mantendo-se a porcentagem 10.0% fixa, verificou-se que também não houve diferença entre o pH 6.0 e 7.0, e nem entre o pH 4.0 e 6.0, somente o pH 8.0 diferiu dos demais.

Comparando a Tabela 19 com a Figura 8 de solubilidade do CPS, confirmou-se que com o aumento da solubilidade, de acordo com o pH, a umidade espremível dos géis diminuiu.

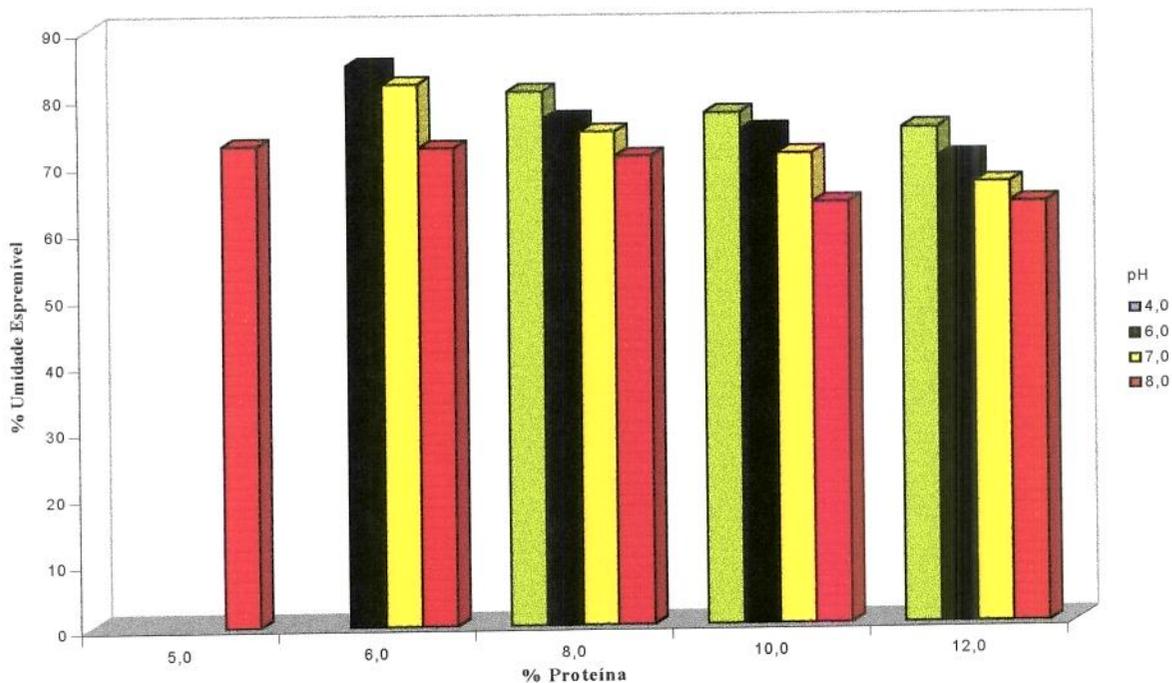


Figura 15 : Efeito do pH na umidade espremível de gel de CPS

Tabela 20 - Influência da substituição de proteína miofibrilar (%) por CPS na dureza do gel (g).

Proteína substituída (%)	Dureza (g)
0.0*	432.4± 7.5 ^{ab}
5.0	439.06± 5.78 ^a
9.0	401.36± 11.75 ^b
10.0	316.43± 1.45 ^c
15.0	248.43± 6.12 ^d
20.0	185.56± 13.34 ^e
30.0	133.72± 8.98 ^f

* Não houve substituição

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si

De acordo com o teste de Tukey pode-se verificar qual a porcentagem de substituição de concentrado de soro que interferiu na dureza do gel de proteínas miofibrilares de músculo de peito de frango.

Observou-se que substituindo 5.0 e 9.0% de proteína miofibrilar por CPS não ocorreu diferença significativa na dureza do gel. Entretanto com 10.0% de substituição por CPS foi observada redução significativa na dureza do gel. Verificou-se também que a medida que as substituições foram aumentando a dureza do gel diminuiu cada vez mais.

Chung e Lee (1991) estudaram a incorporação de proteínas diferentes a surimis. Eles observaram que a força de compressão do gel de surimi é mais baixa quando outro tipo de proteína é incorporada ao gel. Isto é devido ao efeito de diluição das proteínas, e interferência na gelatinização, primariamente uma ligação cruzada. Os autores afirmam que as diferentes características do efeito da modificação da textura de outras proteínas em gel de surimi pode ser atribuída a diferenças em propriedades físico-químicas. Estas propriedades podem incluir habilidade de ligação com água e composição de aminoácidos.

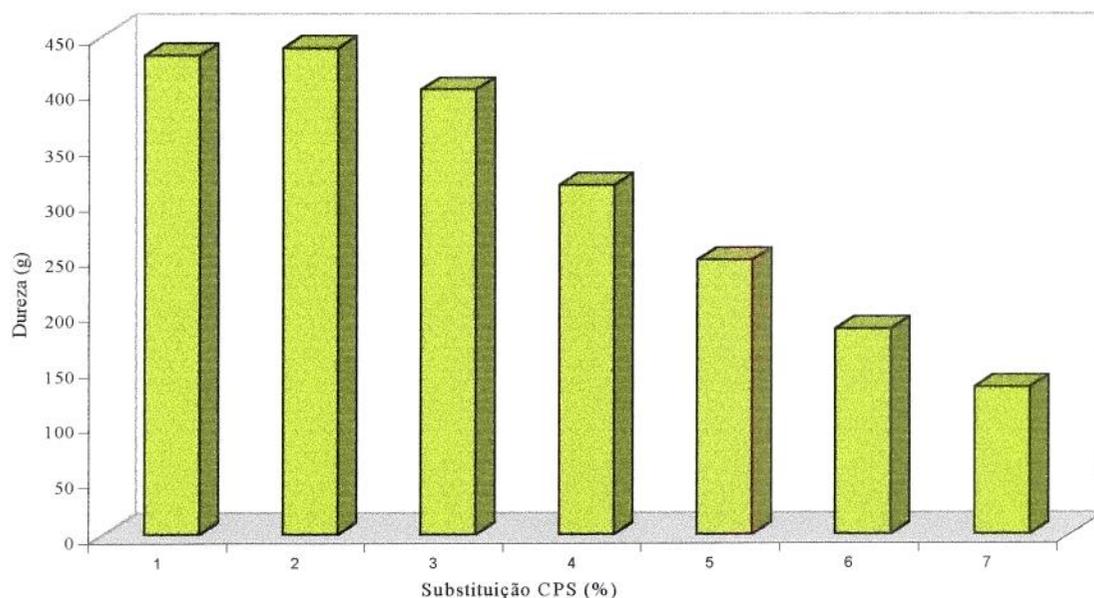


Figura 16 : Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na dureza de gel.

Tabela 21 - Influência da substituição de proteína miofibrilar (%) por CPS na umidade espremível de gel (%).

Proteína substituída (%)	Umidade Espremível (%)
0.0*	69.33±4.05 ^a
5.0	70.71±1.29 ^a
9.0	69.25±0.67 ^a
10.0	73.59±0.63 ^{ab}
15.0	78.54±0.67 ^{bc}
20.0	80.85±1.51 ^{cd}
30.0	84.84±1.13 ^d

* Não houve substituição

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si

De acordo com o teste de Tukey pode-se verificar que a % de concentrado protéico de soro de leite interferiu na umidade espremível de gel de proteínas miofibrilares de frango, a partir de 10.0% de adição de CPS. Pela Tabela 21, observou-se que quanto maior a porcentagem de CPS adicionado, a porcentagem de umidade espremível dos géis aumentava.

Considerando as substituições de 10.0, 15.0, 20.0 e 30.0% verificou-se que não houve diferença significativa entre as substituições 10.0 e 15.0% e nem entre 20.0 e 30.0 de substituição

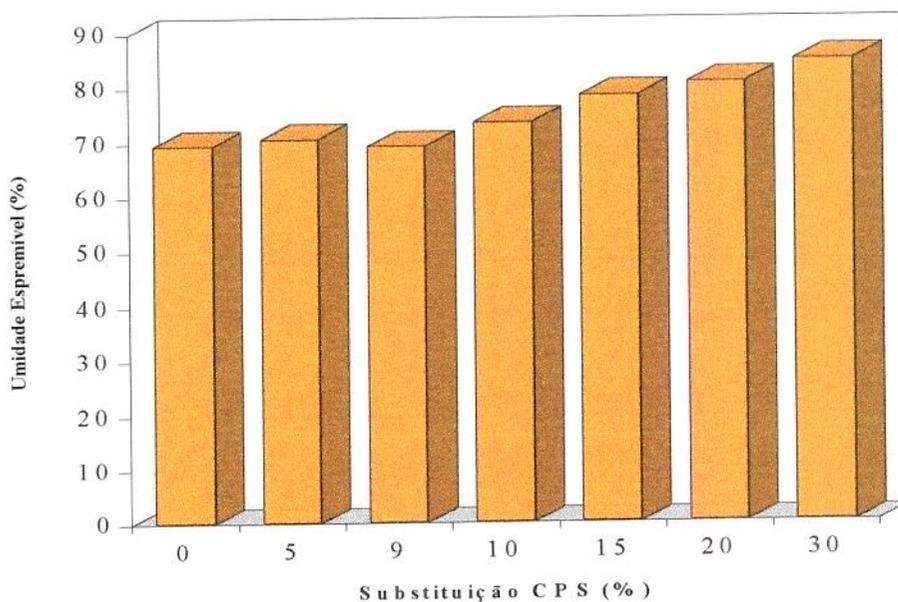


Figura 17 : Influência da substituição de proteína miofibrilar por CPS na umidade espremível de gel.

Tabela 22 - Caracterização química das salsichas

	Controle	T ₁	T ₂	T ₃
Proteína (%)	11.58±0.4	12.98±0.51	15.22±0.81	15.73±0.35
Umidade (%)	65.02±0.12	63.65±0.08	63.06±0.11	63.23±0.04
Cinzas (%)	1.99±0.53	2.0±0.18	2.19±0.69	2.13±0.19
Gordura (%)	10.96±0.37	11.33±0.64	12.72±0.28	12.99±0.42

T₁ - Substituição de 5% de proteína de carne de frango por CPS; T₂ - Substituição de 10% de proteína de carne de frango por CPS; T₃ - Substituição de 15% de proteína de carne de frango por CPS.

Tabela 23 - Valores de rendimento de cozimento (“cook yield”) de salsichas (%)

Controle	T ₁	T ₂	T ₃
97.08±0.07 ^a	97.17±0.23 ^a	98.88±0.16 ^a	97.6±0.09 ^a

T₁ - Substituição de 5% de proteína de carne de frango por CPS; T₂ - Substituição de 10% de proteína de carne de frango por CPS; T₃ - Substituição de 15% de proteína de carne de frango por CPS.

Resultados de % de rendimento de cozimento das salsichas apresentados na Tabela 23 mostraram que as perdas de peso ficaram em torno de 1-2%, e que não houve diferença significativa entre as amostras.

Ensor *et al.*(1987) também não encontraram diferença nos tratamentos com relação ao “cook yield”, numa avaliação comparativa de CPS como ligante em emulsões tipo salsicha, onde concluíram que a adição de vários tipos e níveis de ligantes não resultaram em vantagem sobre o controle.

Tabela 24: Influência da substituição de carne de peito de frango por CPS na dureza de salsicha

Carne de frango substituída (%)	Dureza (g)
0.0*	2655.8±20.17 ^a
5.0	2665.94±31.21 ^a
10.0	2412.38±29,94 ^b
15.0	2336.61±27.89 ^c

* Controle

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.



Figura 18 . Salsicha de peito de frango com substituição de 5,0% de concentrado protéico de soro de leite.

Lee *et al.* (1980) afirmaram que o uso de CPS em bolos de carne é comparável a utilização de mesmos níveis de leite seco desengordurado, pois aumenta a suculência e o sabor e aroma.

Concentrados protéicos de soro de leite mostram ser uma alternativa viável como ligantes para produtos cárneos específicos tipo emulsão, por resultarem em estabilidade similar, atributos sensoriais e de textura em comparação a níveis de isolados protéicos de soja e leite seco desengordurado com cálcio reduzido (Ensor *et al.* 1987)

Produtos derivados do soro são fontes nutricionais de proteína e são disponíveis, dando certos benefícios ao ambiente devido a utilização de um subproduto frequentemente descartado pela indústria queijeira.

De acordo com a Tabela 24 verificou-se que substituindo 5% de carne de frango por CPS não ocorreu diferença significativa na análise de dureza da salsicha. Entretanto com 10% de substituição houve diminuição da dureza significativamente. E com 15% de substituição, a dureza apresentou novamente redução.

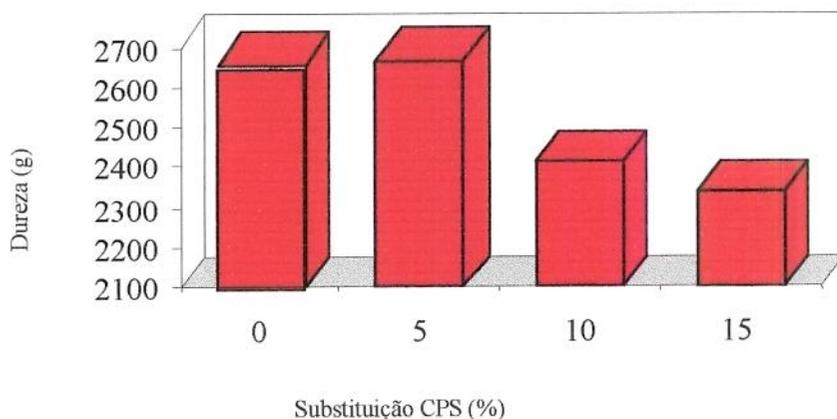


Figura 19 : Influência da substituição de proteína de carne de frango por CPS na dureza de salsicha

Tabela 25: Influência da substituição de carne de peito de frango por CPS no teste de corte de salsicha

Carne de frango substituída (%)	Força de corte (g)
0.0*	1460.32±21.54 ^a
5.0	1075.28±7.81 ^b
10.0	873.64±30.29 ^c
15.0	662.77±15.91 ^d

*Controle

Médias com letras em sobrescrito iguais não diferem significativamente entre si.

Os resultados apresentados na Tabela 25 mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que a força de corte de salsichas diminuiu progressivamente a medida que as substituições de carne de frango por CPS aumentaram, isso é o de se esperar, uma vez que ocorreu diminuição na análise de dureza, conforme mostrou a Tabela 24.

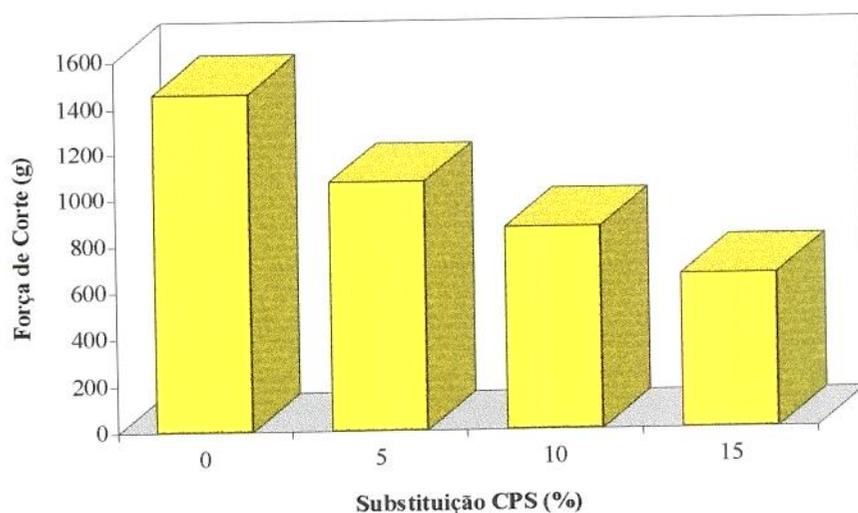


Figura 20 : Influência da substituição de proteína de carne de frango por CPS no teste de corte de salsichas.

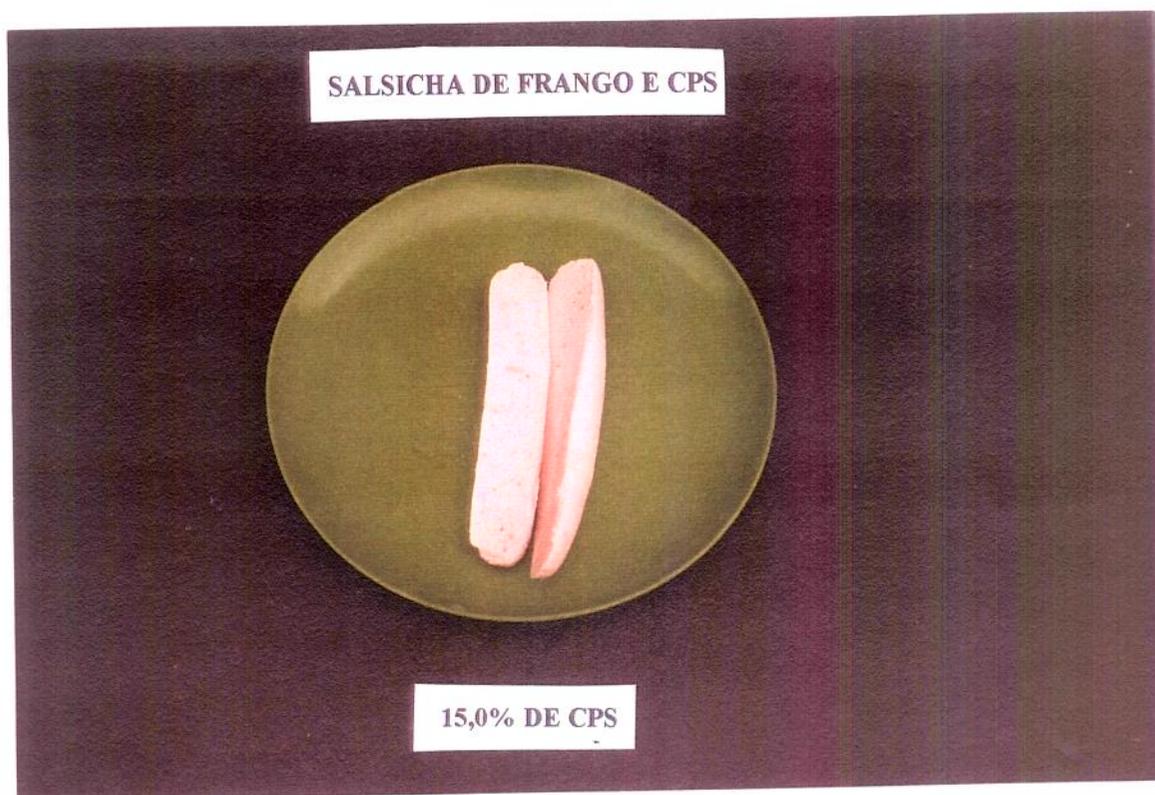


Figura 21 : Salsicha de peito de frango com substituição de 15,0% de CPS.



Figura 22 : Salsicha de peito de frango com substituição de 10,0% de CPS.

CONCLUSÕES

Com o intuito de caracterizar a gelatinização das proteínas miofibrilares de peito de frango e do soro de leite, unidas e separadamente, pode-se chegar as conclusões descritas a seguir:

1. A concentração mínima de proteína miofibrilar necessária para formar um gel (LCEP) foi 1,5% nos pHs 5,7 e 6,0, aumentando de acordo com o pH.
2. Pela análise da dureza do gel de miofibrilas, pode-se verificar que a medida que a concentração de proteína aumentou, a dureza também sofreu aumento. Em adição a isto, a porcentagem de umidade espremível dos géis diminuiu. Esta análise, entretanto, não apresentou diferenças significativas para nenhum dos tipos de géis fabricados.
3. O efeito do pH nas miofibrilas foi o inverso, ocorreu redução nos valores de dureza, conforme o aumento do pH.
4. Com relação ao concentrado protéico de soro (CPS), o LCEP foi 5,0% e somente no pH 8,0.
5. Os resultados da análise de dureza indicaram que a medida que maior quantidade de proteína foi incorporada ao gel, também ocorreu um respectivo aumento na dureza deste.

6. De acordo com a elevação do pH, a dureza também indicou aumento para o CPS.
7. A porcentagem de umidade espremível diminuiu relativamente a medida que os valores de dureza aumentaram tanto com relação ao efeito da concentração de proteína quanto pH.
8. Estudos de substituição de proteína miofibrilar por CPS em géis indicaram que até 9,0% de proteína substituída não interfere na análise de dureza. Entretanto, com 10,0% de proteína miofibrilar substituída por CPS a dureza apresentou redução e assim com adições sucessivas de CPS.
9. A avaliação de salsichas processadas com adição de diferentes porcentagens de CPS indicou que a utilização de CPS influenciou o TPA (Texture Profile Analysis); a dureza apresentando redução a medida que maior quantidade de peito de frango fora substituída por CPS.
10. Os resultados do teste de corte confirmaram as análises de dureza, indicando que a força de corte das salsichas diminuiu progressivamente a medida que aumentaram as substituições.
11. Com relação ao rendimento de cozimento das salsichas, as amostras com CPS não diferiram do controle.
12. Baseada nas informações apresentadas aqui, uma vez que a análise de textura dos géis, o sistema modelo realizado, foi confirmado pela avaliação das salsichas, o sistema real proposto, torna-se evidente, como conclusão final, que concentrados protéicos de soro de

leite podem ser usados como ligantes em produtos cárneos.

13. A compreensão dos efeitos funcionais dos ingredientes sobre a textura do produto final é importante para o sucesso no desenvolvimento de novos produtos.

BIBLIOGRAFIA

Acton, J.C.; Ziegler, G.R. & Burge Jr., D.L. 1983. Functionality of Muscle Constituents in the Processing of Comminuted Meat Products. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **18** (2): 99-121.

A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis, 14th ed. Association Of Official Analytical Chemists. Washington. D. C.

Anonymous. 1981. Single Process for Milk Proteinate Isolates Casein and Whey Proteins. **Food Dev.** **15**:41.

Asghar, A., Morita, J.-I., Samejima, K., and Yasui, T. 1984. Biochemical and Functional Characteristics of Myosin from Red and White Muscles of Chicken as Influenced by Nutritional Stress. **Agric. Biol. Chem.** **48**:2217-2224.

Asghar, A.; Samejima, K. & Yasui, T. 1985. Functionality of Muscle Proteins in Gelation Mechanisms of Structured Meat Products. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **22** (1): 27-106.

Beuschel, B.C.; Partridge, J.A.; Smith, D.M. 1992. Properties of Insolubilized Whey Protein Concentrate and Chicken Sal Soluble Protein Combination Gels. **J.Food Sci.** **57**: 852-855.

Bligh, E.G. & Dyer, W.J. 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** **37**: 911-917.

Burgarella, J.C.; Lanier, T.C.; Hamman, D.D. 1985. Effects of Added Egg White or Whey Protein Concentrate on Thermal Transitions in Rigidity of Croaker Surimi. **J.Food Sci.** **50**: 1588-1594, 1606.

Casella, L.J. 1983. Whey Use in Meat Products. *Meat Processing*, July, 76-79.

Cheftel, J.C., Cuq, J.L., Lorient, D. 1989. Proteínas Alimentarias: Bioquímica, Propiedades Funcionais, Valor Nutricional, Modificaciones Químicas. 346p.

Chung, K.H., and Lee, C.M. 1991. Water Binding and Ingredient Dispersion Pattern Effects on Surimi Gel Texture. **J. Food Sci.** **56**:1263-1266.

de Wit, J.N. 1981. Structure and Functional Behavior of Whey Proteins. **Neth. Milk Dairy J.** **35**: 47-64.

de Wit, J.N. 1989. Functional Properties of Whey Proteins. In: "Developments in Dairy Chemistry-4."(Ed) P.F. Fox. Applied Science Publishers, New York.

de Wit, J.N., and Klarenbeek, G. 1984. Effects of Various Heat Treatments on Structure and Solubility of Whey Proteins. **J. Dairy Sci.** **67**:2701-2710.

Dybing, S.T., and Smith, D.E. 1991. Relation of Chemistry and Processing Procedures to Whey Protein Functionality: A Review. **Cultured Dairy Products Journal.** February, 4-12.

Ellinger, R.H. 1972. Phosphates in Food Processing. In: "Handbook of food additives", 2nd ed. CRC Press, Cleveland, 04.

Ensor, S.A., Mandigo, R.W., Calkins, C.R., and Quint, L.N. 1987. Comparative Evaluation of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate and Calcium-Reduced Nonfat Dry Milk as Binders in an Emulsion-Type Sausage. **J. Food Sci.** **52**:1155-1158.

Ferry, J.D. 1948. Protein Gels. **Adv. Protein Chem.** **4**:1-78.

Foegeding, E.A. 1987. Functional Properties of Turkey Salt-Soluble Proteins. **J. Food Sci.** **52**:1495-1499.

Foegeding, E.A. 1988. Thermally Induced Changes in Muscle Proteins. **Food Technol.** **42**:58, 60-62, 64.

Flory, P.J. 1974. Introductory Lecture. **Far. Dis. Chem. Soc.** **57**:7-18.

Fretheim, K., Samejima, K., and Egelanddal, B. 1986. Myosins from Red and White Bovine Muscles: Part I - Gel Strength (Elasticity) and Water-Holding Capacity of Heat-Induced Gels. **Food Chem.** **22**:107-121.

Fukazawa, T., Hashimoto, Y., and Yasui, T.1961. Effect of Storage Conditions on Some Physicochemical Properties in Experimental Sausage Prepared from Fibrils. **J. Food Sci.** **26**:331.

Goll, D.E., Arakawa, N., Stromer, M.H., Bush, W.A., and Robson, R.M.1970. Chemistry of Muscle Proteins as a Food, in **The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food. Vol.2**, Briskey, E. J., Cassens, R.G., and Marsh, B.B., Eds., University of Wisconsin Press, Madison, chap 47.

Haggett, T.O.R. 1976. The Whipping, Foaming and Gelling Properties of Whey Protein Concentrates. **N. Z. J. Dairy Sci. Technol.** **11**: 244-250.

Hamm, R. 1960. Biochemistry of Meat Hydration. **Adv. Food Res.** **10**: 355-443.

Hermansson, A.-M. 1979. In *Functionality and Protein Structure*, ed. A. Pour-El, American Chemical Society, Washington, DC, p. 81.

Hermansson, A.M. & Lucisano, M. 1982. Gel Characteristics, Water Binding Properties of Blood Plasma Gels and Methodological Aspects of Water Binding of Gel Systems. **J. Food Sci.** **47**(6): 1955-1959, 1964.

Hermansson, A.M., Harbitz, O., and Langton, M. 1986. Formation of Two Types of Gels from Bovine Myosin. **J. Sci. Food Agric.** **27**:69-84.

Hillier, R.M., Lister, R, L.J., and Cheeseman, G.C.1980. Gelation of Reconstituted Whey Powders by Heat. **J. Sci. Food Agric.** **31**:1152-1157.

- Hoven, M. 1987. Functionality of Dairy Ingredients in Meat Products. **Food Technol.** October: 72-77.
- Hung, T., Smith, D.M. 1993. Dynamic Rheological Properties and Microstructure of Partially Insolubilized Whey Protein Concentrated and Chicken Breast Salt-Soluble Protein Gels. **J. Agric. Food Chem.** **41 (9)**: 1372-1378.
- Huxley, H.E. 1983. Molecular Basis of Contraction in Cross-Striated Muscles and Relevance to Motile Mechanisms in Other Cells. In "Muscle and Nonmuscle Motility", vol.1, p.1. Academic Press, New York.
- Ishioroshi, M.; Samejima, K.; and Yasui, T. 1979. Heat-Induced Gelation of Myosin: Factors of pH and Salt Concentrations. **J. Food Sci.** **44**: 1280-1284.
- Ishioroshi, M.; Samejima, K. & Yasui, T. 1982. Further Studies on the Roles of the Head and Tail Regions of the Myosin Molecule in Heat-Induced Gelation. **J. Food Sci.** **47(1)**: 114-118.
- Jauregui, C.A., Regenstein, J.M., and Baker, R.R. 1981. A Simple Centrifugal Method for Measuring Expressible Moisture, a Water-Binding Property of Muscle Foods. **J. Food Sci.** **46**: 1271-1273.
- Jost, R. 1993. Functional Characteristics of Dairy Proteins. *Trends in Food Science & Technology* September. **4**: 283-288.
- Kim, Y.A., Chism, III, G.W., Mangino, M.E. 1987. Determination of the Beta-Lactoglobulin, Alpha-Lactalbumin and Bovine Serum Albumin of Whey Protein Concentrates and Their Relationship To Protein Functionality. **J. Food Sci.** **52**: 124-127.
- Kinsella, J.E. and Whitehead, D.M. 1989. Proteins in Whey: Chemical, Physical, and Functional Properties. **Adv. in Food and Nutr. Res.** **33**: 343-438.

- Kinsella, J.E. 1976. Functional Properties of Protein in Foods: A Survey. **CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **77**: 219-280.
- Kohnhorst, A.L. and Mangino, M.E. 1985. Prediction of the Strength of Whey Protein Gels Based on Compositional Properties. **J. Food Sci.** **50**: 1403-1405.
- Langley, K.R., Millard, D., and Evans, E.W. 1986. Determination of Tensile Strength of Gels Prepared from Fractionated Whey Proteins. **J. Dairy Res.** **53**: 285-292.
- Langley, K.R., and Green, M.L. 1989. Compression and Impact Strength of Gels, Prepared from Fractionated Whey Proteins, in Relation to Composition and Microstructure. **J. Dairy Res.** **56**: 275-284.
- Lee, A., Cannon, R.Y., and Huffman, D.L. 1980. Whey Protein Concentrates in a Processed Meat Loaf. **J. Food Sci.** **45**: 1278-1280.
- Li-Chan, E. 1983. Heat-Induced Changes in the Proteins of Whey Protein Concentrate. **J. Food Sci.** **48**: 47-56.
- Lumry, R. 1973. Some Recent Ideas About the Nature of the Interactions Between Proteins and Liquid Water. **J. Food Sci.** **38**(5): 744-755.
- Mangino, M.E. 1984. Physicochemical Aspects of Whey Proteins. In: P.F. Fox (Ed.), *Developments in Dairy Chemistry*, 4. Elsevier Applied Science, p.297.
- Mangino, M.E. 1992. Gelation of Whey Protein Concentrates. **Food Technol.** **46**(1): 114-116.
- Mangino, M.E., Kim, J.H., and Dunkerley, J.A. 1987. Factors Important in the Gelation of Whey Protein Concentrates. **Food Hydrocolloids** **1** (4): 277-282.

- MacFarlane, J.J., Schmidt, G.R., and Turner, R.H. 1977. Binding of Meat Pieces: A Comparison of Myosin, Actomyosin and Sarcoplasmic Proteins as Binding Agents. **J. Food Sci.** **42** (6): 1603-1605.
- Melachouris, N. 1984. Symposium: Assessing Functionality of Whey Proteins. **J. Dairy Sci.** **67**: 2693-2700.
- Modler, H.W., and Emmons, D.B. 1976. Properties of Whey Protein Concentrate Prepared by Heatin Under Acidic Conditions. **J. Dairy Sci.** **60** (2): 177-183.
- Morita, J.I., Choe, I.S., Yamamoto, K., Samejima, K., and Yasui, T. 1987. Heat-Induced Gelation of Myosin from Leg and Breast Muscles of Chicken. **Agric. Biol. Chem.** **51**: 2895-2900.
- Morr, C.V. 1975. Chemistry of Milk Proteins in Food Processing. **J. Dairy Sci.** **58**: 977-984.
- Morr, C.V. 1979. Functionality of Whey Protein Products. **N.Z.J. Dairy Sci. Technol.** **14**: 185-194.
- Morr, C.V., German, B., Kinsella, J.E., Regenstein, J.M., Van Buren, J.P., Kilara, A., Lewis, B.A., and Mangino, M.E. 1985. A Collaborative Study to Develop a Standardized Food Protein Solubility Procedure. **J. Food Sci.** **50**: 1715-1718.
- Morr, C.V. and Foegeding, E.A. 1990. Composition and Functionality of Commercial Whey and Milk Protein Concentrates and Isolates: A Status Report. **Food Technol.** **44** (4): 100-110.
- Morr, C.V. & Há, E.Y.W. 1993. Whey Protein Concentrates and Isolates: Processing and Functional Properties. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **33** (6): 431-476.
- Mulvihill, D.M., Kinsella, J.E. 1987. Gelation Characteristics of Whey Proteins and β -Lactoglobulin. **Food Technol.** **41**(9): 102-111.

- Nakayama, T. and Sato, Y. 1971. Relationships Between Binding Quality of Meat and Myofibrillar Proteins. IV. Contribution of Native Tropomyosin and Actin in Myosin B to Rheological Properties of Heat Set Minced-Meat Gel. **J. Texture Stud.** **2**: 475-489.
- Nuckles, R.O.; Smith, D.M.; Merkel, R.A. 1991. Properties of Heat Induced Gels from Beef Skeletal, Heart, Lung and Spleen Protein Fractions. **J. Food Sci.** **56**: 1165-1170.
- Offer, G.; Trinick, J. 1983. On the Mechanism of Water Holding in Meat: The Swelling and Shrinking of Myofibrils. **Meat Sci.** **8**: 245-281.
- O'Meara, G.M. & Munro, P.A. 1985. Hydrolysis of the Sarcoplasmic, Myofibrillar and Connective Tissue Proteins of Lean Beef by Alcalase and Its Relationship to Whole Meat Hydrolysis. **Meat Sci.** **12**: 91-103.
- O'Neill, E.; Morrissey, P.A. & Mulvihill, D.M. 1993. Heat-Induced Gelation of Actomyosin. **Meat Sci.** **33**: 61-74.
- Samejima, K.; Isrioroshi, M. & Yasui, T. 1981. Relative Roles of Head and Tail Portions of the Molecule in Heat Induced Gelation of Myosin. **J. Food Sci.** **46** (5): 1412-1414.
- Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T. 1982. Heat Induced Gelling Properties of Actomyosin: Effect of Tropomyosin and Troponin. **Agric. Biol. Chem.** **46**: 535-540.
- Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T. and Fukazawa, T. 1969. Heat Gelling Properties of Myosin, Actin, Actomyosin, and Myosin-Subunits in a Saline Model System, **J. Food Sci.** **34**: 242-245.
- Samejima, K.; Yamaguchi, K.; Yamamoto, K.; Asghar, A. & Yasui, T. 1984. Role of Myosin Heavy Chain from Rabbit Skeletal Muscle in the Heat-Induced Gelation Mechanism. **Agric. Biol. Chem.** **48** (8): 2225-2230.

Samejima, K., Fretheim, K., and Egelanddal, B. 1986. Effects of Electrical Stimulation and Ageing of Beef on the Gelation Properties and Protein Extractability of Isolated Myofibrils. **Meat Sci.** **18**: 295-306.

Schmidt, R.H. 1981. Gelation and Coagulation. In: J.P. Cherry (Ed.), Protein Functionality in Foods. Am. Chem. Soc., Washington, D.C. p.131.

Schmidt, R.H.; Illingworth, B.L.; Ahmed, E.M. Heat-Induced Gelation of Peanut Protein/Whey Protein Blends. 1978. **J. Food Sci.** **43**: 613-615, 621

Schmidt, R.H.; Illingworth, B.L.; Deng, J.C.; Cornell, J.A. 1979. Multiple Regression and Response Surface Analysis of the Effects of Calcium Chloride and Cysteine on Heat-Induced Whey Protein Gelation. **J. Agric. Food Chem.** **27**: 529-532.

Schmidt, R.H., & Mendelsohn, P.H. 1977. Heat Stability of Peanut/Milk Protein Blends. **J. Food Proc. Pres.** **1**: 263-267.

Schmidt, R.H., and Morris, H. A. 1984. Gelation Properties of milk Proteins, Soy Proteins, and Blended Protein Systems. **Food Technol.** **85-96**.

Schmidt, R.H., Packard, V.S., and Morris, H.A. 1984. Effect of Processing on Whey Protein Functionality. **J. Dairy Sci.** **67**: 2723-2733.

Schmidt, G.R. & Trout, G.R. 1986. Chemistry of Meat Binding. **Proc. Int. Symp. Meat Sci.** 265-277.

Shimada, K., and Cheftel, J.C. 1988. Texture Characteristics, Protein Solubility, and Sulfhydryl Group/Disulfide Bond Contents of Heat-Induced Gels of Whey Protein Isolate. **J. Agric. Food Chem.** **36**: 1018-1025.

Shimada, K., and Cheftel, J.C. 1989. Sulfhydryl Group / Disulfide Bond Interchange Reactions During Heat-Induced Gelation of Whey Protein Isolate. **J. Agric. Food Chem.** **37**: 161-168.

Siegel, D.C., Theno, D.M., and Schmidt, G.R. 1979. Meat Massaging: The Effects of Salt, Phosphate and Massaging on the Presence of Specific Skeletal Muscle Proteins in the Exudate of a Sectioned and Formed Ham. **J. Food Sci.** **43**: 327-330.

Siegel, D.G. & Schmidt, G.R. 1979. Ionic, pH and Temperature Effects on the Binding Ability of Myosin. **J. Food Sci.** **44** (6): 1686-1691.

Smith, D.M. 1987. Functional and Biochemical Changes in Deboned Turkey Due to Frozen Storage and Lipid Oxidation. **J. Food Sci.** **52** (1): 22-27.

Smith, D.M., Alvarez, V.B., and Morgan, R.G. 1988. A Generalized Model for Predicting Heat-Induced Chicken Myofibrillar Protein Gel Strength. **J. Food Sci.** **53**: 359-362.

Trautman, J.C., 1966. Effect of Temperature and pH on the Soluble Proteins of Ham. **J. Food Sci.** **31**: 409-418.

Trout, G.R., & Schmidt, G.R. 1987. The Effects of Cooking Temperature on the Functional Properties of Beef Proteins: The Role of Ionic Strength, pH, and Pyrophosphate. **Meat Sci.** **20**: 129-147.

Wang, S.F. & Smith, D.M. 1992. Functional Properties and Microstructure of Chicken Breast Salt Soluble Proteins Gels as Influence by pH and Temperatures. **11**: 273-285.

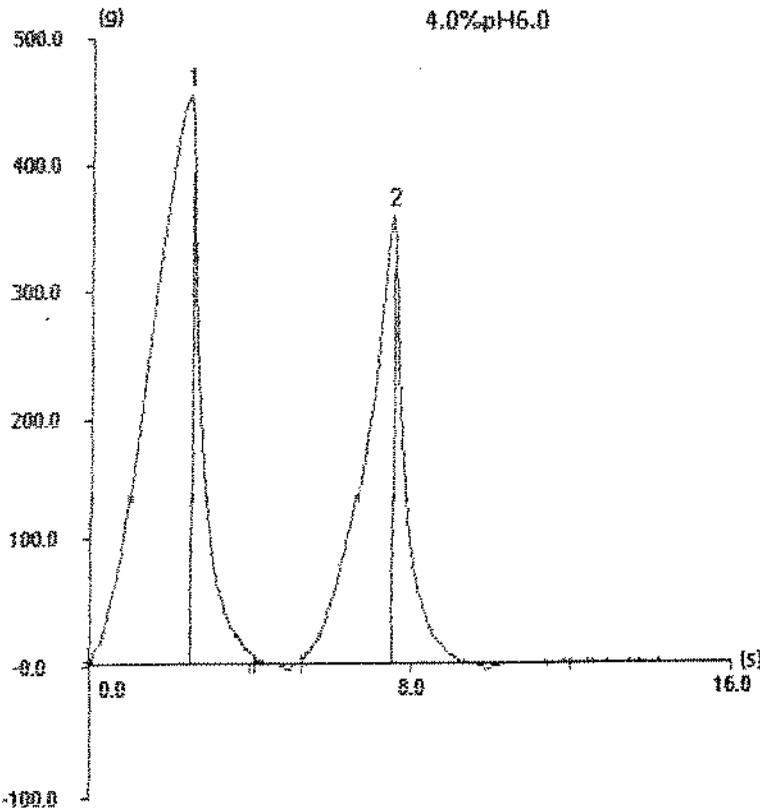
Wilding, P., Hedges, N. & Lillford, P.J. 1986. Salt-Induced Swelling of Meat: The Effects of Storage Time, pH, Ion-Type and Concentration. **Meat Sci.** **18**: 55-75.

Whiting, R.C. 1988a. Influence of Various Salts and Water soluble Compounds on the Water and Fat Exudation and Gel Strength of Meat Batters. **Food Sci.** **521** (5): 1130-1132.

Whiting, R.C. 1988b. Ingredients and Processing Factors That Control Muscle Protein Functionality. **Food Technol.** **42**: 104-114, 210.

- Xiong, Y.L. & Brekke, C.J. 1989. Changes in Protein Solubility and Gelation Properties of Chicken Myofibrils During Storage. *J. Food Sci.* **54**(5): 1141-1146.
- Yamamoto, K.; Samejima, K., and Yasui, T. 1988. Heat-Induced Gelation of Myosin Filaments. *Agric. Biol. Chem.* **52** (70): 1803-1811.
- Yasui, T., Ishioroshi, M., Nakano, H., and Samejima, K. 1979. Changes in Shear Modulus, Ultrastructure and Spin-Spin Relaxation Times of Water Associated With Heat-Induced Gelation of Myosin. *J. Food Sci.* **44**: 1201-1204, 1211.
- Yasui, T.; Ishioroshi, M.; Nakano, H. & Samejima, K. 1980. Heat Induced Gelation of Myosin in the Presence of Actin. *J. Food Biochem.* **4**(1): 61-65.
- Yasui, T., Ishioroshi, M., and Samejima, K. 1982. Effect of Actomyosin on Heat-Induced Gelation of Myosin. *Agric. Biol. Chem.* **46**: 1049-1059.
- Yates, L.D. & Greaser, M.L. 1983. Troponin Subunit Stoichiometric and Content in Rabbit Skeletal Muscle and Myofibrils. *J. Biol. Chem.* **258**(9): 5770-5774.
- Ziegler, G.R. 1994. Protein Functionality in Food Systems. Hettiarachchry – NS, Conference Proceedings, pp - 325-351.
- Ziegler, G.R. & Acton, J.C. 1984. Heat-Induced Transitions in the Protein-Protein Interaction of Bovine Natural Actomyosin. *J. Food Biochem.* **8**: 25-38.
- Ziegler, G.R. & Foegeding, E.A. 1990. The gelation of proteins. *Adv. Food Nutr. Res.* **34**: 203-299.

Depto Planejamento Alimentar Nutricao
 Stable Micro Systems - XT.RA Dimension V3.7J



Areas (g s)
 1. 680.252
 2. 407.384
 3. -0.541

Peaks (g)
 1. 454.5
 2. 358.2
 3. N/A

Strain :
 50.0 %
 Initial Stress :
 1.431E+007
 dyns/cm²
 Product Height :
 14.885 mm
 Compression :
 7.443 mm
 Resilience :
 0.246

Springiness : 0.895 Gumminess : 272.214 Fracturability : N/A N/A
 Cohesiveness : 0.599 Adhesiveness : -0.541 Hardness : 454.5 g 49.3%
 Chewiness : 243.589 Initial Modulus : 4.739E+007 dyns/cm²

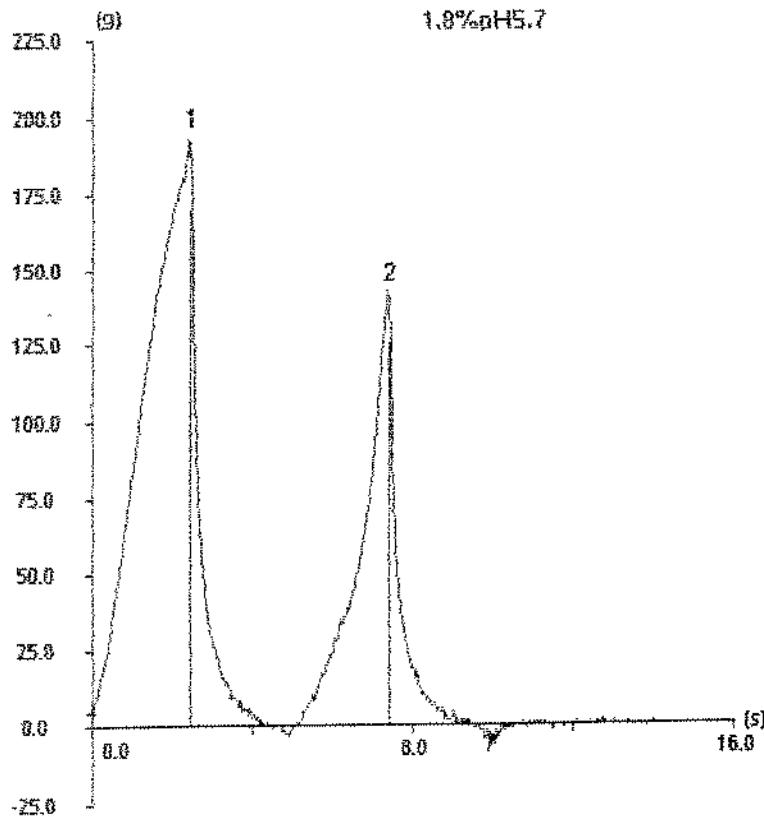
File	:	40ph60	Date created	:	14.20	s
Sample Rate	:	200.00	pps	Test Time	:	
Force Threshold	:	20.0	g	Dist. Threshold	:	0.50
Sample Area	:	1.00	mm ²	Contact Force	:	5.0
						g

Measure Force in Compression Cycle Until Count
 SPEED: 3.0 mm/s PRE TEST SPEED: 3.0 mm/s POST TEST SPEED: 3.0 mm/s
 TRIGGER TYPE: Auto @ 5 g DISTANCE: 50.0 %
 COUNT: 2

Stable Micro Systems Texture Analyser Fri Apr 26 16:06:24 1996

Proteína miofibrilar de frango

Depto Planejamento Alimentar Nutricao
 Stable Micro Systems - XT.RA Dimension V3.7J



Areas (g s)
 1. 300.082
 2. 141.162
 3. N/A

Peaks (g)
 1. 193.5
 2. 143.1
 3. N/A

Strain :
 50.0 %

Initial Stress :
 8.154E+006
 dyns/cm²

Product Height :
 14.600 mm

Compression :
 7.300 mm

Resilience :
 N/A

Springiness : 0.840 Gumminess : 91.024 Fracturability : N/A N/A
 Cohesiveness : 0.470 Adhesiveness : N/A Hardness : 193.5 g 49.4%
 Chewiness : 76.467 Initial Modulus : 2.649E+007 dyns/cm²

File : 18PH57 Date created : 14.04 s
 Sample Rate : 200.00 pps Test Time : 0.50 mm
 Force Threshold : 20.0 g Dist. Threshold : 5.0 g
 Sample Area : 1.00 mm² Contact Force : 5.0 g

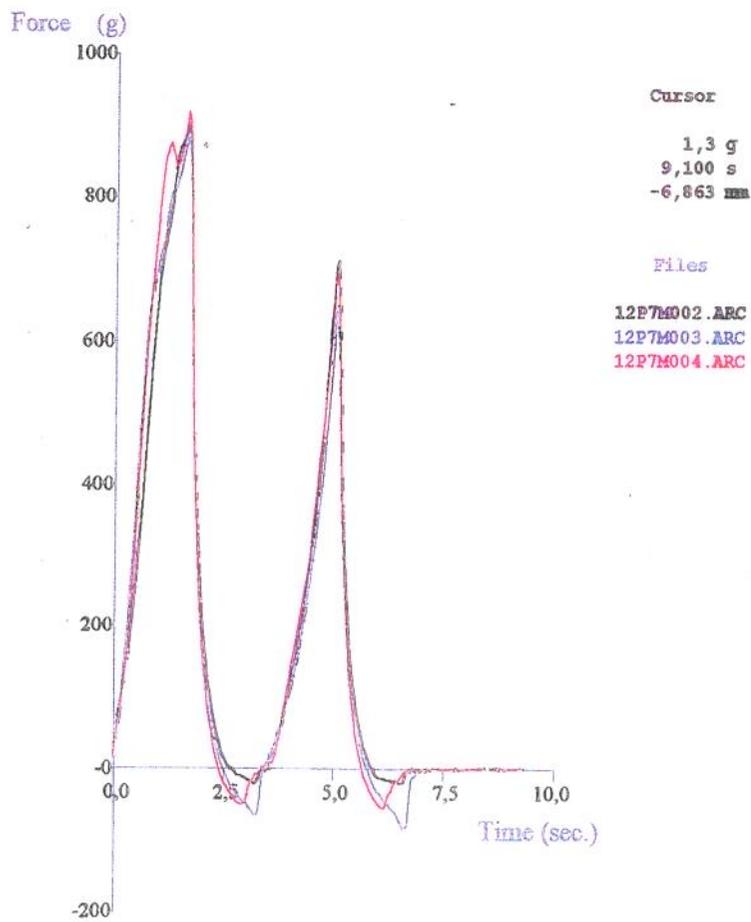
Measure Force in Compression Cycle Until Count
 SPEED: 3.0 mm/s PRE TEST SPEED: 3.0 mm/s POST TEST SPEED: 3.0 mm/s
 TRIGGER TYPE: Auto @ 5.0 g DISTANCE: 50.0 %
 COUNT: 2

Stable Micro Systems Texture Analyser Thu May 30 17:27:51 1996

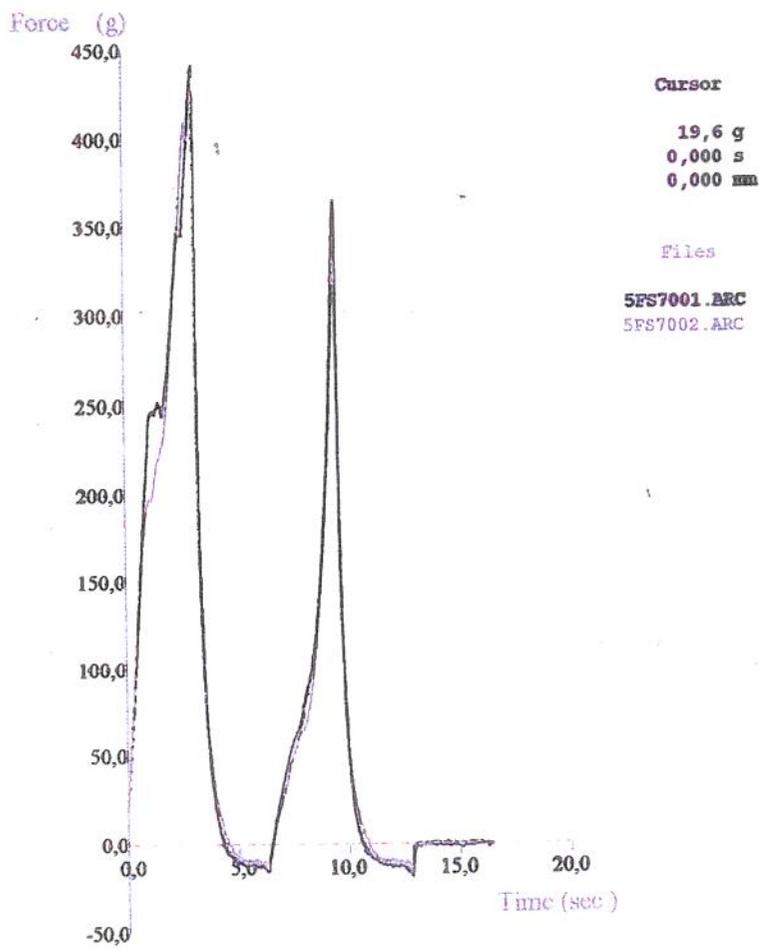
Proteína miofibrilar de frango

Stable Micro Systems - Texture Expert

Concentrado Proteico do Soro



Stable Micro Systems - Texture Expert



Proteína miofibrilar/CPS

Stable Micro Systems - Texture Expert

Salsicha de Frango c\ Concentrado Proteico de Soro

