



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS

RECUPERAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PROTEÍNA DA CARNE DE FRANGO POR
PROCESSO DE MUDANÇA DE pH

KESSIANE SILVA DE MORAES
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. CARLOS PRENTICE-HERNÁNDEZ
Orientador

Prof^a. Dr^a. MYRIAM SALAS-MELLADO
Co-orientadora

Rio Grande, RS.

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE
ALIMENTOS

RECUPERAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PROTEÍNA DA CARNE DE FRANGO POR
PROCESSO DE MUDANÇA DE pH

KESSIANE SILVA DE MORAES

Engenheira de Alimentos

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Mestre em Engenharia e
Ciência de Alimentos.

Prof. Dr. CARLOS PRENTICE-HERNÁNDEZ

Orientador

Prof^a. Dr^a. MYRIAM SALAS-MELLADO

Co-orientadora

Rio Grande, RS

2009

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernández pela orientação, apoio e incentivo fundamentais para a realização deste trabalho.

À Prof^ª. Dr^ª. Myriam Salas-Mellado pela orientação durante o estágio docência, pelos ensinamentos e principalmente pelo carinho demonstrado.

À Universidade Federal do Rio Grande, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pela oportunidade para o desenvolvimento deste trabalho.

À Comunidade Européia (Projeto Chill-On) pelo apoio financeiro.

À CAPES pela concessão de bolsa.

Aos meus pais Antonio e Maria Antonia pelo exemplo de caráter e simplicidade, pelo apoio incondicional, por estarem sempre comigo ao longo destes anos e por todo o amor dedicado. E à minha pequena Lara pela companhia, carinho e pelos ótimos momentos que me proporciona.

Ao meu namorado Luiz Arthur pela compreensão, pelas palavras de incentivo nas horas mais difíceis, pelo companheirismo e amor dedicado.

À colega Vilásia Martins pelas valiosas sugestões e pela agradável convivência e bom humor.

À minha grande e admirável amiga Elessandra Zavareze pelos anos de convivência, carinho e pelo exemplo de determinação.

Aos estagiários Juliana Flores e Luiza Simões pela colaboração nos experimentos realizados, em especial ao Ruan Rafael pela enorme contribuição e pela ótima companhia.

A toda a equipe do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, especialmente à colega Graciela e ao colega William pelo apoio e colaboração.

À Prof^ª. Dr^ª. Eliana Badiale-Furlong pelas sugestões ao longo desta pesquisa.

À Prof^ª. Dr^ª. Susana Juliano Kalil e ao Prof. Dr. Luiz Antonio de Almeida Pinto por compartilharem as dependências de seus laboratórios para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas Ana Paula, André, Anna Rafaela, Cíntia, Danielle, Elisane, Jeferson, Júnior e Sidney pelas risadas e festas animadas.

À técnica do Laboratório de Microbiologia de Alimentos, Ana Sanzo, pela disposição em ajudar.

Aos funcionários da Secretaria da Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pela colaboração e simpatia.

À Companhia Minuano de Alimentos pelo fornecimento da carne mecanicamente separada (CMS) de frango.

À empresa Duas Rodas Industrial pela doação dos ingredientes para elaboração dos embutidos.

Enfim, a todos os amigos que moram no meu coração e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	III
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 AVES.....	4
3.1.1 <i>Produção de carne de frango</i>	4
3.1.2 <i>Consumo da carne de frango</i>	5
3.1.3 <i>Subprodutos do abate de aves</i>	5
3.2 CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO.....	6
3.2.1 <i>Generalidades</i>	6
3.2.2 <i>Características da carne mecanicamente separada de frango</i>	7
3.2.3 <i>Utilização da CMS</i>	9
3.3 PROTEÍNAS.....	10
3.3.1 <i>Generalidades</i>	10
3.3.2 <i>Ponto isoelétrico</i>	12
3.3.3 <i>Processo de hidrólise química</i>	12
3.3.4 <i>Obtenção de isolados protéicos</i>	13
3.3.4.1 <i>Isolado protéico de frango</i>	18
3.4 EMBUTIDOS CÁRNEOS.....	19
3.4.1 <i>Generalidades</i>	19
3.4.2 <i>Embutidos emulsionados ou escaldados</i>	20
3.4.3 <i>Características da matéria-prima dos embutidos</i>	21
3.4.3.1 <i>Carne</i>	21
3.4.3.2 <i>Tecidos graxos</i>	22
3.4.3.2.1 <i>Embutidos com baixo teor de gordura</i>	23
3.4.3.3 <i>Aditivos</i>	24
3.4.4 <i>Tecnologia de processamento de embutidos emulsionados</i>	25
3.5 TEXTURA DOS ALIMENTOS.....	26
3.5.1 <i>Medidas reológicas</i>	27
3.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL.....	29
DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	30
4 EXTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO POR PROCESSO DE MUDANÇA DE PH	31
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
4.1 INTRODUÇÃO.....	34
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.2.1 <i>Material</i>	35

4.2.1.1	Matéria-prima	35
4.2.1.2	Infra-estrutura	35
4.2.1.3	Reagentes químicos	35
4.2.2	<i>Metodologia</i>	35
4.2.2.1	Caracterização da matéria-prima	35
4.2.2.1.1	pH	35
4.2.2.1.2	Composição proximal	36
4.2.2.1.3	Ponto isoelétrico da proteína	36
4.2.2.2	Obtenção de isolado protéico úmido de frango	36
4.2.2.3	Caracterização do isolado protéico de frango	39
4.2.2.3.1	pH	39
4.2.2.3.2	Rendimento	39
4.2.2.3.3	Composição proximal	39
4.2.2.4	Avaliação do gel da proteína	39
4.2.2.4.1	Preparo do gel	39
4.2.2.4.2	Análise de qualidade do gel	40
4.2.2.4.2.1	Teste de capacidade de dobra	40
4.2.2.4.2.2	Textura	40
4.2.2.4.2.3	Cor	41
4.2.2.5	Planejamento experimental e análise estatística	41
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.3.1	<i>Caracterização da matéria-prima</i>	43
4.3.1.1	Análise físico-química	43
4.3.1.2	Ponto isoelétrico da proteína	44
4.3.2	<i>Isolado protéico de frango</i>	45
4.3.2.1	Processo de solubilização ácida	46
4.3.2.1.1	Teor de proteína dos isolados protéicos	47
4.3.2.1.2	Teor de lipídios dos isolados protéicos	51
4.3.2.1.3	Rendimento do processo	57
4.3.2.2	Processo de solubilização alcalina	59
4.3.2.2.1	Teor de proteína dos isolados protéicos	60
4.3.2.2.2	Teor de lipídios dos isolados protéicos	62
4.3.2.2.3	Rendimento do processo	63
4.3.2.3	Comparação dos tratamentos ácido e alcalino	64
4.3.3	<i>Análise de qualidade do gel da proteína</i>	67
4.3.3.1	Teste de capacidade de dobra	67
4.3.3.2	Textura	67
4.3.3.3	Cor	69
4.4	CONCLUSÃO	71
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
	5 EFEITO DA ADIÇÃO DE ISOLADO PROTÉICO DE FRANGO E DA TEMPERATURA DE COCÇÃO NA TEXTURA DE EMBUTIDO EMULSIONADO	76
	RESUMO	77
	ABSTRACT	78
5.1	INTRODUÇÃO	79
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	80

5.2.1 <i>Material</i>	80
5.2.1.1 Matéria-prima e insumos	80
5.2.1.2 Infra-estrutura	80
5.2.1.3 Reagentes químicos	80
5.2.2 <i>Metodologia</i>	80
5.2.2.1 Caracterização da matéria-prima	80
5.2.2.1.1 pH	80
5.2.2.1.2 Composição proximal	81
5.2.2.2 Obtenção de isolado protéico úmido de frango	81
5.2.2.3 Caracterização do isolado protéico úmido de frango	81
5.2.2.3.1 pH	81
5.2.2.3.2 Composição proximal	82
5.2.2.4 Processamento de embutido emulsionado de frango	82
5.2.2.5 Caracterização do embutido emulsionado de frango	85
5.2.2.5.1 pH	85
5.2.2.5.2 Rendimento	85
5.2.2.5.3 Composição proximal	85
5.2.2.5.4 Análise microbiológica	85
5.2.2.5.5 Textura	85
5.2.2.5.6 Cor	86
5.2.2.5.7 Avaliação sensorial	86
5.2.2.6 Planejamento experimental e análise estatística	88
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
5.3.1 <i>Caracterização das matérias-primas</i>	89
5.3.2 <i>Embutido emulsionado</i>	90
5.3.2.1 Firmeza dos embutidos	91
5.3.2.2 Força de quebra dos embutidos	92
5.3.2.3 Força de gel dos embutidos	93
5.3.3 <i>Caracterização do embutido emulsionado</i>	97
5.3.3.1 Análises físico-químicas	97
5.3.3.2 Análise microbiológica	99
5.3.3.3 Cor	100
5.3.3.4 Avaliação sensorial	101
5.4 CONCLUSÃO	104
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
6 CONCLUSÕES GERAIS	108
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Composição proximal de cortes de frango e CMS (base úmida).....	8
Tabela 2:	Valores das variáveis em seus níveis codificados para solubilização ácida da proteína de frango.	41
Tabela 3:	Valores das variáveis em seus níveis codificados para solubilização alcalina da proteína de frango.	42
Tabela 4:	Composição proximal da CMS de frango.....	43
Tabela 5:	Variáveis independentes e respostas para o processo de extração ácida utilizando planejamento composto central rotacional 2 ³	47
Tabela 6:	Efeitos estimados para a resposta teor de proteínas utilizando SS residual.	48
Tabela 7:	Análise de variância para a resposta proteína a um nível de 90% de confiança. ..	49
Tabela 8:	Coeficientes de regressão para resposta proteína utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.....	49
Tabela 9:	Efeitos estimados para a resposta teor de lipídios utilizando SS residual.....	51
Tabela 10:	Análise de variância para a resposta lipídio a um nível de 90% de confiança.	52
Tabela 11:	Coeficientes de regressão para resposta lipídio utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.	53
Tabela 12:	Efeitos estimados para a resposta rendimento utilizando erro puro.	57
Tabela 13:	Análise de variância para a resposta rendimento a um nível de 90% de confiança.	59
Tabela 14:	Variáveis independentes e respostas para o processo de extração alcalina utilizando planejamento composto central rotacional 2 ³	60
Tabela 15:	Efeitos estimados para a resposta teor de proteínas utilizando erro puro.....	61
Tabela 16:	Análise de variância para a resposta proteína a um nível de 90% de confiança. ..	62
Tabela 17:	Efeitos estimados para a resposta teor de lipídios utilizando erro puro.....	63
Tabela 18:	Efeitos estimados para a resposta rendimento utilizando erro puro.	64
Tabela 19:	Características físico-químicas dos isolados protéicos obtidos por tratamento ácido e alcalino.....	65
Tabela 20:	Força de gel e força de corte dos géis da proteína isolada de frango.	67
Tabela 21:	Características de cor dos géis da proteína isolada de frango.	69
Tabela 22:	Formulação utilizada para o processamento de embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de frango.	83
Tabela 23:	Valores das variáveis em seus níveis codificados para o processamento do embutido emulsionado.....	88
Tabela 24:	Composição proximal da carne de frango e do IPF alcalino.....	89
Tabela 25:	Variáveis independentes e respostas para o processo de obtenção do embutido emulsionado de frango adicionado de IPF utilizando planejamento composto central rotacional 2 ²	91

Tabela 26: Efeitos estimados para a resposta firmeza utilizando SS residual.	92
Tabela 27: Efeitos estimados para a resposta força de quebra utilizando SS residual.	93
Tabela 28: Efeitos estimados para a resposta força de gel utilizando SS residual.	94
Tabela 29: Análise de variância para a resposta força de gel a um nível de 90% de confiança.	95
Tabela 30: Coeficientes de regressão para resposta força de gel utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.....	95
Tabela 31: Composição proximal do embutido adicionado de IPF e do embutido comercial. .	98
Tabela 32: Análise microbiológica da salsicha com IPF.	99
Tabela 33: Características de cor dos embutidos.	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Fluxograma do processo de obtenção do isolado protéico de pescado segundo Lopes (2005).....	17
Figura 2:	Fluxograma do processo de obtenção de isolado protéico úmido de frango.....	37
Figura 3:	Sistema utilizado no processo de solubilização da proteína de frango.	38
Figura 4:	Isolado protéico úmido de frango obtido por processo de solubilização ácida da proteína.....	40
Figura 5:	Ponto isoeletrico da proteína proveniente de CMS de frango.	44
Figura 6:	Superfície de resposta para proteína em função do tempo de centrifugação e da temperatura de extração.....	50
Figura 7:	Curva de contorno para a resposta proteína em função do tempo de centrifugação e da temperatura de extração.	50
Figura 8:	Superfície de resposta para teor de lipídios em função do pH e da temperatura de extração.	54
Figura 9:	Curva de contorno para a resposta teor de lipídios em função do pH e da temperatura de extração.....	54
Figura 10:	Superfície de resposta para teor de lipídios em função do pH e do tempo de centrifugação.	55
Figura 11:	Curva de contorno para a resposta teor de lipídios em função do pH e do tempo de centrifugação.	55
Figura 12:	Superfície de resposta para teor de lipídios em função da temperatura de extração protéica e do tempo de centrifugação.	56
Figura 13:	Curva de contorno para teor de lipídios em função da temperatura de extração protéica e do tempo de centrifugação.	56
Figura 14:	Fluxograma do processamento de embutido emulsionado de frango com adição de IPF.	82
Figura 15:	Embutideira manual.....	84
Figura 16:	Corte dos embutidos de frango com lâmina aberta (Warner Bratzler).....	86
Figura 17:	Ficha de avaliação sensorial utilizada para analisar os embutidos de frango.	87
Figura 18:	Superfície de resposta gerada para força de gel em função da temperatura de cocção e concentração de IPF no embutido de frango.....	96
Figura 19:	Curva de contorno para a resposta força de gel em função da temperatura de cocção e concentração de IPF no embutido de frango.....	97
Figura 20:	(a) Salsicha de frango com IPF; (b) Salsicha de frango comercial.	101
Figura 21:	Índice de aceitação sensorial dos embutidos.....	101
Figura 22:	Intenção de compra dos embutidos.	102

RESUMO

RECUPERAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PROTEÍNA DA CARNE DE FRANGO POR PROCESSO DE MUDANÇA DE pH

A região sul do Brasil tem se destacado pela grande produção de frango que, juntamente com o avanço científico e tecnológico no processamento, fazem dessa carne um produto popular e de baixo preço. Com a maior valorização dos cortes nobres de frango, principalmente do produto desossado, tem-se um aumento na quantidade de resíduos, carcaças, ossos e cortes menos nobres. A carne mecanicamente separada (CMS) de frango é produzida através de desossadores mecânicos que utilizam como matéria-prima partes de baixo valor comercial. Apesar de alguns estudos estarem sendo conduzidos para avaliar o uso de diferentes proporções de CMS em produtos cárneos, a legislação brasileira limita a adição desta matéria-prima em alimentos comerciais. A produção de um isolado protéico úmido obtido a partir de CMS de frango representa uma alternativa para aproveitar os recursos alimentares disponíveis, pois este pode fornecer uma fonte protéica de alto valor nutricional, capaz de contribuir na formação do gel, proporcionando melhor estabilidade de emulsão e capacidade ligante em produtos como embutidos emulsionados. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um processo para obtenção de isolado protéico úmido de frango (IPF) a partir de carne mecanicamente separada de frango e avaliar a adição deste isolado protéico em um embutido emulsionado. Inicialmente, foi definido o melhor processo de extração química da proteína de frango por mudança de pH, através de tratamento ácido ou alcalino seguido de precipitação isoelétrica da proteína. Os isolados protéicos úmidos foram analisados quanto ao conteúdo de proteínas, lipídios e rendimento através de metodologia de superfície de resposta. Para o tratamento ácido, pH 2,5, temperatura de 10°C e tempo de centrifugação de 25 min favoreceram a obtenção de um isolado com elevado conteúdo de proteína, baixo teor de gordura e alto rendimento. Para o tratamento alcalino, pH 11,0, temperatura de 10°C e tempo de 25 min garantiram características semelhantes no isolado. A proteína obtida pelo processo de solubilização alcalina apresentou gel mais forte e extensível quando comparado ao gel obtido pelo processo ácido. Posteriormente, foram estudados o efeito da concentração de isolado protéico úmido de frango (IPF), obtido por solubilização alcalina, e o efeito da temperatura de cocção sobre as características de textura do embutido, firmeza, força de quebra e força de gel através de metodologia de superfície de resposta. Os resultados mostraram que em temperaturas elevadas entre 82,5 e 87,8°C ocorreu um aumento na firmeza, na força de quebra e na força de gel dos embutidos e que a concentração de IPF não afetou significativamente ($p < 0,05$) as respostas firmeza e força de quebra. Entretanto, a resposta força de gel foi intensificada com concentrações elevadas de IPF na formulação. Quanto à análise sensorial, a amostra com maior aceitabilidade e maior intenção de compra foi a salsicha de frango comercial, entretanto, a salsicha com adição de IPF (sem adição de toucinho) apresentou elevado conteúdo de proteína e baixo teor de lipídios quando comparado a salsicha de frango comercial, demonstrando que a substituição total da gordura pelo isolado protéico úmido de frango na salsicha contribui para elaboração de um produto com baixo teor de gordura.

Palavras-chave: CMS, frango, embutido emulsionado, hidrólise química, isolado protéico, textura.

ABSTRACT

RECOVERY AND USE OF CHICKEN PROTEIN BY pH SHIFTING PROCESS

Southern Brazil has putted in relief for the great production of chicken that, together with the scientific and technological advance in processing, make from this meat, a popular and of low price. With the biggest valorization of the noble chicken cuts, mainly the deboned products, has an increase in wastes, carcasses, bones and less noble cuts. Mechanically deboned meat (MDM) of chicken is a raw material produced through meat-bone separator that uses as raw material, parts of low commercial value of the chicken. Although some studies being lead to evaluate the use of different ratios of MDM in meat products, the Brazilian legislation limits the addition of this raw material in commercial food. The production of a protein isolate obtained from MDM of chicken represents an alternative to use the available alimentary resources, therefore it can supply a protein source of high nutritional value, able to contribute in the formation of the gel, being provided better emulsion stability and binding capacity in products as emulsinated sausages. The objectives of this work was to develop a process to obtain a chicken protein isolate (CPI) from MDM of chicken, and to evaluate the addition of this protein isolate in an emulsinated sausage. Initially, the optimum process of chemical extraction of protein by pH shifting method was defined, both acid and alkaline treatment followed of isoelectric precipitation of protein. Protein isolates were analyzed for the protein content, lipids and yield through response surface methodology. For acid treatment, pH 2.5, temperature of 10°C and centrifugation time of 25 min allowed the isolate obtaining with high protein content, low fat and high yield. For alkaline treatment, pH 11.0, temperature of 10°C and centrifugation time of 25 min provide an isolate with similar characteristics. The protein obtained by alkaline solubilization process showed stronger and more extensible gel than those obtained by acid process. Later, the effect of chicken protein isolate addition, obtained by alkaline solubilization, and the heating temperature on sausage texture, firmness, breaking force and gel strength was studied through response surface methodology. The results showed that at high temperature, values between 82.5 and 87.8°C occur a rise on firmness, breaking force and gel strength of the sausages and the CPI concentration was not significant ($p < 0.05$) to firmness and breaking force. However, the gel strength was intensified with high CPI concentrations on the formulation. On the sensory analysis, the commercial chicken sausage showed bigger acceptability and bigger purchase intention than sausage with CPI. Although the sausage with CPI addition (without pig lard addition) showed higher protein content and lower fat than commercial chicken sausage, demonstrating that replacement of total fat content for chicken protein isolate in emulsinated sausage contributes to elaboration of a product with low fat, once showed smaller lipids content than commercial chicken sausage.

Key Words: Chemical hydrolysis, chicken, emulsinated sausage, MDM, protein isolate, texture.

1 INTRODUÇÃO

A carne de aves é consumida em todo o mundo e, nas últimas décadas, houve um crescimento na popularidade desta em muitos países. Entre as razões para este aumento no consumo pode-se citar o baixo custo de produção, o rápido índice de crescimento das aves, o alto valor nutricional da carne e a introdução de novos produtos processados (BARBUT, 2002). O aumento no consumo da carne de frango está intimamente ligado à mudanças nos hábitos alimentares dos brasileiros, acostumados a comer carne bovina, sendo uma grande conquista do setor avícola. Outro fator de grande relevância foi à queda do custo da carne de frango em relação às demais carnes (MÓRI *et al.*, 2006).

A carne mecanicamente separada (CMS) de frango surgiu no final da década de 50, nos Estados Unidos. O surgimento da CMS se deu pela preferência dos consumidores por cortes de frango e filé, ao invés do frango inteiro. A predileção por cortes de frango despertou a necessidade de encontrar meios para o aproveitamento da carne aderida aos ossos de dorso, pescoço e de cortes menos nobres. Dessa forma, a CMS de aves começou a ser utilizada na fabricação de inúmeros produtos como mortadela, salsicha, salame e sopa em pó (TRINDADE *et al.*, 2004).

O aproveitamento de CMS tem despertado interesse pelo seu potencial para constituir formulações. No entanto, apresenta fatores limitantes como o aspecto e a conservação devido ao conteúdo de pigmentos-heme presentes. A cor escura é indesejável em produtos cárneos dirigidos ao mercado de carnes brancas (PERLO *et al.*, 2005). A CMS em geral, é composta de tecido muscular, conectivo e adiposo, sendo sua composição dependente da matéria-prima. De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a CMS deve apresentar no mínimo 12% de proteína e no máximo 30% de gordura. A utilização de CMS de frango na elaboração de produtos pode contribuir para agregar valor aos mesmos, favorecendo aumento do faturamento e da rentabilidade do setor avícola (MÓRI *et al.*, 2006).

Uma alternativa para aproveitamento da CMS pode ser a produção de isolados protéicos, obtidos através de hidrólise química das proteínas da carne. A proteína pode ser recuperada por solubilização química seguida de precipitação ao atingir o ponto isoelétrico (KRISHNAMURTHY *et al.*, 1996; NOLSOE e UNDELAND, 2009). O isolamento de proteína é basicamente um processo de extração que visa obter um produto livre de interferentes (acima de 90% de proteína e menos de 1% de lipídios) e por ser um produto mais concentrado, este apresenta propriedades e

características de conservação e uso diferentes (COSTA, 2003; LOPES, 2005). Os isolados protéicos são obtidos de diversas matérias-primas, tais como soja, feijão, leite e outros. Sendo utilizados como ingredientes em produtos destinados ao consumo humano direto (SANTOS, 2006; SILVA, 2005). Devido as qualidades nutricionais e tecnológicas, os isolados protéicos possuem um amplo campo de aplicação na indústria de alimentos, tais como inclusão em produtos cárneos, substitutos do leite, suplementos protéicos, estabilizantes em bebidas, formulação de rações, entre outros (FONTANA, 2007; REGULY, 1983; SEUS e VICTÓRIA, 2006).

A inclusão de isolados protéicos em embutidos cárneos pode melhorar as propriedades sensoriais e as características tecnológicas destes produtos. Tradicionalmente, embutidos emulsionados ou escaldados são produtos cárneos elaborados com carne crua, tecidos graxos e água potável, utilizando-se normalmente músculo bovino ou suíno (PARDI *et al.*, 2001), o que torna o produto menos aceitável devido ao alto teor de gordura animal presente (HOMER *et al.*, 2000). Pode ser observado um aumento significativo no consumo e produção de embutidos cárneos, paralelamente a crescente preocupação com a ingestão de alimentos mais saudáveis, principalmente com teor reduzido de gordura (ORDÓÑEZ *et al.*, 2001). Entretanto, sabe-se que a gordura tem papel fundamental nestas formulações, visto que é responsável pela textura, aroma, sabor, além de formar emulsões (CREHAN *et al.*, 2000; ORDÓÑEZ *et al.*, 2001; PIETRASIK e DUDA, 2000). Para minimizar problemas relacionados com a redução de gordura é importante adicionar outros agentes emulsificantes, como por exemplo, proteínas, que podem contribuir na formação do gel, proporcionando melhor estabilidade da emulsão e capacidade ligante em produtos como embutidos emulsionados, além de proporcionar uma fonte protéica de alto valor nutricional.

Visando um melhor aproveitamento de CMS, se propõe obter, caracterizar e utilizar um isolado protéico a partir desta matéria-prima, utilizando o processo de mudança de pH. Este isolado protéico deverá ser uma fonte de proteínas de alto valor nutricional e com qualidade tecnológica adequada para ser incorporado posteriormente em produtos como, embutidos emulsionados elaborados a partir de carne de frango, possibilitando a redução do conteúdo de gordura deste tipo de produto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Obter produtos de alto valor agregado a partir de subprodutos da industrialização do frango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter isolado protéico proveniente da carne mecanicamente separada de frango;
- Avaliar o processo de mudança de pH para obtenção de isolados protéicos de frango;
- Caracterizar a matéria-prima e os diferentes isolados protéicos obtidos, através de análises físico-químicas e funcionais;
- Estudar o efeito da adição de isolados protéicos como substituto de gordura, na qualidade de um embutido emulsionado tradicional;
- Caracterizar os embutidos obtidos mediante análise físico-química, microbiológica e sensorial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AVES

3.1.1 Produção de carne de frango

Por ser grande produtor de grãos e pelos avanços tecnológicos alcançados tanto na área genética como industrial, o continente sul-americano tem ganho cada vez mais importância, seja na produção de frangos, no consumo ou nas exportações. O Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango, com cerca de 3,2 milhões de toneladas de aves comercializadas. O país produz anualmente mais de 10,2 milhões de toneladas de carne de frango e 458 mil toneladas de carne de peru. Os produtos brasileiros chegam a mais de 140 países e a receita das vendas externas de produtos avícolas supera US\$ 5 bilhões (UBA, 2008).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos (ABEF), o setor exportador brasileiro de carne de frango enfrentou um grande desafio em 2006. A grande retração de importantes mercados consumidores da Europa e da Ásia, onde foram registrados focos de gripe aviária, exigiu um ajuste imediato da produção avícola e iniciativas no sentido de reiterar a qualidade e a sanidade do produto brasileiro.

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em 2007 a produção mundial de carne de frango registrou um aumento de 6,2%, passando de 64 para 68 milhões de toneladas. A produção do Brasil em 2007 foi de 10,2 milhões de toneladas, resultado que manteve o país no terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais, atrás somente dos Estados Unidos e da China, que apresentaram produção de 16,2 e 11,5 milhões de toneladas, respectivamente.

Com embarques de 7,2 milhões de toneladas, as exportações mundiais registraram aumento de 11,4% em 2007. O Brasil teve participação de 45% nessas vendas no mercado internacional, mantendo sua posição de maior exportador mundial de carne de frango. Enquanto isso, os Estados Unidos, ocupando o segundo lugar no ranking, registraram aumento de 10,8% nas vendas, que totalizaram 2,6 milhões de toneladas. O Brasil lidera as exportações mundiais de carne de frango desde 2004. E entre os fatores que levaram o país a conquistar esta posição de destaque estão a qualidade e a sanidade do produto brasileiro (ABEF, 2008).

Para 2008 as projeções da ABEF apontam embarques de 3,7 milhões de toneladas, com aumento de 8,6% sobre 2007, e receita cambial de US\$ 5,4 bilhões, em um crescimento de 8,3% na mesma comparação.

3.1.2 Consumo da carne de frango

O consumo da carne de frango teve um crescimento significativo, fato que está intimamente ligado à mudanças no hábito alimentar do brasileiro, acostumado a comer carne bovina, sendo esta uma grande conquista do setor avícola. Outro fator de grande relevância foi a queda do custo da carne de frango em relação às demais carnes (MÓRI *et al.*, 2006).

Entre as razões para o aumento no consumo de carne de frango estão: o relativamente baixo custo de produção, o rápido índice de crescimento das aves, o alto valor nutricional da carne e a introdução de muitos produtos processados novos no mercado. O incremento das exportações no Brasil se deve ao aumento na produção de milho e soja, resultando assim em um baixo custo de alimentação e mão-de-obra, garantindo ao Brasil uma vantagem sobre os outros países, pois o torna um dos maiores atuantes no mercado exportador de aves (BARBUT, 2002).

A modernização tecnológica, também contribuiu para o aumento no consumo de carne de aves, disponibilizando produtos diferenciados como hambúrguer, salsicha, lingüiça, almôndegas, nuggets e outros produtos pós-processados que utilizam como matéria-prima à carne mecanicamente separada (CMS). Este tipo de produto facilita a vida dos consumidores que dispõem de pouco tempo para o preparo dos alimentos e que podem pagar mais por esses produtos (MÓRI *et al.*, 2006).

Este segmento está se desenvolvendo rapidamente com a integração de equipamentos automatizados, avanços na ciência de alimentos, microbiologia de alimentos, engenharia e marketing. A indústria tem como desafio determinar a eficiência e competitividade do mercado de aves, comparado com outras carnes e fontes protéicas não-cárneas (BARBUT, 2002).

3.1.3 Subprodutos do abate de aves

A indústria cárnea norte-americana considera que qualquer produto de um animal que não seja estritamente a carcaça limpa é um subproduto. O rendimento dos subprodutos comestíveis oscila entre 20 e 30% do peso vivo para bovinos, suínos e

ovinos e de 5 a 6% para aves. Devido a esta proporção, as indústrias de carnes precisam aproveitar os subprodutos para poder competir com outras fontes protéicas de origem vegetal. Se os subprodutos de origem animal não são utilizados, além de se perder um valioso potencial alimentício, geram-se custos adicionais na eliminação de resíduos visando evitar a poluição ambiental (OCKERMAN e HANSEN, 1994).

Existem vários subprodutos que são considerados resíduos e que na maioria dos casos são usados para a fabricação de farinha para alimentação animal. Porém, parte destes resíduos pode ser utilizada para recuperação da proteína, para elaboração de concentrados protéicos, sendo estes posteriormente incorporados na alimentação humana ou utilizado como ingrediente alternativo para produtos já existentes (ROQUE, 1996).

De acordo com Rosa (2000), alguns resíduos como pele, pés e ossos com carne residual contém propriedades bioquímicas vantajosas nutricionalmente. A sua utilização depende do produto final desejado, custo e tecnologia de fabricação.

3.2 CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO

3.2.1 Generalidades

A qualidade da carcaça e da carne de frango é cada vez mais exigida devido a uma série de mudanças nos hábitos de consumo, como a preferência por cortes e produtos desossados de carne, o crescimento do consumo de produtos de preparo rápido, bem como a maior participação da mulher no mercado de trabalho (MOREIRA *et al.*, 2003).

Assim, com a comercialização de cortes e de produtos desossados, muitos dos defeitos na carne se tornaram aparentes, ocasionando a rejeição dos mesmos. Da mesma forma, as características sensoriais de cada corte, como aparência e maciez puderam ser melhor percebidas e reconhecidas pelo consumidor (BERAQUET, 1999).

A carne mecanicamente separada (CMS) de frango é um subproduto quantitativamente importante para a indústria avícola. Este é obtido a partir da carne aderida aos ossos que ficam como remanescente do porcionamento da ave. Os volumes produzidos são cada vez maiores, como uma consequência da maior demanda de cortes no mercado, somado ao aumento per capita no consumo de carnes brancas (PERLO *et al.*, 2005).

Segundo o Ministério da Agricultura Agropecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000a), entende-se por carne mecanicamente separada (CMS), a carne

retirada a partir de ossos, carcaças ou partes de carcaças, com exceção dos ossos da cabeça, submetidos à separação mecânica em equipamentos denominados Máquinas de Separação Mecânica (MSM), e imediatamente congelada, por processos rápidos ou ultra-rápidos, quando não for utilizada no momento seguinte.

3.2.2 Características da carne mecanicamente separada de frango

Carne mecanicamente separada de frango é a carne residual produzida através de equipamentos próprios, do tipo desossadores mecânicos, utilizando como matérias-primas partes de frango, principalmente as de baixo valor comercial, como o dorso e pescoço. A separação mecânica basicamente envolve trituração da carne e ossos, forçando a carne a passar por peneiras, separando-se assim dos ossos. Este processo altera a composição da matéria-prima original, resultando em material com maiores teores de gordura e minerais. Isso se deve em grande parte à incorporação de lipídios e pigmentos-heme, existentes na medula óssea e na camada de gordura subcutânea, e cálcio e fósforo provenientes das partículas ósseas (SOUSA *et al.*, 2003).

Atualmente, o processo mais utilizado consiste em cortar a matéria-prima inicial, separar tendões e ossos da carne utilizando uma rosca sem fim no interior do equipamento para forçar a passagem em cilindros perfurados ou em placas justapostas com um espaço entre si que funcionam como uma peneira (MÓRI *et al.*, 2006; NUNES, 2003).

As matérias-primas com menor quantidade de carne aderida (pontas de asa, ossos da coxa e cartilagem do peito) não são processadas separadamente, pois, resultariam em CMS de baixa qualidade. Normalmente essas partes são processadas conjuntamente com o dorso, misturadas em proporções variáveis dependendo do nível de qualidade de CMS que se deseja. A carne mecanicamente separada de frango é uma matéria-prima de baixo custo, cuja textura é pastosa, fina e uniforme (MÓRI *et al.*, 2006; SOUSA *et al.*, 2003).

A CMS é composta de tecidos musculares, conectivos e adiposos, sendo sua composição dependente da matéria-prima. Segundo Móri *et al.* (2006), o processo de desossa mecânica causa considerável ruptura celular, resultando em uma carne de composição diferente da matéria-prima original. No que se refere à composição química da CMS, se tem observado certa variabilidade devido a diversos fatores, tais como, a idade das aves, relação carne-osso, conteúdo de pele, método de corte, processo de desossa mecânica, desnaturação da proteína e quantidade de pigmentos

heme conferindo cor escura ao produto (FRONING, 1976; MCNEILL *et al.*, 1988; MÓRI *et al.*, 2006; NUNES, 2003; PERLO *et al.*, 2005).

As altas quantidades de colágeno presentes na carne apresentam influência negativa às características tecnológicas e nutricionais. O colágeno apresenta baixo fator nutricional, por possuir um balanço incompleto de aminoácidos essenciais. Como o colágeno está fortemente ligado aos ossos, passa pela peneira das máquinas separadoras, sendo uma parte do colágeno incorporada à carne (TRINDADE *et al.*, 2004).

Quanto à qualidade microbiológica, a matéria-prima da CMS apresenta elevada carga microbiana como conseqüência da contaminação durante o processo. As pequenas partículas, a grande área de superfície, a liberação de fluídos celulares ricos em nutrientes, devido à maceração do tecido e ao calor gerado durante o processo de desossa mecânica, propiciam o desenvolvimento microbiológico (MÓRI *et al.*, 2006). Entretanto, a CMS apresenta carga microbiana semelhante à carne moída e se esses produtos forem manipulados e processados adequadamente, respeitando as boas práticas de fabricação, o crescimento microbiano pode ser controlado (MÓRI *et al.*, 2006; NUNES, 2003).

A Tabela 1 apresenta a composição proximal, encontrada por diversos autores, da carne de frango desossada manualmente e mecanicamente.

Tabela 1: Composição proximal de cortes de frango e CMS (base úmida).

Matéria-prima	Proteína	Gordura	Umidade	Cinza	Referência
Filé peito galinha	23,1	3,4	72,1	1,2	KONDAIAH e PANDA (1987)
Filé coxa galinha	19,5	8,8	69,6	1,0	KONDAIAH e PANDA (1987)
CMS galinha	15,5	19,0	63,8	1,3	HAMM e YUNG (1983)
CMS galinha	15,4	20,4	62,5	1,2	MOTT <i>et al.</i> (1982)
CMS galinha	14,2	26,2	60,1	n.a.	GRUNDEN <i>et al.</i> (1972)
CMS galinha	13,9	18,3	65,1	n.a.	FRONING (1981)
CMS dorso frango com pele	8,5	30,4	60,0	0,6	POLLONIO (1994)
CMS dorso frango sem pele	12,4	15,0	70,1	1,1	POLLONIO (1994)
CMS dorso frango e pescoço	9,3	27,2	63,4	n.a.	GRUNDEN <i>et al.</i> (1972)
CMS dorso frango e pescoço	13,4	14,4	72,2	n.a.	ESSARY (1979)
CMS frango	13,45	23,7	62,08	n.a.	SMYTH e O'NEILL (1997)

n.a.: dado não apresentado

Fonte: Trindade *et al.* (2004); Smyth e O'Neill (1997)

Segundo Nunes (2003), frango (galinhas de corte) são aves que concentram suas características na produção de pintos comerciais. São grandes, pesando de 3 a 4 Kg, com muita carne no peito e nas coxas e muita gordura subcutânea e abdominal. Galinhas (galinhas poedeiras) são aves menores, pesando até 1,5 Kg com pouca carne e são criadas sem a presença de machos, visando à produção de ovos.

Conforme apresentado na Tabela 1, o conteúdo de gordura da CMS é alto e o de proteínas é baixo em comparação aos filés. Verifica-se que a presença de pele na CMS do dorso de frango aumenta significativamente o teor de gordura. Pode-se observar, considerando os diferentes teores de umidade apresentados, que a composição das CMSs varia bastante conforme a matéria-prima utilizada. De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a CMS deve apresentar no mínimo 12% de proteína e no máximo 30% de gordura. Na literatura foram encontrados valores para CMS variando de 8,5 a 15,5% de proteína e de 14,4 a 30,4% de gordura, sendo a matéria-prima, pescoço e dorso de frango (MÓRI *et al.*, 2006).

3.2.3 Utilização da CMS

A carne mecanicamente separada de aves surgiu nos Estados Unidos, no final da década de 50, devido a preferência dos consumidores por cortes de frangos e filés. A predileção por cortes de frangos despertou a necessidade de encontrar meios para o aproveitamento da carne que resta aderida aos ossos. Dessa forma, a CMS de aves começou a ser utilizada na fabricação de produtos como mortadelas, salsichas, salames e sopas em pó (TRINDADE *et al.*, 2004).

Segundo Perlo *et al.* (2005) o aproveitamento de CMS tem demonstrado um importante potencial para a elaboração de novos produtos. Porém, apresenta problemas de aspecto e conservação que estão relacionados com o elevado conteúdo de pigmentos-heme presentes. A cor escura é indesejável em produtos cárneos dirigidos ao mercado de carnes brancas.

De acordo com Móri *et al.* (2006), carne mecanicamente separada pode ser adicionada aos derivados da carne em níveis que variam de 20 a 60% o que possibilita a redução do custo dos derivados da carne. Quando no processamento da CMS são respeitadas boas práticas fabricação, esta não apresenta riscos à saúde humana.

Apesar de alguns estudos estarem sendo conduzidos para avaliar o uso de diferentes proporções de CMS em vários tipos de produtos cárneos, a legislação brasileira permite a utilização dessa matéria-prima apenas em produtos cárneos industrializados cozidos específicos como: salsicha (60%), mortadela (60%), lingüiça (20%), almôndega (30%), fiambre (30%) e hambúrguer (30%) nos seus respectivos limites máximos (BRASIL, 2000a; BRASIL, 2000b).

3.3 PROTEÍNAS

3.3.1 Generalidades

Proteínas são componentes essenciais a todas as células vivas e estão relacionadas praticamente a todas as funções fisiológicas. Estas são utilizadas na regeneração de tecidos; funcionam como catalisadores nas reações químicas que ocorrem nos organismos vivos, envolvendo enzimas ou hormônios; são necessárias nas reações imunológicas e, juntamente com os ácidos nucleicos, são indispensáveis nos fenômenos de crescimento e reprodução. Constituem o elemento estrutural dos organismos animais. Quimicamente são polímeros de elevado peso molecular, formados por ligações peptídicas entre aminoácidos, que possuem uma variedade de propriedades físicas e químicas, determinadas pelo número e espécies dos resíduos de aminoácidos, bem como pela seqüência desses compostos na molécula. As ligações peptídicas são formadas pela união do grupo amino (-NH₂) de um aminoácido com um grupo carboxila (-COOH) de outro aminoácido (BOBBIO e BOBBIO, 1995; CHEFTEL, 1989; WILSON e WALKER, 2000).

Apesar da complexidade das moléculas de proteínas, na natureza existem apenas vinte aminoácidos encontrados freqüentemente, sendo que nem todos necessariamente fazendo parte de uma mesma cadeia protéica, pois alguns deles podem se repetir inúmeras vezes (BOBBIO e BOBBIO, 1995; CHEFTEL, 1989).

As proteínas representam os blocos essenciais de construção da estrutura do músculo. As proteínas consistem em cerca de 18-20% do peso de músculo magro, onde água e gordura representam aproximadamente 75% e 5%, respectivamente (BARBUT, 2002).

Segundo Belitz e Grosch (1988) e ainda Barbut (2002), as proteínas contidas no músculo podem ser distribuídas em três grandes grupos, de acordo com a solubilidade em água e solução salina:

- *Proteínas do aparato contráctil ou miofibrilares*: são extraídas com soluções salinas concentradas e consistem em cerca de 55% do total das proteínas. Estas podem ser representadas pela miosina, actina, tropomiosina, troponina, C-proteína, α -actina e β -actina.

- *Proteínas sarcoplasmáticas*: são solúveis, extraídas com água ou soluções salinas diluídas. Estão distribuídas no fluido celular (sarcoplasma) e constituem aproximadamente 25% das proteínas musculares. Estas são: mioglobina, hemoglobina, citocromos, enzimas glicolíticas, creatina quinase.

- *Proteínas do estroma*: são insolúveis em água e solução salina. Constituem as proteínas do tecido conectivo e de membrana: colágeno, elastina, mitocondrial, representando em torno de 10-15% das proteínas musculares.

Segundo Reed (1980), uma proteína de alta qualidade, no caso de proteína para dieta, significa excelente suporte de síntese protéica. Uma proteína dietética de alta qualidade maximiza o pool de aminoácidos para prover toda a quantidade de aminoácidos essenciais. Inerente a esta definição há duas condições: (1) uma proteína precisa conter quantidade adequada de aminoácidos essenciais, e (2) uma proteína precisa ter boa digestibilidade.

O mesmo autor ainda salienta que, como o determinante de qualidade de uma proteína é o conteúdo de aminoácidos essenciais, é importante a comparação sistemática do conteúdo de aminoácidos. A Organização Mundial da Saúde tem designado a proteína do ovo como a de mais alta qualidade, porque o conteúdo de aminoácidos essenciais do ovo se aproxima da quantidade de aminoácidos essenciais requerida pelos humanos. A proteína do ovo, então, serve como proteína de referência, um padrão de alta qualidade para que outras proteínas sejam comparadas. Em qualidade protéica, após o ovo vêm as carnes e, então, o leite. Proteínas de plantas se caracterizam por terem carência de um ou mais aminoácidos essenciais, assim, grãos e hortaliças não constituem proteínas de alta qualidade, com exceção da soja que é uma proteína completa.

Na CMS de aves, o conteúdo de aminoácidos essenciais deve estar em torno de 33% dos aminoácidos totais. As altas quantidades de colágeno presentes na carne apresentam influência negativa às características tecnológicas e nutricionais. O colágeno apresenta baixo fator nutricional, por possuir um balanço incompleto de aminoácidos essenciais (TRINDADE *et al.*, 2004). Al-Najdawi e Abdullah (2002) observaram teores de colágeno de CMS, tendo como matéria-prima carcaça de poedeiras, variando de 3,0 a 3,45%.

3.3.2 Ponto isoelétrico

O ponto isoelétrico é o pH onde as cargas positivas e negativas se equivalem, ou seja, quando as moléculas não possuem cargas positivas nem negativas em excesso. Nesse pH a proteína não migra para nenhum pólo quando colocada em campo elétrico. O pH isoelétrico depende dos pKs dos grupos ionizáveis e será mais alto quanto mais resíduos básicos houver e mais baixo quanto mais resíduos ácidos presentes. A maioria das proteínas apresenta pH isoelétrico na faixa de 4,5 a 6,5 (SGARBIERI, 1996).

Os íons H^+ e OH^- da água provocam efeitos parecidos, no entanto além de afetar a envoltura das proteínas também afetam a carga elétrica dos grupos ácidos e básicos das cadeias laterais dos aminoácidos. Esta alteração na carga superficial das proteínas elimina as interações eletrostáticas que estabilizam a estrutura terciária e provocam sua precipitação. A solubilidade de uma proteína é mínima no ponto isoelétrico, já que sua carga é zero e desaparece qualquer força de repulsão eletrostática que poderia dificultar a formação de precipitados (PARDI *et al.*, 2001).

É necessário alta solubilidade para extrair as proteínas (pH inferior a 3 e superior a 10,5) e baixa solubilidade para precipitar as proteínas (pH 5-6) (SATHIVEL, 2003).

3.3.3 Processo de hidrólise química

A hidrólise química das proteínas é realizada pela clivagem das ligações peptídicas com ácido ou base. Muitos processos têm sido propostos para hidrólise ácida ou alcalina de proteínas de origem animal (HALE, 1972). Três vantagens principais relacionadas com as tecnologias ácidas e alcalinas precisam ser realçadas. A primeira é que o músculo não precisa ser mecanicamente removido a partir de ossos e peles para ser processado. A matéria-prima picada ou homogeneizada pode ser submetida diretamente à solubilização protéica ácida ou alcalina, desde que todos os outros materiais contaminantes tenham sido removidos. Outra vantagem é que as proteínas sarcoplasmáticas também são recuperadas, aumentando a quantidade de proteína no hidrolisado. Por último, os lipídios neutros e as membranas lipídicas podem ser efetivamente removidos durante o processo de produção do hidrolisado,

diminuindo o risco de oxidação lipídica durante o armazenamento (HULTIN e KELLEHER, 1999).

Os processos de solubilização ácida e alcalina utilizam o princípio de que a solubilidade do material contendo proteína quando homogeneizado com água é afetada pelo pH da mistura. Em condições extremamente ácidas ou alcalinas, forças de repulsão atuam sobre as proteínas miofibrilares e citoesqueléticas, então ocorrem interações com água, e assim acontece a solubilização (NOLSOE e UNDELAND, 2009).

Uma característica importante dos processos por solubilização ácida ou alcalina, é que quando o músculo protéico é submetido a valores extremos de pH, as proteínas são parcialmente desdobradas. Este desdobramento parcial leva a mudanças substanciais na parte estrutural e conformacional das proteínas, as quais conduzem a diferentes propriedades quando são recuperadas (KRISTINSSON e HULTIN, 2003b).

A hidrólise ácida da proteína envolve usualmente as proteínas reativas com ácido clorídrico, ou em alguns casos com ácido sulfúrico (THOMAS e LOFFLER, 1994). Para a hidrólise alcalina utiliza-se principalmente o hidróxido de sódio, para clivar a proteína (KRISTINSSON e RASCO, 2000).

3.3.4 Obtenção de isolados protéicos

Segundo Lopes (2005) a escassez de alimentos protéicos e a existência de grande parte da população em estado de desnutrição despertou interesse dos pesquisadores em realizar estudos que objetivem a obtenção de novas fontes de proteínas que sejam economicamente viáveis.

Os isolados protéicos são obtidos de diversos alimentos, tais como soja, feijão, leite, frango, pescado e outros. Estes isolados podem ser utilizados como ingredientes em produtos para consumo humano direto. São produzidos com um amplo campo de aplicação na indústria de alimentos, incluindo substitutos do leite, suplementos protéicos, ou estabilizantes em bebidas, entre outros (KRISHNAMURTHY *et al.*, 1996; REGULY, 1983; SANTOS, 2006).

Não existe um método único ou um conjunto de métodos aplicáveis ao isolamento de todas as proteínas indistintamente; porém, para qualquer proteína é possível, geralmente, escolher-se uma seqüência de etapas de separação que irão resultar em um grau elevado de purificação e um alto rendimento. O objetivo geral é aumentar a pureza ou a afinidade biológica da proteína desejada por unidade de peso,

pela eliminação das proteínas inativas ou indesejáveis, enquanto, ao mesmo tempo, eleva-se o rendimento ao máximo (LEHNINGER, 1976).

Fundamental para que uma extração de proteína seja possível e bastante completa é que a proteína seja dispersável, isto é, solúvel como colóide, o que muitas vezes é chamado, também, de peptização. O dispersante pode ser água, uma solução de sal neutro fraco, uma solução ácida ou alcalina, ou um solvente orgânico. Depois da dispersão, precipita-se a proteína, a fim de separá-la de seu meio. Agente dispersante ou peptizante ideal é aquele que pode dispersar todas as proteínas sem mudar a sua estrutura natural, isto é, sem desnaturá-las (REGULY, 1983).

A proteína pode ser recuperada da CMS por solubilização química seguida de precipitação ao atingir o ponto isoelétrico. A solubilização química inclui principalmente os tratamentos ácido e alcalino. Esse tipo de tratamento age primeiramente sobre as proteínas, enquanto carboidratos e lipídios são pouco afetados (COSTA, 2003; FRONING, 1976).

A obtenção de princípios ativos presentes nos resíduos da industrialização de alimentos é uma alternativa, pois a redução destes resíduos minimizaria problemas de poluição ambiental e também apresentaria uma forma de agregar valor aos resíduos através da extração destes princípios ativos presentes. Meyers (1986) citado por Costa (2003) afirma que resíduos de origem animal podem ser utilizados para alimentação humana, principalmente em países onde parte da população é subnutrida. A recuperação e modificação dos resíduos das indústrias de alimentos assumem grande importância uma vez que permitem não só diminuir o custo de insumos principais e minimizar os problemas de poluição ambiental como também criar novas fontes alternativas de alimentos de alto valor nutricional com características sensoriais adequadas e a um preço acessível. A transformação de um material descartável em um subproduto e finalmente num produto, requer um longo processo, baseado em tecnologia, conhecimento, necessidade, fatores econômicos e legislação (COSTA, 2003).

Os usos dos concentrados de proteínas são diversos. A proteína de qualidade elevada é um ingrediente para formulações da dieta de alimentos para bebês. Os concentrados de proteína são usados também para fornecer o contrapeso nutritivo a uma variedade de formulações de rações para animais de estimação e também para aqüicultura (COSTA, 2003).

Nos últimos anos, o uso de proteínas na formulação de novos produtos alimentícios ou em alimentos convencionais tem sido foco de muitas pesquisas. Na

elaboração de proteínas para utilização como ingredientes de alimentos suas propriedades físico-químicas, funcionais e nutricionais precisam ser avaliadas. São muitas as pesquisas para o desenvolvimento de isolados e concentrados protéicos de diversas fontes.

Dewitt *et al.* (2002), desenvolveram um processo de extração de proteínas miofibrilares de coração bovino por solubilização ácida (pH menor que 5, sendo o pH ideal 2,5), a frio, seguida de precipitação isoelétrica (pH 5,5), obtendo uma recuperação do extrato protéico de 60,8%. Segundo os autores, o método de extração ácida de proteínas tem vantagem por não utilizar aquecimento, o que poderia levar a desnaturação protéica com conseqüente perda de atividades funcionais do produto final, como capacidade de formação de gel. Os autores citam o trabalho de Hultin e Kelleher (1997), que investigaram a solubilização ácida não térmica de proteínas do músculo de pescado e observaram que a força do gel não foi negativamente impactada por este processo, além do estudo de Kristinsson (2002) que concluiu que a força do gel é até mesmo realçada quando a proteína é obtida por processo ácido de solubilização.

Shahidi e Synowiecki (1996) estudaram o processo de extração alcalina para recuperar proteínas de carne mecanicamente separada e de resíduos cárneos em ossos de foca a fim de obter completo aproveitamento dos componentes da carcaça de foca. A extração foi realizada com solubilização alcalina até pH de 10,5 durante uma hora e subseqüente precipitação em pH de 4,5 a 5,5, ponto isoelétrico. A recuperação protéica da carne mecanicamente separada de foca foi de 56,92 a 63,88% e dos resíduos aderidos aos ossos foi de 12,02 a 13,07%, dependendo da temperatura empregada na extração.

Costa (2003), desenvolveu isolado protéico da matriz dos exoesqueletos de camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) empregando processo de extração alcalina, utilizando NaOH como agente de solubilização. Foi obtido um produto final com 89,02% de proteínas, 82,5% de digestibilidade *in vitro*, e rendimento de 69%.

Isolados protéicos de ervilhas foram preparados por Chavan *et al.* (2001) utilizando extração com NaOH. Foram obtidos isolados protéicos com 86,6% de proteínas e um teor protéico de 85,1% foi conseguido quando utilizado SHMP (hexametáfosfato de sódio) como agente químico de solubilização das proteínas da leguminosa.

Yongsawatdigul e Park (2004) realizaram experimentos de solubilização ácida e alcalina das proteínas de músculos de pescado, empregando HCl e NaOH

como agentes acidificante e alcalinizante, respectivamente. Os maiores percentuais de solubilidade (aproximadamente 60%) foram obtidos nos pHs 2 a 3 e nos pHs 11 a 12 e valores mínimos de solubilidade no pH 5. Resultados similares, também com pescado, foram obtidos por Choi e Park (2002), que encontraram valores de máxima solubilidade nos pHs 2 e 11 e mínima solubilidade no pH 5. Lin e Parck (1998) registraram que miosina de salmão exibiu mínima solubilidade nos pHs de 4 a 5 e máxima solubilidade nos pHs 3 e 10.

As proteínas tornam-se positivamente ou negativamente carregadas em pHs menores ou maiores que o ponto isoelétrico, respectivamente. Estas, por sua vez, aumentam a repulsão eletrostática entre moléculas de proteínas e a hidratação dos resíduos carregados. Como resultado, ocorre aumento na solubilidade protéica (YONGSAWATDIGUL e PARK, 2004).

Os estudos indicam que proteína muscular de pescado pode ser solubilizada tanto por acidificação como alcalinização. Também foi reportado por Yongsawatdigul e Park (2004) que os processos ácido e alcalino são capazes de extrair tanto proteínas sarcoplasmáticas como miofibrilares.

Kristinsson (2003) utilizou um processo semelhante para obtenção de isolado protéico de pescado através de um processo alcalino, utilizando aumento de pH entre 10,5 e 11,5 para extração protéica e após redução de pH até 4,5 para precipitação isoelétrica das proteínas. O mesmo autor realizou um estudo para obtenção de isolado protéico de pescado utilizando um processo ácido, no qual a matéria-prima foi submetida primeiro a redução de pH até 2 e após aumento de pH até 4,5 no ponto isoelétrico das proteínas.

Lopes (2005) propôs dois processos de extração para obter isolado protéico de cabrinha (*Prionotus punctatus*): ácido e alcalino. A Figura 1 mostra o fluxograma de extração química utilizado para obtenção do isolado protéico de cabrinha (*Prionotus punctatus*).

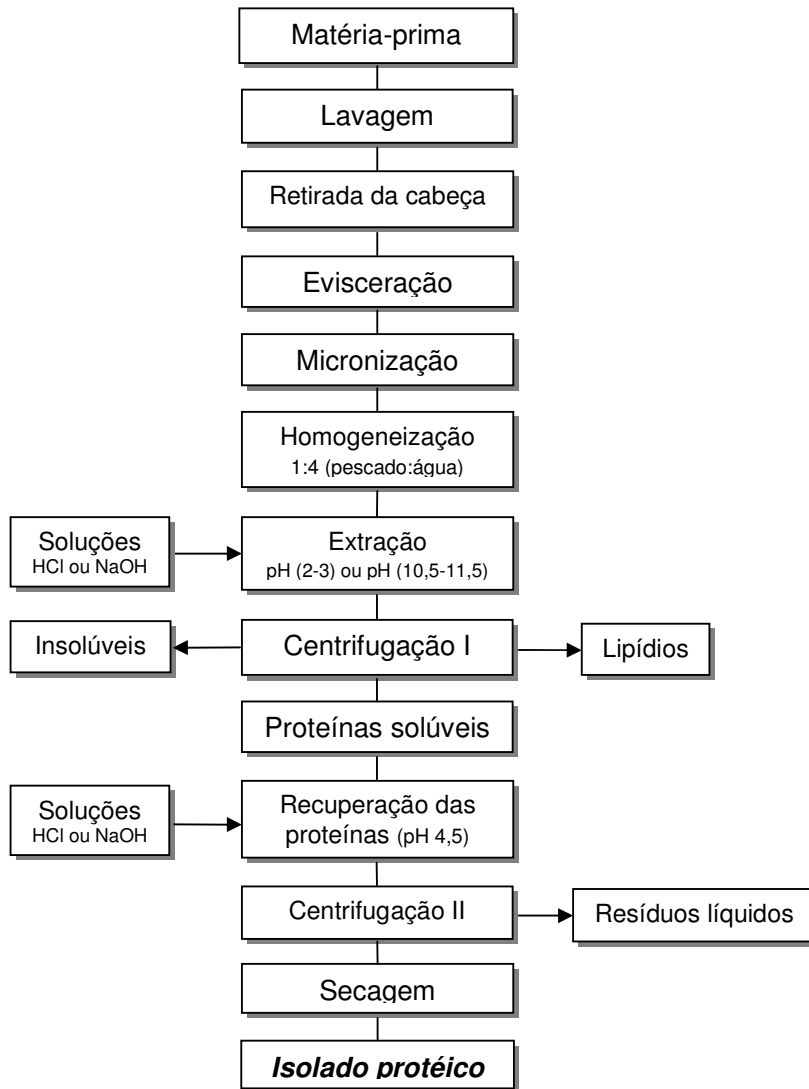


Figura 1: Fluxograma do processo de obtenção do isolado protéico de pescado segundo Lopes (2005).

No processo ácido desenvolvido por Lopes (2005), este obteve um isolado protéico com 89,25% de proteína, 2,02% de gordura e digestibilidade *in vitro* de 98,96% e rendimento de processo de 76%, utilizando HCl como agente acidificante. No processo alcalino, a autora empregou NaOH como agente alcalinizante e obteve um isolado protéico com 92,85% de proteína, 1,01% de gordura, 99,53% digestibilidade *in vitro* e 82% de rendimento.

3.3.4.1 Isolado protéico de frango

Um processo de extração alcalina foi empregado por Jelen *et al.* (1982) para recuperar proteínas de resíduos cárneos de ossos de carcaças de frangos. A proteína recuperada foi empregada em mortadelas que não tiveram alteração na sua qualidade.

De acordo com um estudo realizado por Li (2006), proteínas miofibrilares extraídas de carne de galinhas poedeiras podem ser usadas para melhorar a qualidade de produtos cárneos processados como peito de frango e presunto de carne suína. Segundo Wu *et al.* (1996) citado pelo mesmo autor, o uso direto de carne de galinhas poedeiras pode causar problemas devido ao alto teor de colágeno que aumenta com a idade do animal. No entanto, a extração da proteína miofibrilar melhora o rendimento e as propriedades funcionais da proteína. Em seu trabalho, Li (2006) avaliou as perdas durante o cozimento e a textura de amostras de peito de frango e presunto de carne suína. Em seus resultados, observou que o extrato de proteína miofibrilar contribuiu de forma mais significativa nas características de dureza, gomosidade, mastigabilidade no presunto de carne suína do que no peito de frango.

Xiong *et al.* (2000) apresentaram um estudo mostrando as mudanças estruturais nos componentes miofibrilares de frango quando extraídos em diferentes condições, tais como: presença de vários tipos de fosfatos e diferentes concentrações de sal (NaCl). Os autores citam dois estudos realizados por Trout e Schmidt (1983) e Patterson *et al.* (1988) que mencionam a habilidade apresentada por fosfatos para aumentar a capacidade de retenção de água em tecidos musculares e modificar as propriedades de textura de produtos cárneos cominutados. Além disso, Froning e Sackett (1985) e Xiong e Kupski (1999) afirmam que quando usado em conjunto com sal (NaCl), os fosfatos podem melhorar notavelmente o rendimento durante cozimento e palatabilidade de produtos cárneos derivados de aves. Conforme Dziezak (1990) também citado por Xiong *et al.* (2000) a hidratação promovida pela ação de fosfatos, faz deste um excelente ingrediente para redução do teor de gordura, facilitando a incorporação de água em produtos cárneos. Dentre os fosfatos, os mais utilizados na indústria de produtos cárneos são ácidos ou alcalinos do tipo di- e tripolifosfatos.

Em um estudo realizado por Kristinsson e Hultin (2003a), mostrou-se a relação entre pH, força iônica e balanço de água em gel de músculo de peito de frango. Com os resultados, os autores verificaram que um gel forte com boa capacidade de retenção de água (CRA) pode ser formado sob condições de baixa

força iônica, onde as proteínas miofibrilares são basicamente insolúveis. Também demonstraram que a gelificação e a CRA foram consideravelmente melhores em pH 7,0 do que em pH 6,4 à baixa força iônica. Isto sugere que a repulsão eletrostática das proteínas do músculo é a principal força por trás da formação do gel e CRA. Sendo assim, a conclusão dos autores é de que um gel pode ser feito com ou sem adição de sal, fornecendo um modelo para estudar a importância das interações eletrostáticas das proteínas.

Outro estudo avaliando a redução da força iônica e baixo valor de pH na gelificação de proteínas de peito de frango foi desenvolvido por Ke e Hultin (2005). Os autores analisaram a importância da força de repulsão eletrostática da proteína em pH ácido e baixo valor de força iônica. Os resultados encontrados foram coerentes com a teoria, onde a capacidade de retenção de água do gel é um reflexo da repulsão eletrostática entre as moléculas de proteína. Visto que a rede de carga positiva nas moléculas de proteína em pH baixo produz força de repulsão eletrostática, que foi a principal força para absorção de água em gel com baixa concentração de sal.

3.4 EMBUTIDOS CÁRNEOS

3.4.1 Generalidades

Os produtos cárneos processados ou preparados são aqueles em que as propriedades originais da carne fresca foram modificadas através de tratamento físico, químico ou biológico, ou através da combinação destes métodos. O processo envolve em geral cortes ou cominutações mais ou menos intensos, adição de condimentos, especiarias e aditivos diversos. Estes processos visam o prolongamento da vida comercial dos produtos, atuando de modo a anular ou atenuar a ação de enzimas e de microrganismos. Procuram sempre não só manter ao máximo possível as qualidades nutritivas e sensoriais, mas também preservar sua integridade (PARDI *et al.*, 1994).

O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) apenas define embutidos e alguns produtos isoladamente, sem classificá-los. Na realidade, a classificação é influenciada por hábitos regionais e devido à extrema variedade de produtos e constantes inovações torna-se difícil o enquadramento correto de todos eles (PARDI *et al.*, 2001).

Na ausência de uma padronização oficial, Pardi *et al.* (2001) classificam os produtos de salsicharia em:

- *Embutidos de massa cozida a seco*: cozimento lento em estufas (mortadela e salsicha).

- *Embutidos de massa escaldada*: cozimento rápido por imersão em água quente (morcela, pasta ou patê).

- *Embutidos de massa crua ou semi-crua*: produtos dessecados ou maturados (salame tipo italiano e milano); produtos brandos com menor grau de dessecação (salaminho Santa Catarina), e os produtos frescais caracterizados pelo consumo imediato e de guarda sob refrigeração (lingüiça).

Segundo a FAO (1985), os produtos de salsicharia são classificados em:

- *Embutidos frescais*: feitos a partir de carnes frescas as quais, via de regra, não são curadas, nem fermentadas nem cozidas. Embutidos frescais devem ser conservados sob refrigeração até o consumo devendo ser cozidos antes do consumo.

- *Embutidos fermentados*: feitos a partir de carnes curadas ou não curadas e freqüentemente carnes defumadas, mas não processadas, sendo divididos em secos e semi-secos.

- *Embutidos defumados*: são produtos, normalmente, curados e não fermentados. A vida útil é aumentada pelo aquecimento devido a redução parcial do conteúdo de umidade. Normalmente são cozidos antes do consumo.

- *Embutidos cozidos*: produtos prontos para consumo, basicamente feitos a partir de matérias-primas cozidas ou curadas, sendo embutido com ou sem defumação.

- *Embutidos emulsionados*: produtos prontos para consumo, elaborados a partir de produtos cárneos cominutados e homogeneizados, tecido graxo, água e saborizantes, usualmente defumados. Na Europa, esses embutidos são conhecidos como escaldados (pasteurizados) por não sofrerem cozimento completo.

3.4.2 Embutidos emulsionados ou escaldados

Embutidos emulsionados ou escaldados são produtos cárneos elaborados com carne crua, tecidos graxos e água potável. O problema de sua fabricação consiste na perfeita homogeneização de seus componentes de maneira que, após o aquecimento não se produza a separação dos ingredientes de modo a imprimir ao produto adequada consistência ao corte. Devido a este fato, a fixação de água, a estabilização das gorduras e a estrutura formada são processos decisivos na fabricação de embutidos emulsionados (FISCHER, 1994).

Uma emulsão é definida como um sistema coloidal que contém duas fases líquidas imiscíveis dispersas uma na outra na forma de pequenas gotas de 0,1µm a 50µm de diâmetro. A fase constituída pelas pequenas gotas chama-se fase interna ou dispersa e a matriz na qual estão dissolvidas chama-se fase externa ou contínua (FENEMMA, 1993).

Ainda que a definição clássica de uma emulsão preveja que os dois líquidos imiscíveis se dispersam no estado coloidal, a estrutura e as propriedades físicas das pastas empregadas na elaboração de salsichas são tão assemelhadas às das emulsões verdadeiras que se passou a denominá-las “emulsões cárneas” (PARDI *et al.*, 2001).

O que torna uma emulsão estável é a presença de um agente emulsificante, o qual diminui a tensão superficial existente entre as duas fases e permite a formação de uma emulsão com um nível mais baixo de energia. A principal característica de um emulsificante é a de possuir na mesma molécula partes hidrofílicas e hidrofóbicas, o que permite a formação de uma camada entre as duas fases, separando-as e impedindo que os glóbulos da fase interna coalesçam, o que resulta em quebra da emulsão. As proteínas são excelentes emulsificantes para sistemas lipídicos em água mais comumente encontrados nos alimentos (SGARBIERI, 1987).

Os fatores que influenciam na estabilidade e formação da emulsão dependerão da quantidade de gordura adicionada, sendo esta dependente da temperatura, tamanho da partícula de gordura, pH, quantidade e tipo de proteína solúvel e da viscosidade da emulsão (PARDI *et al.*, 2001).

3.4.3 Características da matéria-prima dos embutidos

3.4.3.1 Carne

Tradicionalmente, na fabricação de embutidos emulsionados utiliza-se músculo bovino ou suíno recém sacrificado, refrigerado ou congelado (PARDI *et al.*, 2001). Ao lado das carnes bovinas e suínas, destaca-se também o uso da carne mecanicamente separada de frango (CMS) que possui composição química variável dada a origem de seus constituintes (TERRA, 2000).

Na escolha da matéria-prima, é importante considerar as características como maturação da carne, pH, cor e capacidade de retenção de água, tendo em vista que um embutido emulsionado de alto valor qualitativo deve apresentar boa

consistência e cor estável. A suculência prevê uma boa capacidade de retenção de água (CRA) da carne utilizada (PARDI *et al.*, 2001).

A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade da carne reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas como corte, aquecimento, trituração e prensagem (LAN *et al.*, 1995). Os mesmos autores compararam a capacidade de retenção de água de músculos provenientes de frango (coxa e peito), peru (coxa e peito), bovino, suíno e pescado (filé). Os resultados demonstraram que as miofibrilas provenientes do peito e da coxa de frango apresentaram maior CRA quando comparado com os demais músculos estudados, podendo ser considerada uma boa matéria-prima para a fabricação de embutidos emulsionados.

3.4.3.2 Tecidos graxos

A gordura é um dos ingredientes mais importantes em um produto alimentício sendo na maioria das vezes um componente decisivo na percepção sensorial. A gordura contribui nas propriedades de textura, tais como a viscosidade, suculência, coesividade e leveza. Além disso, a gordura tem a habilidade única de modificar a percepção do sabor dos alimentos visto que a emulsão formada depende em grande parte deste componente (PARDI *et al.*, 2001).

As propriedades desejáveis de um embutido emulsionado são determinadas principalmente pela capacidade de retenção de água e também pelos lipídios retidos na matriz protéica. Desta forma, a gordura é considerada um componente essencial nesses produtos, proporcionando maciez, suculência e as características da emulsão formada (FISCHER, 1994).

Os tecidos graxos utilizados como matéria-prima em embutidos emulsionados devem ser substanciosos e espessos. Estas características são conseguidas através do uso de um tecido que apresente baixo ponto de fusão (FISCHER, 1994).

A gordura é vital para as propriedades reológicas e estruturais dos produtos cárneos e para formação de emulsões estáveis. Aspectos tecnológicos associados ao processamento dos produtos cárneos com conteúdos reduzidos de gordura incluem alterações de textura e sabor. Tentativas utilizadas para minimizar problemas causados pela substituição da gordura incluem manipulação física da carne e incorporação de ingredientes não cárneos na formulação, tais como, água,

carboidratos, proteínas, óleos vegetais e fibras (CREHAN *et al.*, 2000). Os mesmos autores estudaram o efeito de diferentes níveis de gordura e maltodextrina na estabilidade de emulsão, perdas no cozimento, cor, textura e características sensoriais de lingüiças. A redução do conteúdo de gordura de 30% para 5% aumentou as perdas durante a cocção e diminuiu a estabilidade da emulsão. Além disso, houve uma diminuição da aceitabilidade do produto. Os resultados indicaram que a maltodextrina pode ser usada na formulação desde que não permita mudanças nas características da lingüiça devido à redução de gordura.

3.4.3.2.1 Embutidos com baixo teor de gordura

Caldironi e Ockerman (1982) utilizaram proteínas extraídas de ossos bovinos por processo alcalino em salsichas, empregando 15% dessa proteína obtiveram um produto bastante aceitável.

Ordóñez *et al.* (2001) avaliaram a relação entre a composição e a textura de lingüiça convencional e lingüiça com baixo teor de gordura. Foram elaboradas lingüiças com teor reduzido de gordura (10% e 15%), utilizando carragena, pectina e carboximetilcelulose como substituto de gordura. Os resultados mostraram que as lingüiças apresentaram textura similar à lingüiça padrão, podendo então ser elaboradas com a adição de misturas de proteínas e hidrocolóides.

Andrés *et al.* (2006a) verificaram o efeito da redução do teor de gordura pelo aumento do conteúdo de água e adição de concentrado protéico de soro de leite e hidrocolóides nas características de textura e cor de salsichas de frango. Os resultados deste estudo mostraram que os produtos com menor conteúdo de gordura mostraram boa qualidade nos atributos avaliados.

Lurueña-Martínez *et al.* (2004) mostraram o efeito da substituição de gordura de porco por óleo de oliva na qualidade de lingüiças com baixo teor de gordura. Os resultados indicaram que a substituição de gordura de porco por óleo de oliva não afetou os parâmetros de qualidade, tais como: estabilidade de emulsão, rendimento, perdas no cozimento e textura. Além disso, as características sensoriais não foram afetadas quando realizada a substituição da gordura e adição de goma xantana. No entanto, o óleo de oliva diminuiu a dureza e aumentou a adesividade das lingüiças, sem interferir na aceitabilidade do produto.

Segundo Pietrasik e Duda (2000), a redução total do conteúdo de gordura pode tornar o produto inaceitável para o consumo. No entanto, a substituição de

gorduras pode contribuir para preservação das propriedades tecnológicas e sensoriais fornecendo produtos de boa qualidade e alto valor nutricional.

3.4.3.3 Aditivos

Segundo a Portaria n° 540 (BRASIL, 1997), aditivo alimentício é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente do alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutritivas.

Além de promover o sabor e melhorar a capacidade de conservação, o sal tem grande importância tecnológica no processamento de embutidos emulsionados (PARDI *et al.*, 2001). O sal aumenta a força iônica do meio, permitindo que as proteínas cárneas, especialmente as miofibrilares, absorvam água e solubilizem. As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis em soluções em meios com força de 0,15, enquanto as proteínas miofibrilares exigem força iônica mínima de 0,3 para a solubilização. Entretanto, a quantidade de sal adicionada é limitada a 3% principalmente por razões sensoriais (FISCHER, 1994).

A adição de fosfatos às carnes cruas ou cozidas aumenta a capacidade de retenção de água das mesmas, sendo utilizado na fabricação de embutidos como salsichas, mortadelas e presuntos por diminuir as perdas de exsudado (FENEMMA, 1993) mantendo a maciez e suculência destes produtos. Além disso, os fosfatos minimizam a oxidação dos lipídios insaturados, ao mesmo tempo em que inibem o crescimento de muitos microrganismos, aumentando a conservação dos produtos (NETO e NAKAMURA, 2003).

Os agentes espessantes, estabilizantes e geleificantes são os principais ingredientes funcionais que controlam significativamente as propriedades de textura dos alimentos. Os hidrocolóides e as proteínas são os dois biopolímeros mais importantes para criar ou modificar a textura de muitos produtos alimentícios processados. Os hidrocolóides comumente utilizados nos alimentos são os amidos, gelatina, goma guar, pectina, algina, carragenato, xantano, goma arábica e derivados de celulose (SMEWING, 2001).

Além destes aditivos citados, é comum o uso de proteínas de origem vegetal e animal que possam contribuir para a formação do gel e na estabilização da matriz protéica na fabricação de embutidos emulsionados, proporcionando melhor qualidade de fatiamento, melhor estabilidade de emulsão e melhor capacidade ligante tanto de lipídios como de água (PARDI *et al.*, 2001).

3.4.4 Tecnologia de processamento de embutidos emulsionados

Os embutidos emulsionados são elaborados utilizando *cutter* ou outros equipamentos como amassadores automáticos que permitem o fino picado e a mistura de todos os seus componentes (FISCHER, 1994). A maior parte dos embutidos emulsionados constam de uma pasta básica finamente triturada adicionada de saborizantes e submetidas a ação do calor (TERRA, 2000).

Quando a carne é proveniente de blocos congelados, a primeira etapa é descongelar os blocos entre -3 °C e 0 °C (TERRA, 2000) a fim de evitar o aquecimento excessivo (FISCHER, 1994). Em seguida, realiza-se a cominuição no *cutter* com sal para solubilizar completamente as proteínas miofibrilares de modo a prepará-las para o completo encapsulamento das gotículas de gordura. Sabe-se que 100 mg de proteínas miofibrilares emulsificam 260 mL de gordura (TERRA, 2000).

O tecido graxo e os demais ingredientes, como aditivos, condimentos, especiarias, ligadores e gelo são misturados durante a operação de cominuição no *cutter*. Os aditivos mais empregados são os polifosfatos que têm função estabilizante. As especiarias mais utilizadas são noz-moscada, alho, cebola, páprica e pimenta-branca. Como condimento, tem sido preconizado o uso de glutamato monossódico (recomendável a 0,3%). Os ligadores mais utilizados são a soja texturizada hidratada, a proteína isolada de soja e os amiláceos, e por vezes, o plasma e o leite desnatado em pó (TERRA, 2000).

Concluída a emulsificação, a massa é levada ao embutimento em tripas artificiais (TERRA, 2000) com a maior rapidez possível para evitar a proliferação de microrganismos sendo em seguida levada ao cozimento em estufa ou em tanque de cozimento (FISCHER, 1994).

Geralmente, os procedimentos de cozimento são moderados de modo a evitar mudanças nas características sensoriais dos embutidos. Estes tipos de procedimentos, denominados de pasteurização, consistem em aplicar temperaturas inferiores a 100 °C. Os embutidos emulsionados cozidos geralmente são aquecidos a 75 °C (70-80 °C) até que a massa apresente uma estrutura homogênea. A aplicação

de temperaturas de cozimento mais altas pode provocar uma separação indesejada dos componentes da massa (separam-se água e gordura) (FISCHER, 1994).

O aquecimento em água é o método tradicional de cozimento. Consiste na introdução dos embutidos crus na água previamente aquecida à temperatura recomendada, mantendo um controle deste parâmetro para evitar a diminuição da temperatura durante a cocção. A rápida formação de uma capa de coagulação abaixo do envoltório impede a perda excessiva de peso ao impedir a saída dos componentes da massa (FISCHER, 1994). Segundo Terra (2000), é recomendado cozinhar a 60 °C por 30 min sendo elevada a temperatura de modo que o interior atinja 73 °C.

A moderação do tratamento térmico a que são submetidas obriga a denominar os produtos emulsionados cozidos como frescos sendo necessária a conservação sob refrigeração, entre 2-4 °C (FISCHER, 1994).

3.5 TEXTURA DOS ALIMENTOS

A textura de um alimento é um dos atributos primordiais na aceitação perante o consumidor. Cada alimento ou produto alimentício tem características bem definidas, que geralmente são percebidas em primeira instância como características de textura. A viscosidade de uma manteiga, a dureza de alguns legumes, a suculência das frutas, todos esses exemplos são impressões sensoriais relacionadas com as características de textura de um alimento (SMEWING, 2001).

Assim, no desenvolvimento de produtos alimentícios é de suma importância estudar as características reológicas, pois as mesmas demonstram instrumentalmente as características de textura que serão percebidas pelos consumidores. O estudo do comportamento reológico dos alimentos contribui para o conhecimento de sua estrutura, por exemplo, se há relação entre o tamanho e a forma molecular das substâncias em solução e sua viscosidade. Além disso, as medições reológicas são de grande utilidade para o controle dos processos (SMEWING, 2001).

Todos os alimentos, além de oferecerem odor, cor e sabor característico, exibem determinado comportamento mecânico quando tentamos deformá-los (SMEWING, 2001). A textura consiste num grupo de propriedades derivadas da estrutura do alimento e pode ser descrita por propriedades físicas (mecânicas e reológicas) (COPPES *et al.*, 2002).

A quantificação das propriedades de textura como dureza, fraturabilidade e coesividade é de difícil medida, tanto instrumental quanto sensorial. Consequentemente, não há um equipamento ou sistema de medida ideal. Alguns

equipamentos utilizados incluem: Instron Universal Testing Machines, Texture Analyser TA.XT2, Rheograph Gel (COPPES *et al.*, 2002; SMEWING, 2001).

3.5.1 Medidas reológicas

Existem três parâmetros para medir a textura: força, distância e tempo. A força é a medida do estresse e é propriedade textural comumente medida nos instrumentos. A medida de força inclui penetração, compressão-extrusão, corte, quebra, tensão, torque e dobra. A distância pode ser relacionada com o esforço realizado causado pela aplicação de um estresse. Pode ser medida linearmente (L), com dimensão de área (L²), ou volume (L³). O tempo, medido em segundos, é correlacionado com a variação da deformação do alimento no momento em que uma força é aplicada sobre ele (COPPES *et al.*, 2002; SMEWING, 2001).

Segundo Smewing, (2001) as medidas reológicas dividem-se entre as que determinam pequenas deformações e as que determinam grandes deformações. Os dois métodos dão informações complementares e não necessariamente se correlacionam.

Os ensaios de deformação pequena geralmente são utilizados para determinação de parâmetros viscoelásticos e frequentemente se utilizam equipamentos de análise mecânica dinâmica especializada. Para estudar o comportamento reológico de géis, se utilizam os parâmetros de módulo de cisalhamento ou de Yong determinados na região linear, ou seja, a região de deformação. Estes módulos são independentes da geometria tanto do sistema de medição como da amostra, por conseguinte, os parâmetros não são válidos para a comparação de sistemas já geleificados (SMEWING, 2001).

Para o mesmo autor, experimentos de deformação grande se utilizam dispositivos como, instrumentos de ensaio de compressão ou tensão (analisadores de textura). Estes medem esforços, deformação e as propriedades de quebra dos sistemas geleificados que tem relevância nas propriedades finais (quebra) do material. A observação da microestrutura e das propriedades de fratura de um sistema geleificado revela distinções claras que não se podem determinar mediante análises reológicas de deformação pequena. As propriedades de deformação grande são importantes para o comportamento dos materiais alimentícios durante a produção, posterior manipulação e consumo, representando importantes características da percepção e aceitação por parte do consumidor.

Os métodos de ensaio reológico para avaliação das características do gel baseados na deformação grande de um material agrupam-se em três tipos: fundamentais, empíricos e imitativos (SMEWING, 2001).

- *Métodos fundamentais*

Quando se consome um alimento tipo gel, a percepção da textura é em parte uma avaliação das propriedades de deformação e fratura da matriz gel, que é viscoelástica. A fratura reflete defeitos no material causando concentrações de esforço e deformações locais.

As propriedades reológicas fundamentais determinadas em deformações grandes se denominam esforços e deformação de fratura, quebra ou ruptura e, às vezes, também trabalho de fratura. Estes experimentos usualmente se determinam mediante experimentos a velocidade constante, tais como compressão uniaxial, tensão uniaxial e flexão de três pontos em equipamentos como Instron, Stevens, Lloyd ou Stable Micro System TA.XT2 Texture Analyser.

O esforço reflete a firmeza (dureza) do gel e a deformação é uma indicação das propriedades coesivas. No desenvolvimento de produtos, a qualidade está relacionada com as propriedades mecânicas do gel, bem como as características de forma, manipulação e corte do alimento. A maioria destas propriedades relaciona-se com o comportamento de fratura (ou deformação grande) a várias velocidades de deformação.

Ainda que ensaios de compressão sejam mais comuns, os ensaios de tensão dão uma descrição mais clara dos esforços da amostra. As propriedades de tensão dos alimentos são potencialmente úteis, pois imitam a mastigação do alimento na boca. Outras vantagens do ensaio de tensão são que a energia é utilizada somente para a tensão e não para a fricção; o início da fratura se pode determinar com mais precisão e é possível estudar a sensibilidade do material à mastigação.

- *Métodos empíricos*

Os métodos empíricos também se utilizam para determinar a força de ruptura, ou seja, a força necessária para romper o gel. As medidas da força de ruptura se realizam por compressão ou penetração (punção) em um gel normalizado com uma sonda *standard* que desce a velocidade constante até que o gel se rompa.

O ensaio com penetrômetro ou do tipo punção é um dos mais comuns nas indústrias alimentícias, tendo a vantagem de ser rápido, portátil e de fácil utilização. Ainda que as características de quebra do gel se possam medir por compressão,

tensão ou torção, a mais apropriada é a compressão uniaxial, visto que muitos sistemas alimentícios estão sujeitos a compressão.

- *Métodos imitativos*

Vários trabalhos têm sido realizados sobre o desenvolvimento de ensaios mecânicos para imitar a avaliação sensorial de textura dos alimentos. A técnica instrumental conhecida como Análise de Perfil de Textura (TPA – *Texture Profile Analysis*) foi desenvolvida para correlacionar a avaliação sensorial e as medidas objetivas da textura de um alimento. Os parâmetros estudados na análise de TPA são: dureza, coesividade, adesividade e elasticidade.

Dureza: força necessária para realizar uma dada deformação;

Coesividade: força das ligações internas;

Adesividade: trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície do alimento e outras superfícies com as quais o alimento entre em contato;

Elasticidade: velocidade com a qual o material deformado volta ao seu estado inicial após remoção da força que o deformou.

3.6 AVALIAÇÃO SENSORIAL

O principal propósito dos métodos afetivos é avaliar a resposta pessoal, preferência ou aceitação de um consumidor em potencial, ter uma idéia da aceitação ou avaliar uma característica em especial de um determinado produto. Divide-se em métodos de ordenação, comparação pareada, escalas de atitude e escala hedônica (BERGARA-ALMEIDA e SILVA, 2002).

O método de escala hedônica avalia, através de reações dos consumidores, o grau de gostar ou desgostar de um determinado produto. As reações dos avaliadores são indicadas através de uma escala com frases descritivas e o método tem um número igual de categorias positivas e negativas, com um ponto indiferente (TEIXEIRA *et al.* 1987).

Nos testes com escala hedônica, as amostras podem ser apresentadas simultaneamente em ordem ou ao acaso, ou pelo método do estímulo único, onde as amostras são servidas individualmente, em sucessão (MORAES, 1985).

A escala hedônica é flexível e apresenta uma faixa de aplicação muito ampla, desde que se avalie a situação com algum critério de preferência humana. Pode ser usada para determinar os efeitos de variáveis como processamento, formulações, matérias-primas, embalagens, condições de estocagem e tempo de conservação dos alimentos (MORAES, 1985).

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O presente estudo será apresentado em duas partes para melhor compreensão. No primeiro trabalho foram estudadas as condições do processo de obtenção de isolado protéico úmido de frango, analisando-se diferentes tratamentos e variáveis que influenciam cada processo. No segundo trabalho, foram avaliadas as características tecnológicas de um embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de frango em substituição da gordura deste produto.

Parte 1: Extração de proteína de carne mecanicamente separada de frango por processo de mudança de pH.

Parte 2: Efeito da adição de isolado protéico de frango e da temperatura de cocção na textura de embutido emulsionado.

4 EXTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO POR PROCESSO DE MUDANÇA DE pH

RESUMO

EXTRAÇÃO DE PROTEÍNA DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA DE FRANGO POR PROCESSO DE MUDANÇA DE pH

O aumento no consumo de carnes brancas e a maior valorização dos cortes nobres de frango, principalmente do produto desossado, ocasionaram um crescimento significativo na produção de carne mecanicamente separada (CMS). A produção de um isolado protéico obtido a partir de CMS de frango representa uma forma para agregar valor a um subproduto da agroindústria. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um processo para isolar a proteína presente em carne mecanicamente separada de frango, e avaliar as características dos isolados obtidos pelo processo de mudança de pH, utilizando solubilização ácida e alcalina e posterior precipitação da proteína. Para extração das proteínas, a matéria-prima foi homogeneizada com água destilada e a solubilização foi realizada ajustando-se o pH da suspensão, para o tratamento ácido foi empregado HCl 1N e para o alcalino NaOH 1N. Nesta etapa, foram controlados o pH, a temperatura e o tempo de centrifugação. Após a separação das proteínas solúveis, estas foram precipitadas no ponto isoelétrico com adição de ácido ou base, dependendo do processo. As proteínas precipitadas foram separadas por centrifugação a 7500xg por 25 min. Os isolados protéicos foram analisados quanto ao conteúdo de proteínas, lipídios e rendimento através de metodologia de superfície de resposta. Para o tratamento ácido, pH 2,5, temperatura de 10°C e tempo de centrifugação de 25 min favoreceram a obtenção de um isolado com elevado conteúdo de proteína, baixo teor de gordura e alto rendimento. Para o tratamento alcalino, pH 11,0, temperatura de 10°C e tempo de 25 min garantiram características semelhantes ao isolado. A proteína obtida pelo processo de solubilização alcalina apresentou gel mais forte e extensível quando comparado ao gel obtido pelo processo ácido. Além disso, o gel da proteína obtida por tratamento alcalino apresentou menor tendência a cor branca e maior tendência a cor vermelha, devido a quantidade de pigmentos heme presentes. O processo de solubilização alcalina permitiu a obtenção de isolado protéico com alto conteúdo de proteína, reduzido teor de lipídios e com boas propriedades de formação de gel, podendo ser incorporada em produtos alimentícios para consumo humano, favorecendo o aumento no valor nutricional.

Palavras-chave: CMS, frango, hidrólise química, isolado protéico.

ABSTRACT

PROTEIN EXTRACTION OF MECHANICALLY DEBONED CHICKEN MEAT BY pH SHIFTING PROCESS

The consumption increase of white meats and the biggest valorization of the noble chicken cuts, mainly the deboned products, have caused a significant growth in the production of mechanically deboned meat (MDM). The production of a protein isolate obtained from MDM of chicken represents a way to add value to a by-product of agribusiness. The objective of this work was to develop a process to isolate protein from MDM of chicken, and to evaluate the characteristics of the protein isolates obtained by pH shifting process, using acid and alkaline solubilization followed by isoelectric protein precipitation. For protein extraction, the raw material was homogenized with distilled water and the solubilization was accomplished adjusting the pH of the suspension, for acid treatment, it was used HCl 1N and for alkaline treatment, NaOH 1N. In this stage, pH, temperature and centrifugation time were controlled. After soluble proteins separation, these were precipitated at isoelectric point with acid or base addition, depending on the process. Precipitated proteins were separate by centrifugation at 7500xg for 25 min. Protein isolates were analyzed by the protein content, lipids and yield through response surface methodology. For acid treatment, pH 2.5, temperature of 10°C and centrifugation time of 25 min allowed to obtain an isolate with high protein content, low fat and high yield. For alkaline treatment, pH 11.0, temperature of 10°C and centrifugation time of 25 min provide an isolate with similar characteristics. The protein obtained by alkaline solubilization process presented stronger and more extensible gel than gel obtained by acid process. Besides, gel of the protein obtained by alkaline treatment presented smaller tendency to white color and bigger tendency to red color than gel obtained by acid process, because the amount of heme pigments present. The alkaline solubilization process allowed to obtain an isolate with high protein content, reduced lipid content and better gelling properties than gel obtained by acid process, could be incorporate in food products for human consumption, allowing a nutritional value increase.

Key-words: Chemical hydrolysis, chicken, evaluation, MDM, protein isolate.

4.1 INTRODUÇÃO

A carne mecanicamente separada (CMS) de frango é um subproduto quantitativamente importante para a indústria avícola que se obtém a partir da carne aderida aos ossos que ficam como remanescente do porcionamento da ave. Os volumes produzidos são cada vez maiores, como uma consequência do aumento da demanda de cortes no mercado, somado ao maior consumo de carnes brancas (PERLO *et al.*, 2005). A utilização de CMS de frango pode contribuir para agregar valor aos produtos que têm esta como matéria-prima, favorecendo o faturamento do setor avícola (MÓRI *et al.*, 2006).

O aproveitamento de CMS tem despertado interesse pelo seu potencial para constituir formulações. No entanto, apresenta fatores limitantes como o aspecto e a conservação devido ao conteúdo de pigmentos-heme presentes (PERLO *et al.*, 2005). De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, a CMS deve apresentar no mínimo 12% de proteína e no máximo 30% de gordura. Apesar de alguns estudos estarem sendo conduzidos para avaliar o uso de diferentes proporções de CMS em produtos cárneos, a legislação brasileira limita a adição desta matéria-prima em alimentos comerciais (BRASIL, 2000a BRASIL, 2000b). A produção de um isolado protéico obtido a partir de CMS de frango representa uma alternativa para agregar valor aos recursos alimentares disponíveis.

O isolado protéico é um produto obtido através da hidrólise química da proteína, que pode ser utilizado como um suplemento nutricional na alimentação animal e humana. Os isolados protéicos obtidos a partir de produtos de baixo valor comercial podem ser utilizados como ingredientes funcionais em uma ampla e crescente faixa de aplicação em diferentes alimentos.

As proteínas mais utilizadas para a produção de isolados protéicos são as derivadas do leite, soja e carne (NEVES *et al.*, 2004). As proteínas de origem animal apresentam a vantagem de possuírem um elevado valor biológico, decorrente de uma alta sensibilidade à hidrólise e de uma composição balanceada em aminoácidos, particularmente daqueles que costumam ser os limitantes em proteínas de origem vegetal (BÁRZANA e GARIBAY-GARCÍA, 1994).

O objetivo deste trabalho foi isolar a proteína presente em carne mecanicamente separada de frango, e avaliar as características dos isolados obtidos a partir dos métodos ácido e alcalino de solubilização da proteína.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

4.2.1.1 Matéria-prima

Carne mecanicamente separada (CMS) de frango processada pela Companhia Minuano de Alimentos localizada em Arroio do Meio, RS, Brasil. A CMS foi armazenada em freezer à temperatura de -18 °C, até a obtenção do isolado protéico.

4.2.1.2 Infra-estrutura

A matéria-prima congelada foi enviada periodicamente da indústria avícola para a cidade do Rio Grande acondicionada em caminhões frigoríficos.

O desenvolvimento experimental foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, localizado no Campus Cidade da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Também foram utilizados como apoio, outros laboratórios, dentre eles o Laboratório de Microbiologia de Alimentos, o Laboratório de Análise Sensorial e Controle de Qualidade, o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e o Núcleo de Pesquisas em Engenharia.

4.2.1.3 Reagentes químicos

Os reagentes químicos utilizados no processamento e nas análises químicas foram de qualidade P. A.

4.2.2 Metodologia

4.2.2.1 Caracterização da matéria-prima

4.2.2.1.1 pH

A determinação do pH da matéria-prima foi realizada conforme metodologia da AOAC (1995), onde 50 g de carne mecanicamente separada foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada. O pH foi determinado utilizando-se potenciômetro de bancada (ANALION, modelo PM 608).

4.2.2.1.2 Composição proximal

O conteúdo de umidade foi determinado de acordo com o método gravimétrico (n° 950.46) em estufa a 105°C; o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (n° 928.08), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25; o conteúdo de lipídios foi obtido pelo método de Soxhlet (n° 960.39) e cinzas, por método gravimétrico (n° 920.153) em mufla a 500-600°C, conforme a AOAC (1995).

4.2.2.1.3 Ponto isoelétrico da proteína

Para determinar o ponto isoelétrico das proteínas da carne de frango, foram adicionadas dez partes de água destilada para cada parte de CMS e, após homogeneização, a mistura teve seu pH ajustado. Foram realizadas misturas com valores de pH de 2,0 até 9,0, com intervalos de 0,5, utilizando HCl 1N e NaOH 1N como reguladores. Cada mistura foi agitada por 20 min a fim de promover a solubilização das proteínas da CMS no meio aquoso. A seguir, as amostras foram centrifugadas a 7500xg por 25 min. O sobrenadante foi filtrado e o teor de proteínas solúveis foi determinado pelo método de Bradford (1976), através de leitura da absorbância em espectrofotômetro (BIOSPECTRO, modelo SP-22) a 595 nm, sendo a concentração estimada através de uma curva padrão de albumina sérica bovina.

4.2.2.2 Obtenção de isolado protéico úmido de frango

A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo de obtenção do isolado protéico úmido de frango utilizando o processo de mudança de pH.

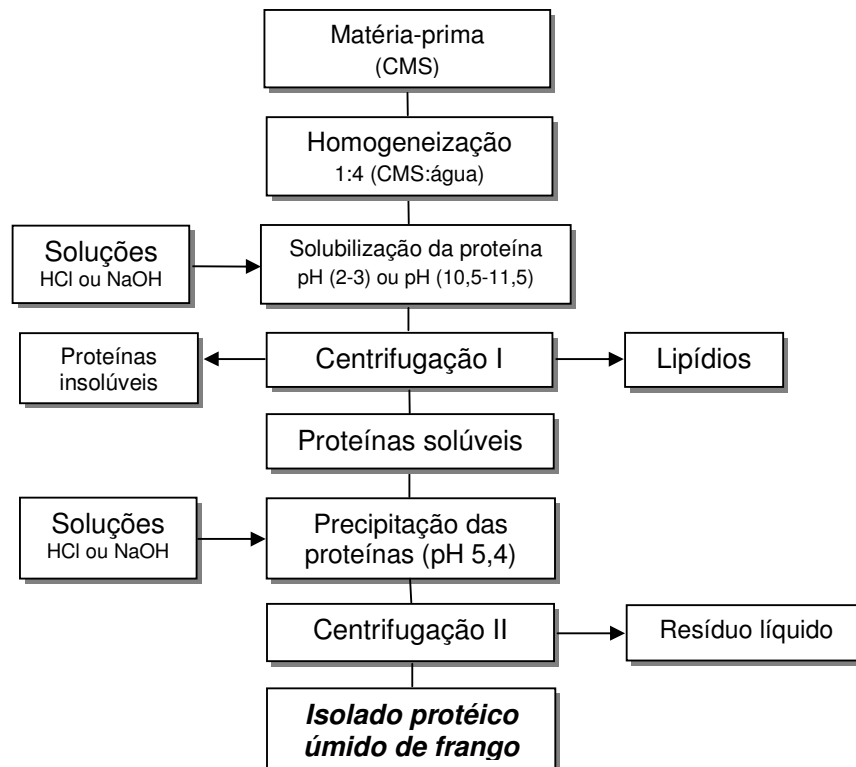


Figura 2: Fluxograma do processo de obtenção de isolado protéico úmido de frango.

- *Homogeneização*

A CMS de frango foi homogeneizada com água destilada na proporção de 1:4 a 4 °C durante 60 s em agitador eixo-hélice (QUIMIS, modelo Q-215 D2K).

- *Solubilização da proteína*

Foram realizados dois processos de solubilização: tratamento ácido e alcalino. Para o tratamento ácido foi empregado, como agente acidificante, o ácido clorídrico (HCl 1N) de forma a obter pH 2,0 e 3,0 e temperaturas de 5 e 15 °C. No tratamento alcalino, o hidróxido de sódio (NaOH 1N) foi empregado como agente alcalinizante e foram testados: pH 10,5 e 11,5 e temperaturas de 5 e 15 °C, conforme planejamento experimental descrito no item 4.2.2.5. A solubilização protéica ocorreu durante 20 min. Na Figura 3, observa-se o sistema utilizado no processo de extração de proteínas da carne mecanicamente separada de frango, composto por um agitador eixo-hélice (QUIMIS, modelo Q-215 D2K), pHmetro (ANALION, modelo PM 608), termômetro e bquer de vidro em banho de gelo.

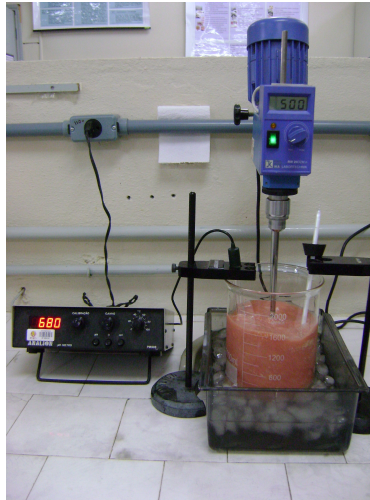


Figura 3: Sistema utilizado no processo de solubilização da proteína de frango.

- *Centrifugação I*

A centrifugação foi realizada a 7500xg e em diferentes tempos (20 e 30 min), incluindo um ponto central. Nesta etapa foram separadas três fases: inferior, contendo as proteínas insolúveis; fase intermediária, contendo as proteínas solúveis e a fase superior, contendo os lipídios.

- *Recuperação das proteínas*

A fase intermediária obtida na centrifugação I, correspondente às proteínas solúveis, foi submetida à precipitação isoelétrica da proteína, por um período de 10 min. As outras duas fases, correspondentes as proteínas insolúveis e aos lipídios, foram descartadas.

- *Centrifugação II*

A centrifugação foi realizada a 7500xg por um período 25 min para separar a fração solúvel (resíduos líquidos) da fração insolúvel ou protéica, facilitando a coleta das proteínas precipitadas.

- *Armazenamento*

O armazenamento do isolado protéico úmido foi realizado a 4 °C por não mais que 24 h antes das análises.

4.2.2.3 Caracterização do isolado protéico de frango

4.2.2.3.1 pH

A determinação do pH foi realizada conforme metodologia da AOAC (1995), onde 50 g de isolado protéico foram homogeneizados em 50 mL de água destilada. O pH foi medido utilizando-se potenciômetro de bancada (ANALION, modelo PM 608).

4.2.2.3.2 Rendimento

O rendimento foi calculado através da relação entre a massa de isolado protéico úmido obtido e a massa de matéria-prima, conforme Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \left(\frac{\text{Massa de IPF}}{\text{Massa de CMS}} \right) \times 100 \quad (1)$$

4.2.2.3.3 Composição proximal

O conteúdo de umidade foi determinado de acordo com o método gravimétrico (n° 950.46) em estufa a 105°C e o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (n° 928.08), conforme a AOAC (1995), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25. A determinação de lipídios totais foi realizada segundo metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959).

4.2.2.4 Avaliação do gel da proteína

4.2.2.4.1 Preparo do gel

Para o preparo do gel da proteína, seguiu-se metodologia de Liang e Hultin (2003), com exceção do ajuste do pH em 7,1 - 7,2. O isolado protéico úmido (Figura 4), mantido a 4°C, foi misturado manualmente com 1,5% de NaCl até completa homogeneização. A mistura foi colocada em fôrmas de alumínio com 60 mm de comprimento e 35 mm de diâmetro e aquecidos em banho-maria (QUIMIS, modelo Q-214 M2) a 80°C por 30 min. Após o tratamento, os géis foram resfriados em banho de

gelo por 15 min, removidos das fôrmas e armazenados em sacos de polietileno sob refrigeração a 4 °C por 48 h antes das análises.



Figura 4: Isolado protéico úmido de frango obtido por processo de solubilização ácida da proteína.

4.2.2.4.2 Análise de qualidade do gel

4.2.2.4.2.1 Teste de capacidade de dobra

O gel obtido conforme descrito no item 4.2.2.4.1 foi cortado em fatias com 3 mm de espessura e dobrado a mão a temperatura ambiente. A qualidade dos géis foi determinada de acordo com a sua habilidade para dobrar uma ou duas vezes usando um sistema de cinco pontos. Géis que suportam uma dobra dupla sem quebrar recebem pontuação 5, são os géis mais elásticos; géis que suportam uma única dobra sem quebrar recebem nota 4; géis que se rompem gradualmente em uma única dobra recebem nota 3; géis que quebram imediatamente com uma única dobra recebem nota 2; géis que quebram sob a pressão dos dedos recebem pontuação 1 (KUDO *et al.*, 1973).

4.2.2.4.2.2 Textura

Foram realizados testes de penetração e corte, sendo medidas a força de quebra, distância de ruptura e força de corte utilizando analisador de textura (marca Stable Micro Systems, modelo TA.XT plus). Os resultados de força de gel foram obtidos pela multiplicação dos dados de força de quebra e distância de ruptura. Para ambos os testes foram utilizadas amostras de 60 mm de comprimento e 35 mm de diâmetro, mantidas a 5 °C (CORTEZ-VEGA, 2008; KUHN *et al.*, 2003). O teste de penetração foi realizado utilizando-se sonda esférica de 5 mm de diâmetro, velocidade pré-teste de 1 mm/s, velocidade do teste de 0,83 mm/s, velocidade pós-teste de 10

mm/s e distância de 11 mm, comprimindo-se as amostras axialmente. Para o teste de corte utilizou-se sonda tipo lâmina retangular, as amostras foram cortadas no sentido radial até 50% da sua altura, com velocidade de pré-teste de 1 mm/s, velocidade do teste de 0,83 mm/s e velocidade pós-teste de 10 mm/s.

4.2.2.4.2.3 Cor

Foram utilizadas amostras de 60 mm de comprimento e 35 mm de diâmetro. A cor dos géis foi determinada usando colorímetro Minolta modelo CR-300, usando sistema CIE $L^*a^*b^*$, onde os valores de luminosidade (L^*) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

4.2.2.5 Planejamento experimental e análise estatística

Foi realizado um planejamento composto central rotacional 2^3 com três repetições no ponto central e seis pontos axiais, totalizando dezessete ensaios (BARROS NETO *et al.*, 1996) para cada processo de solubilização, tanto ácido como alcalino.

As variáveis independentes foram: pH de extração, temperatura de extração e tempo na centrifugação I, sendo analisados, como respostas, o rendimento, o teor de proteínas e o teor de lipídios do isolado protéico.

As variáveis independentes e seus respectivos níveis codificados para o processo de solubilização ácida estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores das variáveis em seus níveis codificados para solubilização ácida da proteína de frango.

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
pH	1,66	2,0	2,5	3,0	3,34
Temperatura (°C)	1,6	5	10	15	18,4
Tempo (min)	16,6	20	25	30	33,4

As variáveis independentes e seus respectivos níveis codificados para o processo de solubilização alcalina estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores das variáveis em seus níveis codificados para solubilização alcalina da proteína de frango.

Variáveis	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
pH	10,16	10,5	11,0	11,5	11,84
Temperatura (°C)	1,6	5	10	15	18,4
Tempo (min)	16,6	20	25	30	33,4

Para a análise do efeito combinado das variáveis independentes foi empregado a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) para desenvolver modelos matemáticos de primeira ou segunda ordem, contendo termos lineares, quadráticos e de interação das variáveis independentes. Primeiramente, foi avaliado o planejamento de forma linear e quando necessário foram adicionados os ensaios axiais. Um modelo para ser aceitável deve ter boa significância ($p \leq 0,05$), alta confiabilidade (resíduo irrelevante) e baixa variabilidade ($R^2 \geq 70\%$ e $C.V. \leq 10\%$).

A influência do pH, da temperatura de extração e do tempo de centrifugação I sob as variáveis dependentes foi avaliada estatisticamente submetendo os resultados obtidos de proteína, lipídios e rendimento à análise de efeitos e verificação dos modelos empíricos. Considerando o modelo estatístico preditivo quando o valor de F calculado for, no mínimo, três vezes maior que o F tabelado.

Os resultados de cor e os dados de textura dos géis da proteína foram avaliados estatisticamente mediante teste t de Student ao nível de 5% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Caracterização da matéria-prima

4.3.1.1 Análise físico-química

A carne mecanicamente separada (CMS) é composta de tecido muscular, conectivo e adiposo, sendo sua composição dependente da matéria-prima. A Tabela 4 apresenta a composição proximal da CMS usada na produção dos isolados protéicos de frango.

Tabela 4: Composição proximal da CMS de frango.

Componentes (%)*	CMS (b.u)	CMS (b.s)
Umidade	62,9 ± 0,41	-
Proteína	14,2 ± 0,12	38,2 ± 0,32
Gordura	21,0 ± 0,40	56,7 ± 1,08
Cinzas	0,9 ± 0,04	2,4 ± 0,10

*Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Onde b.u = base úmida; b.s = base seca.

Conforme apresentado na Tabela 4, pode-se observar que a composição da CMS de frango utilizada no processo de obtenção dos isolados protéicos, apresentou, em base úmida, resultados dentro dos parâmetros exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2000a), que determina que a CMS deve apresentar um mínimo de 12% de proteína e no máximo 30% de gordura. Além disso, os valores obtidos neste estudo concordam com resultados de Smyth e O'Neill (1997), que encontraram 62,5% de umidade, 20,4% de gordura, 15,4% de proteína e 1,2% de cinzas para a CMS de frango. Em geral, são encontrados na literatura valores para CMS variando de 8,5 a 15,5% de proteína e de 14,4 a 30,4% de gordura, sendo a matéria prima, pescoço e dorso de frango (MÓRI *et al.*, 2006). Esta variabilidade é explicada por fatores como a idade das aves, conteúdo de pele, método de cortes, processo de desossa mecânica, desnaturação da proteína e quantidade de pigmentos heme (NUNES, 2003).

O conhecimento do teor de gordura da matéria-prima é de suma importância, tendo em vista que se pretende recuperar proteínas e diminuir o máximo possível o conteúdo de lipídios, salientando que se parte de uma matéria-prima com mais gordura do que proteína.

Além disso, altas quantidades de colágeno presente na carne apresentam influência negativa nas características tecnológicas e nutricionais, pois o colágeno apresenta baixo fator nutricional pelo balanço incompleto de aminoácidos essenciais (TRINDADE *et al.*, 2004). O processo de extração da proteína por solubilização ácida ou alcalina apresenta como vantagem reduzir o conteúdo de colágeno, visto que este é descartado durante o processo, como proteína insolúvel.

O valor de pH da CMS de frango usada na produção dos isolados protéicos foi $6,58 \pm 0,02$, semelhante aos resultados encontrados por Nunes (2003) que apresentou pH de 6,6 para CMS de galinha poedeira e Perlo *et al.* (2005) que encontrou pH de 6,4 para CMS.

Geralmente as CMSs apresentam valores de pH mais elevados do que as carnes desossadas manualmente. O aumento do pH é resultado da proporção de carne e osso na CMS e da conseqüente incorporação de medula vermelha, a qual apresenta pH elevado, na faixa de 6,8 a 7,4 (NUNES, 2003). Segundo Beraquet (2000), a carne de peito desossada manualmente apresenta pH entre 5,8 e 5,9 e a coxa entre 6,2 e 6,3; enquanto CMSs apresentam valores entre 6,5 e 7,0. Estes altos valores de pH contribuem para aumentar a perecibilidade microbiológica das CMSs, porém, favorecem a capacidade de retenção de água.

4.3.1.2 Ponto isoelétrico da proteína

Segundo Sgarbieri (1996) o ponto isoelétrico é o pH onde as cargas positivas e negativas das proteínas se equivalem. A Figura 5 apresenta a curva de solubilidade da proteína da carne mecanicamente separada de frango em função do pH. Os valores de pH variaram entre 2,0 e 9,0.

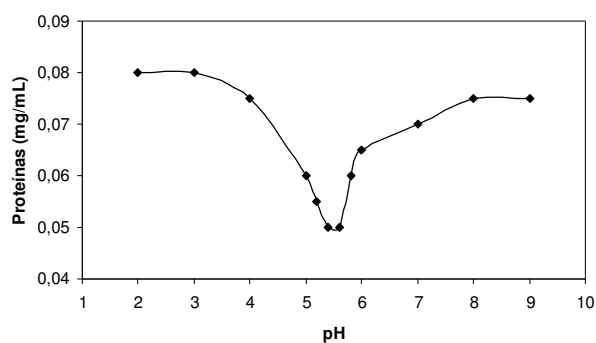


Figura 5: Ponto isoelétrico da proteína proveniente de CMS de frango.

Analisando a Figura 5, pode-se perceber que a solubilidade da proteína presente na CMS é mínima em pH entre 5 e 6 e em condições extremas de pH, são obtidos os maiores valores de solubilidade.

Segundo Sathivel (2003), é necessário alta solubilidade para extrair as proteínas e baixa solubilidade para precipitar as proteínas. À medida que o pH se torna ácido ou alcalino há formação de cargas positivas ou negativas, respectivamente, e as proteínas se solubilizam, devido à força de repulsão eletrostática que dificulta a formação de precipitados. No entanto, quando o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas, estas se anulam e a proteína precipita, pois não há qualquer força de repulsão entre as moléculas (PARDI *et al.*, 2001; SGARBIERI, 1996; YONGSAWATDIGUL e PARK, 2004).

Concordando com o trabalho realizado por Ke e Hultin (2005) o ponto isoelétrico definido para proteína de peito de frango foi 5,5, semelhante ao valor encontrado neste estudo que foi de 5,4. A curva de solubilidade ajudou na definição dos valores de solubilização e precipitação da proteína utilizados neste estudo.

4.3.2 Isolado protéico de frango

Baseado em diferentes trabalhos (BATISTA *et al.*, 2007; COSTA, 2003; HULTIN e KELLEHER, 1999; HULTIN e KELLEHER, 2000; LIANG e HULTIN, 2003; NOLSOE e UNDELAND, 2009; UNDELAND *et al.*, 2002; YONGSAWATDIGUL e PARK, 2004), sabe-se que um músculo animal diluído em água e tratado com ácido ou base suficiente para alcançar baixa viscosidade e logo centrifugado, apresenta alto rendimento de proteína livre de membrana lipídica. Essa solução de proteína deve ter seu pH ajustado com base ou ácido, dependendo do processo, para precipitar a fração comestível da proteína, livre de lipídios, cuja oxidação durante o armazenamento conduz ao desenvolvimento de sabor, cor e textura indesejáveis. Segundo os autores, este processo pode ser especialmente útil em tecidos musculares ricos em gordura, composição típica de matérias-primas de baixo custo, como o caso de espécies de peixes pelágicos ou carne mecanicamente separada de aves.

Desta forma, nesta etapa do trabalho foram avaliados parâmetros que poderiam apresentar influência no processo de obtenção de proteínas a partir de carne mecanicamente separada de frango ao utilizar processos de solubilização ácida e alcalina com precipitação isoelétrica da proteína.

A determinação das faixas de trabalho foi baseada na literatura consultada (COSTA, 2003; FONTANA, 2007; LOPES, 2005; SILVA, 2005). Além disso, foram realizados testes preliminares para determinar a temperatura de extração da proteína e as temperaturas avaliadas foram 20, 25 e 30°C. Com os resultados dos testes preliminares foram definidas as melhores condições de processo, temperaturas de solubilização protéica inferiores a 20°C, visto que temperaturas elevadas propiciam a solubilização da gordura da CMS, dificultando a remoção da mesma e obtendo um produto final com alto teor de lipídios. Sendo assim, o estudo foi realizado utilizando-se temperaturas entre 5 e 15°C para facilitar a remoção da gordura e obter um produto final com alto conteúdo de proteína e o baixo teor de lipídios.

4.3.2.1 Processo de solubilização ácida

A Tabela 5 apresenta as respostas teor de proteínas, lipídios e rendimento dos isolados protéicos obtidos por processo de solubilização ácida.

Tabela 5: Variáveis independentes e respostas para o processo de extração ácida utilizando planejamento composto central rotacional 2^3 .

Ensaio ^a	pH	Temp. (°C)	Tempo (min)	Prot (%) ^b	Lip (%) ^b	Rend (%)
1	-1	-1	-1	81,1 ± 0,68	6,1 ± 0,37	40,0
2	+1	-1	-1	82,4 ± 0,61	7,2 ± 0,26	36,8
3	-1	+1	-1	82,4 ± 1,09	6,8 ± 0,38	34,7
4	+1	+1	-1	83,6 ± 0,64	6,8 ± 0,43	41,8
5	-1	-1	+1	82,9 ± 0,88	5,3 ± 0,28	49,9
6	+1	-1	+1	80,4 ± 1,31	6,3 ± 0,30	32,7
7	-1	+1	+1	77,4 ± 0,57	6,4 ± 0,43	31,0
8	+1	+1	+1	76,7 ± 1,72	4,7 ± 0,29	35,9
9	0	0	0	80,9 ± 1,98	3,6 ± 0,59	41,7
10	0	0	0	81,9 ± 1,37	3,1 ± 0,46	38,6
11	0	0	0	82,8 ± 1,29	4,1 ± 0,57	40,4
12	-1,68	0	0	72,2 ± 1,57	4,2 ± 0,43	33,4
13	+1,68	0	0	80,8 ± 1,08	7,1 ± 0,38	40,6
14	0	-1,68	0	72,2 ± 1,08	6,6 ± 0,47	36,1
15	0	+1,68	0	79,3 ± 0,69	5,6 ± 0,17	46,2
16	0	0	-1,68	77,3 ± 1,19	6,8 ± 0,47	43,8
17	0	0	+1,68	80,1 ± 0,67	5,7 ± 0,43	34,3

^a Experimentos realizados em ordem aleatória; ^b Valores expressos em base seca e os resultados são médias de três determinações ± desvio padrão.

Conforme a Tabela 5, o teor de proteína dos isolados protéicos de frango obtidos por processo de solubilização ácida apresentou variação de 72,2 a 83,6%. O teor de lipídios dos isolados protéicos variou de 3,1 a 7,2% e para a resposta rendimento, observou-se variação de 31 a 49,9%.

4.3.2.1.1 Teor de proteína dos isolados protéicos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta teor de proteína dos isolados protéicos. A Tabela 6 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta teor de proteína a um nível de 90% de confiança.

Tabela 6: Efeitos estimados para a resposta teor de proteínas utilizando SS residual.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	81,12727	0,314362	258,0693	0,000000*
(1) pH (L)	-0,17250	0,737245	-0,2340	0,826489
(2) Temperatura (L)	-1,66750	0,737245	-2,2618	0,086508**
(3) Tempo (L)	-2,99250	0,737245	-4,0590	0,015361*
1L x 2L	0,43250	0,737245	0,5866	0,588954
1L x 3L	-1,43250	0,737245	-1,9430	0,123943
2L x 3L	-2,91750	0,737245	-3,9573	0,016715*

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

A análise dos efeitos mostra que as variáveis independentes (Tabela 6), temperatura de extração e tempo centrifugação I, bem como a interação temperatura x tempo apresentaram efeito linear negativo sobre a resposta teor de proteína. A variável com o menor efeito foi a temperatura, onde se pode observar que o aumento da temperatura de 5 para 15°C, implica em uma diminuição de 1,7% no teor de proteína dos isolados. Para a variável tempo, a mudança de 20 para 30 min de centrifugação provocou uma diminuição de 3% no teor de proteína. A interação temperatura x tempo causou uma diminuição de 2,9% no conteúdo de proteína dos isolados. Segundo Hultin e Kelleher (1999) valores muito baixos de pH e temperatura elevada promovem a desnaturação da proteína. Sendo desejável reduzir a temperatura do processo, principalmente quando o pH da solução da proteína atingir valores abaixo de 2,0.

Para verificação do modelo matemático preditivo, consideraram-se somente as variáveis independentes que apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) sobre a resposta proteína (ANEXO A). A Tabela 7 apresenta a análise estatística para esta resposta e a partir dos valores de F calculado e F tabelado foi possível afirmar se o modelo é significativo e preditivo.

Tabela 7: Análise de variância para a resposta proteína a um nível de 90% de confiança.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	40,49484	3	13,4983	10,63
Resíduo	8,88598	7	1,2694	
Falta de Ajuste	7,04038	5		
Erro Puro	1,84560	2		
Total	49,38082	10		

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F = teste de Fisher

Coefficiente de determinação $R^2 = 0,82005$

F tabelado = 3,07

A análise de variância mostrou que o modelo linear apresentou um bom ajuste aos dados experimentais para a resposta proteína (Tabela 7). Obteve-se um modelo preditivo, visto que o F calculado foi suficientemente maior (3x) que o F tabelado. Os coeficientes de regressão utilizados na construção do modelo estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Coeficientes de regressão para resposta proteína utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro Padrão	t(7)	p	Lim.Conf. -90%	Lim.Conf. +90%
Média	81,12727	0,339709	238,8139	0,000000*	80,48367	81,77088
(2)Temperatura (L)	-0,83375	0,398344	-2,0930	0,074634**	-1,58844	-0,07906
(3)Tempo (L)	-1,49625	0,398344	-3,7562	0,007110*	-2,25094	-0,74156
2L x 3L	-1,45875	0,398344	-3,6620	0,008049*	-2,21344	-0,70406

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

O modelo linear utilizando os valores codificados, que representa o teor de proteína (%) em função da temperatura de extração e do tempo de centrifugação, está apresentado na Equação 2.

$$Pr\ oteína\ (\%) = 81,13 - 0,83\ temperatura - 1,49\ tempo - 1,46\ (temperatura \times\ tempo) \quad (2)$$

$$R^2 = 0,82$$

Desta forma, o modelo foi utilizado na construção da superfície de resposta e curva de contorno, permitindo a visualização do comportamento de extração de

proteína de carne mecanicamente separada de frango por processo de solubilização ácida, em função das variáveis que apresentaram influência significativa sobre a variável dependente, teor de proteína, demonstrados nas Figuras 6 e 7.

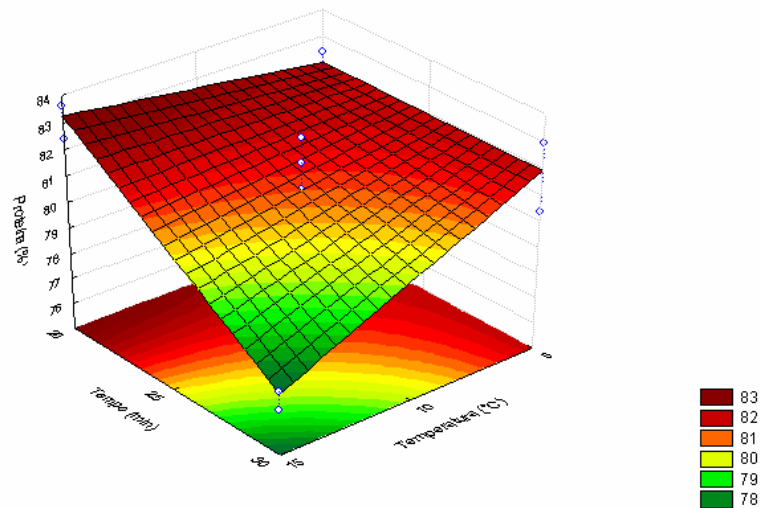


Figura 6: Superfície de resposta para proteína em função do tempo de centrifugação e da temperatura de extração.

Analisando a superfície de resposta, pode-se confirmar os resultados observados na análise de efeitos principais, que mostra que valores elevados de temperatura e de tempo diminuem o rendimento em proteína.

É possível verificar que na faixa de temperatura de 5 a 10°C, associado a um tempo de centrifugação entre 20 a 25 min, consegue-se obter um maior conteúdo protéico, em torno de 82,8%.

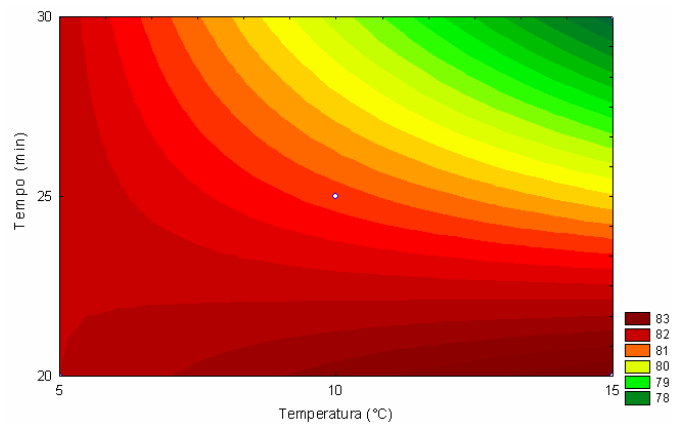


Figura 7: Curva de contorno para a resposta proteína em função do tempo de centrifugação e da temperatura de extração.

No ANEXO D, está apresentada a porcentagem de desvio do teor de proteína experimental e o teor de proteína predito pelo modelo matemático. Os resultados mostraram que os desvios foram baixos, inclusive na região em que o rendimento protéico foi maximizado, comprovando a validade estatística do modelo encontrado.

4.3.2.1.2 Teor de lipídios dos isolados protéicos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta teor de lipídios dos isolados protéicos. A Tabela 9 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta teor de proteína a um nível de 90% de confiança.

Tabela 9: Efeitos estimados para a resposta teor de lipídios utilizando SS residual.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	3,566791	0,396339	8,99935	0,000043*
(1)pH (L)	0,790924	0,372466	2,12348	0,071354**
pH (Q)	1,498946	0,410337	3,65296	0,008146*
(2)Temperatura (L)	-0,264189	0,372466	-0,70930	0,501076
Temperatura (Q)	1,803651	0,410337	4,39554	0,003174*
(3)Tempo (L)	-0,905136	0,372466	-2,43012	0,045413*
Tempo (Q)	1,920573	0,410337	4,68048	0,002260*
1L x 2L	-0,935000	0,486435	-1,92215	0,096026**
1L x 3L	-0,450000	0,486435	-0,92510	0,385697
2L x 3L	-0,190000	0,486435	-0,39060	0,707710

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 9) mostra que a variável independente pH exerce efeito linear positivo e efeito quadrático positivo no teor de lipídios do isolado obtido pelo processo de solubilização ácida. Isto significa que variando o pH de 1,66 para 3,34 ocasiona um aumento de 1,5% no conteúdo de lipídios dos isolados. Para a variável temperatura, a mudança de 1,6 para 18,4°C provocou efeito positivo sobre a resposta, significando um aumento de 1,8% no teor de lipídios. A interação pH x temperatura influenciou negativamente o teor de lipídios causando uma diminuição de 0,9% no conteúdo de gordura dos isolados. Analisando

os efeitos linear e quadrático da variável tempo, pode-se afirmar que o efeito quadrático desta variável, é maior do que o efeito linear, visto que o conteúdo de lipídios foi mais afetado nestas condições de estudo. Para o efeito quadrático da variável tempo, a mudança de 16,6 para 33,4 min de centrifugação I, provocou efeito positivo sobre a resposta, visto que houve um aumento de 1,9% no conteúdo de lipídios dos isolados.

É importante ressaltar que a remoção dos lipídios promove maior estabilização da proteína visto que protege da oxidação lipídica. Além disso, removendo os lipídios podem-se eliminar toxinas solúveis na gordura (HULTIN e KELLEHER, 1999).

Para verificação do modelo matemático preditivo para a resposta teor de lipídios, consideraram-se somente as variáveis independentes que apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) conforme apresentado no ANEXO A. A Tabela 10 apresenta a análise estatística para a resposta lipídios e a partir dos valores de F calculado e F tabelado foi possível afirmar se o modelo é significativo e preditivo.

Tabela 10: Análise de variância para a resposta lipídio a um nível de 90% de confiança.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	23,15	6	3,86	9,60
Resíduo	4,03	10	0,402	
Falta de Ajuste	3,527	8		
Erro Puro	0,5006	2		
Total	27,1705	16		

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F = teste de Fisher

Coefficiente de determinação $R^2 = 0,85175$

F tabelado = 2,46

A análise de variância mostrou que o modelo quadrático apresentou um bom ajuste aos dados experimentais para a resposta lipídio (Tabela 10). Obteve-se um modelo preditivo, visto que o F calculado foi suficientemente maior (3x) que o F tabelado. Os coeficientes de regressão utilizados na construção do modelo estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Coeficientes de regressão para resposta lipídio utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro Padrão	T(10)	p	Lim. Conf. -90%	Lim. Conf. +90%
Média	3,566791	0,365653	9,75459	0,000002*	2,904060	4,229522
(1) pH (L)	0,395462	0,171814	2,30169	0,044127*	0,084056	0,706868
pH (Q)	0,749473	0,189284	3,95952	0,002689*	0,406404	1,092542
Temperatura (Q)	0,901826	0,189284	4,76441	0,000763*	0,558756	1,244895
(3)Tempo (L)	-0,452568	0,171814	-2,63406	0,024988*	-0,763974	-0,141162
Tempo (Q)	0,960286	0,189284	5,07327	0,000483*	0,617217	1,303356
1L x 2L	-0,467500	0,224387	-2,08346	0,063826**	-0,874192	-0,060808

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

O modelo quadrático utilizando os valores codificados, que representa o teor de lipídios (%) em função do pH, da temperatura de extração e do tempo de centrifugação, está apresentado na Equação 3.

$$\begin{aligned} \text{Lipídio (\%)} = & 3,57 + 0,39 \text{ pH} + 0,75 \text{ pH}^2 + 0,90 \text{ temperatura}^2 - 0,45 \text{ tempo} \\ & + 0,96 \text{ tempo}^2 - 0,47 \text{ pH} \times \text{temperatura} \end{aligned} \quad (3)$$

$$R^2 = 0,85$$

Desta forma, o modelo foi utilizado na construção da superfície de resposta e curva de contorno, permitindo a visualização das variáveis que apresentam influência significativa sobre a variável dependente, teor de lipídios.

As Figuras 8 e 9 apresentam a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável dependente teor de lipídios em função do pH e da temperatura de extração protéica.

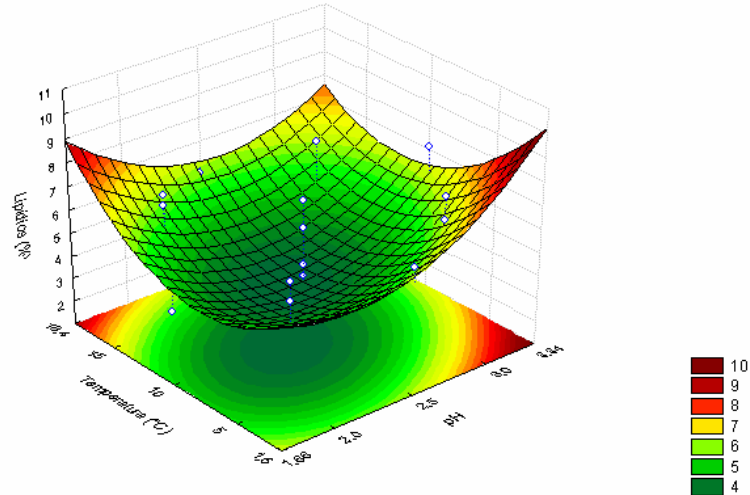


Figura 8: Superfície de resposta para teor de lipídios em função do pH e da temperatura de extração.

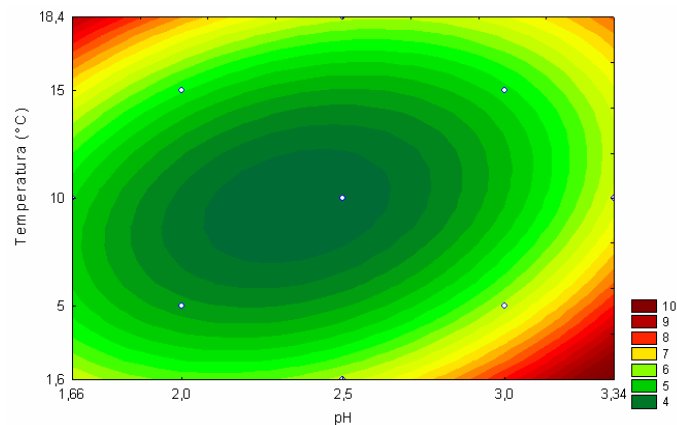


Figura 9: Curva de contorno para a resposta teor de lipídios em função do pH e da temperatura de extração.

Analisando a superfície de resposta, pode-se confirmar os resultados observados na análise de efeitos principais, que mostra que valores elevados de pH e de temperatura aumentam o rendimento em lipídios. É possível verificar que na faixa de pH de 2,0 a 2,5 e temperatura de 5 a 10°C, consegue-se obter um menor conteúdo lipídico, em torno de 4,1%.

As Figuras 10 e 11 apresentam a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável dependente teor de lipídios em função do pH e do tempo de centrifugação.

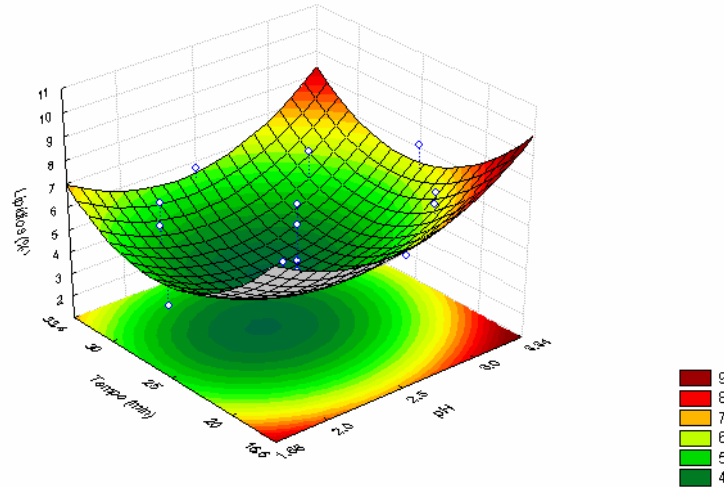


Figura 10: Superfície de resposta para teor de lipídios em função do pH e do tempo de centrifugação.

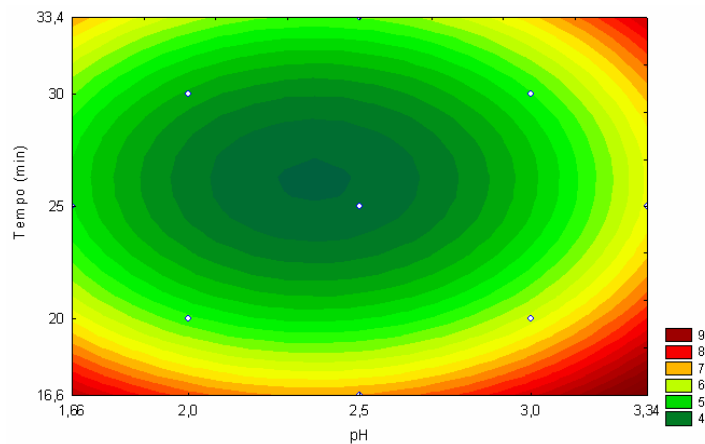


Figura 11: Curva de contorno para a resposta teor de lipídios em função do pH e do tempo de centrifugação.

Analisando a superfície de resposta, pode-se observar que valores elevados de pH e de tempo de centrifugação aumentam o rendimento em lipídios. Sendo assim, para se obter isolados protéicos com baixo teor de lipídios deve-se optar por faixas de pH entre 2,0 e 2,5 e tempo de centrifugação de aproximadamente 25 min. Sob estas condições pode-se obter isolados com baixo teor de lipídios, em torno de 4,1%.

As Figuras 12 e 13 apresentam a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável dependente teor de lipídios em função da temperatura de extração protéica e do tempo de centrifugação I.

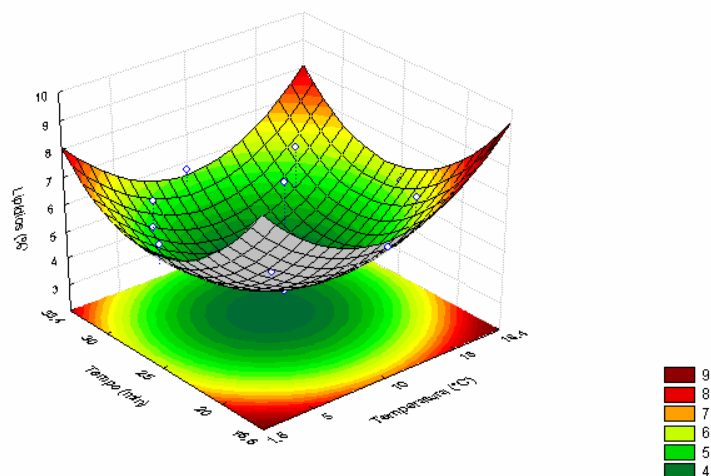


Figura 12: Superfície de resposta para teor de lipídios em função da temperatura de extração protéica e do tempo de centrifugação.

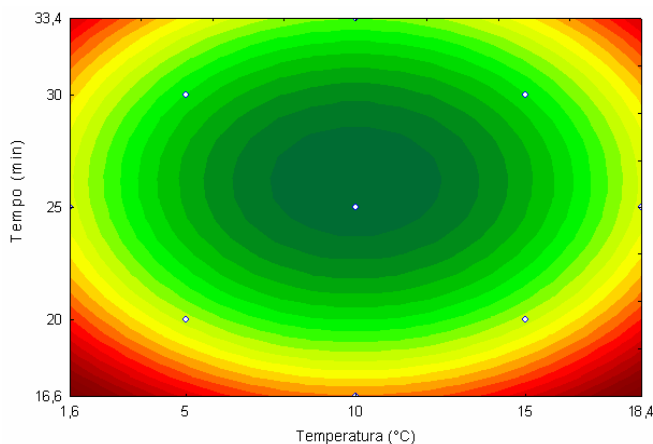


Figura 13: Curva de contorno para teor de lipídios em função da temperatura de extração protéica e do tempo de centrifugação.

Analisando a superfície de resposta, pode-se confirmar os resultados observados na análise de efeitos principais, que mostra que valores elevados de temperatura aumentam o rendimento em lipídios, visto que temperaturas de extração mais altas propiciam a solubilização da gordura presente na CMS de frango dificultando a separação dos lipídios e da fração protéica. É possível verificar que na

faixa de temperatura de 5 a 10°C e tempo de centrifugação entre 25 e 30 min consegue-se obter teor reduzido de lipídios, em torno de 4,1%.

No ANEXO D, está apresentada a porcentagem de desvio do teor de lipídios experimental e o teor de lipídios predito pelo modelo matemático. Os resultados mostraram que os desvios da maioria dos dezessete experimentos foram relativamente baixos, enfatizando a validade estatística do modelo quadrático obtido para a resposta teor de lipídios.

4.3.2.1.3 Rendimento do processo

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta rendimento do processo de obtenção dos isolados protéicos. A Tabela 12 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta rendimento a um nível de 90% de confiança.

Tabela 12: Efeitos estimados para a resposta rendimento utilizando erro puro.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	40,50890	0,902393	44,89051	0,000496*
(1)pH (L)	4,17765	0,848039	4,92625	0,038823*
pH (Q)	-4,19558	0,934266	-4,49078	0,046178*
(2)Temperatura (L)	3,79995	0,848039	4,48087	0,046369*
Temperatura (Q)	-1,24419	0,934266	-1,33173	0,314443
(3)Tempo (L)	-6,54257	0,848039	-7,71493	0,016389*
Tempo (Q)	-2,73937	0,934266	-2,93211	0,099294**
1L x 2L	1,86500	1,107527	1,68393	0,234230
1L x 3L	2,18000	1,107527	1,96835	0,187880
2L x 3L	2,41000	1,107527	2,17602	0,161521

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 12) mostra que a variável independente pH exerce efeito linear positivo e efeito quadrático negativo no rendimento do processo de solubilização ácida. Isto significa que variando o pH de 2,0 para 3,0 ocasiona um aumento de 4,2% no rendimento do processo e uma variação de pH de 1,66 para 3,34 provoca uma redução de 4,2% no rendimento do processo de

obtenção dos isolados. Analisando os efeitos linear e quadrático da variável pH, pode-se afirmar que em condições de pH ácido superiores a 3,0 pode ocorrer uma redução no rendimento do processo possivelmente pela diminuição da solubilidade das proteínas devido a aproximação do ponto isoelétrico e pela diminuição da formação de sais nos isolados, decorrente da adição de ácido ou base necessários para o ajuste do pH da reação. Para a variável temperatura, a mudança de 5 para 15 °C provocou efeito positivo sobre a resposta, aumentando em 3,8% o rendimento. Para o efeito linear da variável tempo, a mudança de 20 para 30 min de centrifugação I, provocou uma diminuição de 6,5% no rendimento do processo de obtenção dos isolados.

Resumindo, os resultados observados na análise de efeitos principais, mostram que valores elevados de pH e de tempo diminuem o rendimento do processo, porém valores elevados de temperatura contribuem para o aumento do rendimento do processo, provavelmente pela incorporação de lipídios nos isolados devido a solubilização dos mesmos sob temperaturas mais elevadas.

Além disso, a presença de sais na solução promove o aumento da força iônica, permitindo a precipitação das proteínas antes da primeira centrifugação (HULTIN e KELLEHER, 1999), o que provocaria diminuição no rendimento visto que estas seriam separadas da fração solúvel e descartadas como proteína insolúvel durante o processo de centrifugação.

É possível verificar que na faixa de pH entre 2,5 e 3,0, temperatura de 10 a 15 °C, associado a um tempo de centrifugação I entre 20 e 25 min, consegue-se obter maior rendimento.

Para verificação do modelo matemático preditivo para a resposta rendimento, consideraram-se somente as variáveis independentes que apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) conforme apresentado no ANEXO A. A Tabela 13 apresenta a análise estatística para a resposta rendimento e a partir dos valores de F calculado e F tabelado foi possível afirmar se o modelo é significativo e preditivo.

Tabela 13: Análise de variância para a resposta rendimento a um nível de 90% de confiança.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	289,93	4	72,4825	5,86
Resíduo	148,50	12	12,375	
Falta de Ajuste	143,60	10		
Erro Puro	4,9065	2		
Total	438,4324	16		

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F = teste de Fisher

Coeficiente de determinação $R^2 = 0,66128$

F tabelado = 2,48

A análise estatística dos dados permitiu concluir que para a resposta rendimento não se obteve um modelo preditivo, visto que o F calculado não foi suficientemente maior que o F tabelado, como apresentado na Tabela 13.

A partir da análise de variância (ANOVA), obtiveram-se modelos preditivos e significativos, a 90% de confiança, tanto para o teor de proteínas quanto para teor de lipídios. Como não foi possível obter um modelo significativo e preditivo para a resposta rendimento do processo, o tratamento estatístico dos dados foi realizado através da análise dos efeitos estimados das variáveis independentes ($p < 0,1$) sobre a resposta rendimento.

Contudo, pode-se afirmar que o planejamento experimental utilizado foi eficiente para avaliar os fatores que afetam o processo de obtenção de isolado protéico de carne mecanicamente separada de frango por processo de solubilização ácida da proteína.

4.3.2.2 Processo de solubilização alcalina

A Tabela 14 apresenta as respostas teor de proteínas, teor de lipídios e rendimento dos isolados protéicos obtidos por processo de solubilização alcalina.

Tabela 14: Variáveis independentes e respostas para o processo de extração alcalina utilizando planejamento composto central rotacional 2^3 .

Ensaio ^a	pH	Temp. (°C)	Tempo (min)	Prot (%) ^b	Lip (%) ^b	Rend (%)
1	-1	-1	-1	72,8 ± 1,32	10,9 ± 0,55	27,5
2	+1	-1	-1	75,5 ± 1,34	9,0 ± 0,08	28,4
3	-1	+1	-1	71,9 ± 0,90	9,8 ± 0,43	31,8
4	+1	+1	-1	74,6 ± 1,15	9,6 ± 0,47	36,3
5	-1	-1	+1	71,5 ± 0,27	7,8 ± 0,44	32,4
6	+1	-1	+1	75,0 ± 0,79	8,6 ± 0,75	34,3
7	-1	+1	+1	70,1 ± 1,27	11,9 ± 0,62	32,9
8	+1	+1	+1	73,8 ± 0,74	11,4 ± 0,46	38,9
9	0	0	0	74,2 ± 1,08	9,4 ± 0,36	40,7
10	0	0	0	73,2 ± 1,14	8,6 ± 0,19	38,5
11	0	0	0	74,9 ± 0,71	8,0 ± 0,48	44,3
12	-1,68	0	0	70,8 ± 1,49	7,9 ± 0,41	30,9
13	+1,68	0	0	74,3 ± 1,44	8,2 ± 0,66	40,9
14	0	-1,68	0	78,8 ± 0,52	7,9 ± 0,44	41,4
15	0	+1,68	0	75,5 ± 0,73	7,3 ± 0,04	32,6
16	0	0	-1,68	80,4 ± 1,72	8,8 ± 0,33	41,9
17	0	0	+1,68	73,3 ± 1,38	6,4 ± 0,17	34,0

^a Experimentos realizados em ordem aleatória; ^b Valores expressos em base seca e os resultados são médias de três determinações ± desvio padrão.

Conforme a Tabela 14, o teor de proteína dos isolados protéicos de frango obtidos por processo de solubilização alcalina apresentou variação de 70,1 a 80,4%. O teor de lipídios dos isolados protéicos variou de 6,4 a 11,9% e para a resposta rendimento, observou-se variação de 27,5 a 44,3%.

4.3.2.2.1 Teor de proteína dos isolados protéicos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta teor de proteína dos isolados protéicos. A Tabela 15 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta teor de proteína a um nível de 90% de confiança.

Tabela 15: Efeitos estimados para a resposta teor de proteínas utilizando erro puro.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	74,26625	0,479365	154,9263	0,000042*
(1)pH (L)	2,69250	0,450491	5,9768	0,026871*
pH (Q)	-2,19175	0,496296	-4,4162	0,047640*
(2)Temperatura (L)	-1,46467	0,450491	-3,2513	0,082994**
Temperatura (Q)	1,05794	0,496296	2,1317	0,166707
(3)Tempo (L)	-2,38022	0,450491	-5,2836	0,034004*
Tempo (Q)	0,84196	0,496296	1,6965	0,231885
1L x 2L	0,03683	0,588335	0,0626	0,955776
1L x 3L	0,46364	0,588335	0,7881	0,513235
2L x 3L	-0,15875	0,588335	-0,2698	0,812585

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 15) mostra que a variável independente pH exerce efeito linear positivo e efeito quadrático negativo sobre a resposta teor de proteína dos isolados. Isto significa que a variação de pH de 10,5 para 11,5 ocasiona um aumento de 2,7% no conteúdo de proteína e uma variação de pH de 10,16 para 11,84 provoca uma redução de 2,2% no conteúdo protéico dos isolados. Analisando os efeitos linear e quadrático da variável pH, pode-se afirmar que em condições de pH alcalino superiores a 11,5 pode ocorrer uma redução no teor de proteína dos isolados provavelmente pelo fato de expor as cadeias protéicas a condições extremas de pH, causando a desnaturação das proteínas, devido ao aumento da hidrólise sob estas condições. Para a variável temperatura, a mudança de 5 para 15°C provocou efeito linear negativo sobre a resposta, significando uma diminuição de 1,5% no teor de proteína. Quanto à variável tempo, a mudança de 20 para 30 min de centrifugação I, provocou uma diminuição de 2,4% no conteúdo de proteína dos isolados.

Costa (2003) estudou as características de proteínas isoladas a partir de camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) por processo de solubilização alcalina e os melhores resultados foram obtidos para as menores temperaturas estudadas, sendo 20°C. Segundo o autor, a proteína assim extraída apresentou como vantagem melhor qualidade nutricional e funcional do produto final, considerando que o processo se desenvolve abaixo da temperatura de desnaturação. De acordo com Lanier *et al.*

(2005) proteínas musculares podem desnaturar a qualquer temperatura, mas a taxa de desnaturação diminui a temperaturas menores.

Os resultados observados na análise de efeitos principais, mostram que valores elevados de pH, temperatura e tempo diminuem o rendimento em proteína. Sendo assim, consegue-se obter isolados com maior conteúdo protéico optando por faixas de pH entre 11,0 e 11,5, temperatura de 5 a 10°C e tempo de centrifugação l entre 20 e 25 min.

Para verificação do modelo matemático preditivo para a resposta teor de proteínas, consideraram-se somente as variáveis independentes que apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) conforme apresentado no ANEXO B. A Tabela 16 apresenta a análise estatística para a resposta proteína e a partir dos valores de F calculado e F tabelado foi possível afirmar se o modelo é significativo e preditivo.

Tabela 16: Análise de variância para a resposta proteína a um nível de 90% de confiança.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	73,7133	4	18,43	6,38
Resíduo	34,668	12	2,889	
Falta de Ajuste	33,2834	10		
Erro Puro	1,3846	2		
Total	108,3813	16		

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F = teste de Fisher

Coefficiente de determinação $R^2 = 0,68013$

F tabelado = 2,48

A análise dos dados permitiu concluir que para a resposta proteína não se obteve um modelo preditivo, visto que o F calculado não foi suficientemente maior que o F tabelado, como mostrado na Tabela 16. Como não foi possível obter um modelo significativo e preditivo, o tratamento estatístico dos dados foi realizado através dos efeitos estimados das variáveis independentes ($p < 0,1$) sobre a resposta proteína.

4.3.2.2 Teor de lipídios dos isolados protéicos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta teor de lipídios dos isolados protéicos. A Tabela 17 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de

centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta teor de lipídios a um nível de 90% de confiança.

Tabela 17: Efeitos estimados para a resposta teor de lipídios utilizando erro puro.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	8,513111	0,412942	20,61577	0,002345*
(1)pH (L)	-0,151224	0,388069	-0,38968	0,734352
pH (Q)	0,542884	0,427527	1,26983	0,331898
(2)Temperatura (L)	0,778134	0,388069	2,00514	0,182805
Temperatura (Q)	0,220007	0,427527	0,51461	0,658054
(3)Tempo (L)	-0,522584	0,388069	-1,34663	0,310410
Tempo (Q)	0,226213	0,427527	0,52912	0,649579
1L x 2L	0,125000	0,506812	0,24664	0,828193
1L x 3L	0,600000	0,506812	1,18387	0,358102
2L x 3L	1,805000	0,506812	3,56148	0,070592**

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

Analisando a Tabela 17, pode-se observar que apenas a interação temperatura x tempo foi estatisticamente significativa ao nível de 90% de confiança sobre a resposta teor de lipídios. Entretanto, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,33001$) muito baixo mostra a alta variabilidade dos dados.

4.3.2.2.3 Rendimento do processo

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta rendimento do processo de obtenção dos isolados protéicos por solubilização alcalina. A Tabela 18 apresenta os efeitos do pH, temperatura de extração protéica e tempo de centrifugação I e as interações destas variáveis sobre a resposta rendimento a um nível de 90% de confiança.

Tabela 18: Efeitos estimados para a resposta rendimento utilizando erro puro.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	41,42459	1,698820	24,38433	0,001678*
(1)pH (L)	4,41956	1,596494	2,76829	0,109475
pH (Q)	-5,46241	1,758822	-3,10572	0,089912**
(2)Temperatura (L)	0,36064	1,596494	0,22590	0,842267
Temperatura (Q)	-4,67900	1,758822	-2,66030	0,117012
(3)Tempo (L)	0,18162	1,596494	0,11376	0,919816
Tempo (Q)	-4,00581	1,758822	-2,27756	0,150453
1L x 2L	1,91667	2,084999	0,91926	0,455001
1L x 3L	0,63333	2,084999	0,30376	0,790001
2L x 3L	-1,78889	2,084999	-0,85798	0,481309

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$

Analisando a Tabela 18, pode-se observar que apenas o efeito quadrático da variável pH foi estatisticamente significativo ao nível de 90% de confiança sobre a resposta rendimento. Entretanto, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,50054$) muito baixo mostra a alta variabilidade dos dados.

A análise dos dados permitiu concluir que o planejamento experimental realizado para obtenção dos isolados protéicos úmidos de frango por processo de solubilização alcalina, não apresentou um modelo preditivo para a resposta teor de proteína. Além disso, as variáveis independentes estudadas, pH, temperatura de extração e tempo de centrifugação, não apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) sobre as respostas teor de lipídios e rendimento do processo de solubilização protéica por tratamento alcalino.

4.3.2.3 Comparação dos tratamentos ácido e alcalino

Analisando as superfícies de resposta para o processo de solubilização ácida da proteína, podem-se definir as melhores condições de processo visando obter o maior conteúdo protéico, o menor teor de lipídios e o maior rendimento do processo. Os resultados mostraram que pH 2,5, temperatura de 10°C e tempo de centrifugação de 25 min podem garantir estas características no isolado protéico.

Com base nos efeitos estimados das variáveis independentes, sobre a resposta teor de proteína dos isolados protéicos obtidos por tratamento alcalino, pode-se concluir que as melhores condições para este processo foram pH 11,0, temperatura de 10°C e tempo de 25 min.

Com o intuito de comparar as características tecnológicas apresentadas por géis de proteína obtidas pelos diferentes processos de solubilização estudadas, tratamento ácido e alcalino, foram preparados isolados protéicos a partir de CMS de frango de acordo com as condições descritas acima. A Tabela 19 apresenta os resultados de teor de proteínas, lipídios e rendimento dos isolados obtidos pelos dois processos químicos para extração da proteína da CMS de frango.

Tabela 19: Características físico-químicas dos isolados protéicos obtidos por tratamento ácido e alcalino.

IPF	pH	Proteína (%)	Lipídio (%)	Rendimento (%)
Ácido	5,35 ± 0,02 ^a	82,8 ± 1,29 ^a	4,1 ± 0,57 ^b	40,4
Alcalino	5,36 ± 0,02 ^a	74,9 ± 0,71 ^b	8,0 ± 0,48 ^a	44,3

*Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão; Os valores de proteína e lipídio estão expressos em base seca; Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Observou-se que o valor de pH dos isolados protéicos obtidos por tratamento ácido e alcalino foram estatisticamente iguais ($p < 0,05$), este resultado deve-se ao fato do pH de precipitação da proteína presente na carne mecanicamente separada de frango ser 5,4 (Figura 5).

O conteúdo de lipídios dos isolados protéicos apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Apesar de um conteúdo aparentemente elevado, em base seca, o teor de lipídios foi reduzido de 56,7% na CMS para 4,1% no isolado protéico obtido por solubilização ácida, uma redução de aproximadamente 92,8%. Para o isolado protéico obtido por solubilização alcalina, a redução no conteúdo de gordura foi menos expressiva, aproximadamente 86%. Segundo Liang e Hultin (2003) o baixo conteúdo de lipídios possibilita que estes isolados protéicos sejam utilizados como ingredientes para produtos com baixo teor de gordura. Assim como, a gordura separada poderia ser recuperada durante o processo e utilizada em produtos alimentícios. Undeland *et al.* (2002) encontraram uma redução do teor de gordura de 68% utilizando o processo de solubilização ácida e de 60% utilizando o processo de solubilização alcalina, para músculo de arenque.

De acordo com Hultin e Kelleher (1999) enquanto outros processos reduzem um pouco o conteúdo de lipídios, o processo de solubilização ácida da proteína é o único capaz de reduzir substancialmente ou eliminar os lipídios presentes.

O conteúdo de proteína dos isolados obtidos por tratamento ácido e por tratamento alcalino diferiram significativamente ao nível de 95% de confiança, os resultados apresentaram um conteúdo maior de proteína para o IPF obtido pelo processo de solubilização ácida do que para o IPF obtido por solubilização alcalina. Utilizando o processo ácido e alcalino, Undeland *et al.* (2002) encontraram rendimentos protéicos de 74% e 68%, respectivamente, para o músculo branco de arenque (*Clupea harengus*). O menor rendimento no processo alcalino, segundo o autor, deve-se a maior formação de sedimento na primeira centrifugação durante este processo, este sedimento seria uma camada de gel formada pela atração da proteína. Batista *et al.* (2003) investigaram o processo de recuperação protéica a partir de pescada (*Micromesistius poutassou*) utilizando o processo de solubilização ácida e alcalina e obtiveram rendimento protéico de 53,6 e 49,1% respectivamente.

De acordo com Nolsoe e Undeland (2009), tanto o processo ácido como o processo alcalino de solubilização apresentaram maiores rendimentos em proteína quando comparados ao rendimento protéico do surimi, devido ao fato das proteínas sarcoplasmáticas serem recuperadas através do processo químico de extração. Segundo os mesmos autores, dentre os estudos realizados com o processo ácido e o processo alcalino em diferentes espécies animais, o processo ácido apresentou maior rendimento protéico na maioria deles. A explicação para estes resultados pode ser dada pela maior solubilidade da proteína em condições de pH ácido. Como exemplo pode-se citar o trabalho de Undeland *et al.* (2002) que reportaram valores de 92% de proteínas solúveis em pH 2,7 enquanto que para pH 10,8 obteve-se 88% de proteínas solúveis. Acredita-se que este resultado também possa ser explicado pelo fato do reagente ácido apresentar capacidade de quebrar proteínas conjugadas, como as lipoproteínas presentes na CMS. O reagente alcalino não apresenta a mesma capacidade, apesar de agir como um saponificante da gordura.

Na revisão apresentada por Nolsoe e Undeland (2009), os autores mencionaram que o processo de solubilização ácida apresenta algumas vantagens como por exemplo, o rendimento em proteína e que o processo de solubilização alcalina apresenta vantagens em outros aspectos como força de gel, remoção lipídica e branquura.

4.3.3 Análise de qualidade do gel da proteína

4.3.3.1 Teste de capacidade de dobra

O resultado do teste de capacidade de dobra foi superior para o gel da proteína extraída pelo processo de solubilização alcalina, sendo que este recebeu pontuação 2, que significa que o gel se rompeu quando foi feita uma única dobra. Quanto ao gel da proteína obtida por processo de solubilização ácida, este recebeu pontuação 1, que significa que este se quebrou sobre a pressão dos dedos, mostrando ser mais frágil e menos extensível do que o gel obtido pelo processo alcalino.

Liang e Hultin (2003) encontraram resultados bem superiores para o gel da proteína de carne mecanicamente separada de peru obtida por processo de solubilização alcalina. Segundo os autores os géis obtidos passaram por duas dobras sem quebrar, recebendo pontuação 5.

Cortez-Vega (2008) avaliou a capacidade de dobra apresentada por surimi de frango e observou que o gel de surimi apresentou qualidade AA, significa que este gel suporta duas dobras sem quebrar.

4.3.3.2 Textura

A Tabela 20 apresenta os dados de textura dos géis de isolados protéicos de frango (IPF) obtidos por processo de solubilização ácida e alcalina.

Tabela 20: Força de gel e força de corte dos géis da proteína isolada de frango.

IPF	Força de gel (g.cm)*	Força de corte (N)*
Ácido	765,33 ± 27,07 ^b	2,83 ± 0,21 ^b
Alcalino	4482,06 ± 167,88 ^a	13,16 ± 0,73 ^a

*Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Analisando os resultados de força de gel (Tabela 20), pode-se afirmar que o gel da proteína obtida por processo alcalino apresentou maior qualidade do que o gel da proteína obtida por processo ácido, considerando que ambos os géis foram submetidos às mesmas condições de tratamento térmico e foi adicionada a mesma concentração de sal. Salientando que o sal é fundamental para a mudança na

conformação da proteína ao aumentar as interações eletrostáticas e forças hidrofóbicas (LIN e PARK, 1998).

Resultados semelhantes foram citados no estudo de Nolsoe e Undeland (2009) onde os géis produzidos a partir de proteína obtida por processo de solubilização ácida continham 15% a mais de proteína, indicando que o excesso de interações proteína-proteína deve resultar na rigidez e falta de elasticidade do gel, enquanto o excesso de interações proteína-água pode resultar na maciez e maior fragilidade do gel. Os autores encontraram géis de melhor qualidade para isolados protéicos produzidos por solubilização alcalina, seguido dos géis de surimi e por último os géis de isolados protéicos obtidos por tratamento ácido da proteína, que apresentaram qualidade bastante inferior aos demais.

Em estudo desenvolvido por Batista *et al.* (2007), foi avaliado a força de gel de proteínas extraídas de sardinha pelos processos de solubilização ácida e alcalina e os resultados mostraram que ambos os processos de solubilização apresentaram propriedades de gel inferiores as do gel de surimi, no entanto as proteínas recuperadas pelo processo ácido tiveram a menor força de gel quando comparado aos demais processos.

Quanto à força de corte, que determina a firmeza do gel, os valores obtidos para os géis dos dois tratamentos, ácido e alcalino diferiram significativamente ao nível de 95% de confiança, sendo que a maior média foi atribuída ao gel da proteína obtida por processo de solubilização alcalina.

Yongsawatdigul e Park (2004) avaliaram a força de quebra e valores de deformação dos géis de processos, ácido e alcalino de proteína de pescado e constataram que os géis obtidos por processo alcalino foram os mais fortes, enquanto os géis obtidos por tratamento ácido foram os mais fracos.

Nolsoe e Undeland (2009) em seus estudos sobre os processos de solubilização ácida e alcalina de proteínas musculares, afirmam que a maioria dos trabalhos publicados apresentaram géis mais fortes com o processo alcalino do que com o processo ácido. Segundo os autores, a dureza dos géis das proteínas obtidas por processo alcalino quando comparado com os géis do processo ácido, deve-se ao menor grau de hidrólise e maior formação de ligações S-S nas proteínas obtidas por tratamento alcalino. Além disso, ocorrem diferentes mudanças na conformação das proteínas durante o tratamento com ácido ou base.

4.3.3.3 Cor

A Tabela 21 apresenta os dados da análise de cor dos géis de isolados protéicos de frango (IPF) obtidos por processo de solubilização ácida e alcalina.

Tabela 21: Características de cor dos géis da proteína isolada de frango.

IPF	Cor**		
	L	a*	b*
Ácido	61,16 ± 0,77 ^a	2,03 ± 0,23 ^b	9,32 ± 0,39 ^a
Alcalino	47,38 ± 0,38 ^b	2,77 ± 0,30 ^a	9,67 ± 0,35 ^a

**Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

A Tabela 21 apresenta os parâmetros de cor dos géis das proteínas obtidas por processo de solubilização ácida e alcalina, onde pode-se observar que os valores de luminosidade (L) e a coordenada de cromaticidade a* diferiram significativamente ao nível de 95% de confiança. O gel da proteína obtida por tratamento ácido apresentou o maior valor para luminosidade (L), tendo maior tendência a cor branca quando comparado ao gel do tratamento alcalino. Quanto à coordenada de cromaticidade a*, o gel da proteína obtida por tratamento ácido apresentou menor tendência à cor vermelha do que o gel do tratamento alcalino, visto que o reagente ácido apresenta capacidade de clivar proteínas conjugadas, como as hemoglobinas presentes na CMS, removendo maior quantidade de pigmentos quando comparado ao processo alcalino. Assim, o gel da proteína obtida por processo alcalino apresentou maior tendência à cor vermelha possivelmente devido a presença de pigmentos que permaneceram ligados à proteína após o processo solubilização alcalina.

Liang e Hultin (2003) avaliaram os parâmetros de cor para um gel de proteína de carne mecanicamente separada de peru obtida por processo de solubilização alcalina e encontraram valor de L de 56,3, a* de 3,5 e b* de 12,7. Os resultados deste autor mostram que o gel por eles analisado apresentou luminosidade superior (tendência a cor branca) à encontrada para o gel da proteína de carne mecanicamente separada de frango obtida por tratamento alcalino. Este gel também apresentou maior média de a* (tendência ao vermelho) e de b* (tendência ao amarelo) quando comparados aos géis avaliados nesse estudo.

Segundo Hultin e Kelleher (2000) o processo de solubilização alcalina para isolar proteínas comestíveis a partir de músculo animal permite a obtenção de proteína livre de lipídios e com capacidade de formar gel, podendo ser incorporada em alimentos para consumo humano.

4.4 CONCLUSÃO

Foi possível definir um processo para extrair a proteína presente em carne mecanicamente separada de frango a partir do processo de mudança de pH e avaliar os métodos ácido e alcalino de solubilização da proteína.

A análise dos resultados permitiu a definição das melhores condições para os dois processos. Para o tratamento ácido, pH 2,5, temperatura de 10 °C e tempo de centrifugação I de 25 min favoreceram a obtenção de um produto com elevado conteúdo de proteína (82,8%), baixo teor de gordura (4,1%) e alto rendimento (40,4%). Para o tratamento alcalino, pH 11,0, temperatura de 10 °C e tempo de centrifugação I de 25 min propiciaram a obtenção de um isolado com características semelhantes, contendo 74,9% de proteína, 8,0% de gordura e 44,3% de rendimento.

Para o teste de capacidade de dobra, o gel da proteína obtida pelo processo de solubilização alcalina foi mais forte e extensível do que o gel obtido pelo processo ácido. O mesmo resultado foi observado na análise de força de gel e força de corte, visto que o gel da proteína obtida por solubilização alcalina apresentou qualidade tecnológica superior ao gel obtido por solubilização ácida.

O gel da proteína obtida por tratamento ácido apresentou maior tendência à cor branca e menor tendência à cor vermelha quando comparado ao gel do tratamento alcalino.

Em geral, pode-se afirmar que o processo de solubilização alcalina permite a obtenção de proteína com baixo teor de lipídios e com melhores propriedades de formação de gel que o processo de solubilização ácida, podendo ser incorporada em produtos alimentícios e contribuir para o aumento no valor nutricional e preservar a qualidade tecnológica destes produtos.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., Arlington, 1995.
- BARROS NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1996, 299p.
- BÁRZANA, E.; GARIBAY-GARCÍA, M. Production of fish protein concentrates in **Fisheries processing: biotechnological applications**. MARTIN, A. M., Chapman&Hall, London, 206-222, 1994.
- BATISTA, I.; MENDES, R.; NELHAS, R.; PIRES, C. **Proteins from sardine and blue whiting recovered by new extraction techniques: Solubility and gelation properties**. First Joint Trans Atlantic Fisheries Technology Conference, Iceland, p. 276-278, 2003.
- BATISTA, I.; PIRES, C.; NELHAS, R. Extraction of sardine proteins by acidic and alkaline solubilisation. **Food Science and Technology International**. v. 13, n. 3, p. 189-194, 2007.
- BERAQUET, N. J. Carne mecanicamente separada de aves. In: Seminário e Curso Teórico-Prático Agregando valor à carne de aves. ITAL, Campinas, v. 1, 2000.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 4, de 31 de março de 2000 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de abril de 2000a, Seção 1, p. 6.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 20, de 31 de julho de 2000 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 de agosto de 2000b, Seção 1, p. 7.

- CORTEZ-VEGA, W. R. **Avaliação e caracterização de surimi processado a partir de carne mecanicamente separada de frango**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande. 103p. Rio Grande, 2008.
- COSTA, P. G. **Processo de extração química e potencial apresentado pela proteína recuperada da matriz dos exoesqueletos de camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 136p. Rio Grande, 2003.
- FONTANA, A. **Avaliação da textura apresentada por embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de corvina (*Micropogonias furnieri*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 98p. Rio Grande, 2007.
- HULTIN, H. O.; KELLEHER, S. D. **Process for isolating a protein composition from a muscle source and protein composition**. U. S. patent 6005073, 1999.
- HULTIN, H. O.; KELLEHER, S. D. **High efficiency alkaline protein extraction**. U. S. patent 6136959, 2000.
- KE, S.; HULTIN, H. O. Role of reduced ionic strength and low pH in gelation of chicken breast muscle protein. **Journal of Food Science**. v. 70, n. 1, p. E1-E6, 2005.
- KUDO, G.; OKADA, M.; MIYAUCHI, D. Gel-forming capacity of washed and unwashed flesh of some Pacific coast species of fish. **Marine Fisheries Review**. v. 35, n. 12, p. 10-15, 1973.
- KUHN, C.; SOARES, G. J. D.; PRENTICE, C. H.; VENDRUSCULO, J. L. S. Avaliação da força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) enriquecido com aditivos protéicos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 21, n. 2, p. 239-248, 2003.
- LANIER, T.; CARVAJAL, P.; YONGSAWATDIGUL, J. Surimi gelation chemistry. In: PARK, J. W. **Surimi and surimi seafood**. 2^a ed., p. 435-477, 2005, 923p.
- LIANG, Y.; HULTIN, H. O.; Functional protein isolates from mechanically deboned turkey by alkaline solubilization with isoelectric precipitation. **Journal of Muscle Foods**. v. 14, n. 3, p. 195-205, 2003.

- LIN, T. M.; PARCK, J. W. Solubility of salmon myosin as affected by conformational changes at various ionic strengths and pH. **Journal of Food Science**. v. 63, n. 2, p. 215-218, 1998.
- LOPES, A. M. **Obtenção e avaliação de propriedades apresentadas por dois tipos de isolados protéicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 116p. Rio Grande, 2005.
- MÓRI, C.; GARCIA, E. A.; ANDRIGHETTO, C.; PELICIA, K. Carne de aves separada mecanicamente. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**. v. VII, n. 4, p. 1-6, 2006.
- NEVES, R. A. M.; DE MIRA, N. V. M.; MARQUEZ, U. M. L. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 101-108, 2004.
- NOLSOE, H.; UNDELAND, I. The acid and alkaline solubilization process for the isolation of muscle proteins: State of the art. **Food and Bioprocess Technology**. v. 2, n. 1, p. 1-27, 2009.
- NUNES, T. P. **Efeito da pré-cura na estabilidade microbiológica da carne mecanicamente separada e elaboração de um produto reestruturado de filés de peito de galinhas de descarte**. Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo. 117p. Piracicaba, 2003.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: Editora UFG, 2001, 623p.
- PERLO, F.; TEIRA, G. A.; BONATO, P. I.; SCHVAB, M. C.; FERREYRA, M. M. Optimización de la etapa de lavado de carne de ave mecanicamente recuperada **Ciencia, Docencia y Tecnologia**. n. 31, p. 241-258, 2005.
- SATHIVEL, S. Functional and nutritional-enhancing protein isolates from Arrowtooth Flounder. **Annual Meeting – Chicago**. University of Alaska. Chicago, 2003.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996.
- SILVA, M. C. **Avaliação de isolados protéicos de pescado obtidos por solubilização química a partir de subprodutos da industrialização do pescado**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005.

- SMYTH, A. B.; O'NEILL, E. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. **Journal of Food Science**. v. 62, n. 2, p. 326-330, 1997.
- TRINDADE, M. A; FELÍCIO, P. E.; CASTILHO, C. J. C. Mechanically separated meat of broiler breeder and white layer spent hens. **Scientia Agricola**. v. 61, n. 2, p. 234-239, 2004.
- UNDELAND, I.; KELLEHER, S. D.; HULTIN, H. O. Recovery of functional proteins from herring (*Clupea harengus*) light muscle by an acid or alkaline solubilization process. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, n. 25, p. 7371-7379, 2002.
- YONGSAWATDIGUL, J.; PARK, J. W. Effects of alkali and acid solubilization on gelation characteristics of rockfish muscle proteins. **Journal of Food Science**. v. 69, n. 7, p. 499-505, 2004.

**5 EFEITO DA ADIÇÃO DE ISOLADO PROTÉICO
DE FRANGO E DA TEMPERATURA DE COCÇÃO
NA TEXTURA DE EMBUTIDO EMULSIONADO**

RESUMO

EFEITO DA ADIÇÃO DE ISOLADO PROTÉICO DE FRANGO E DA TEMPERATURA DE COZIMENTO NA TEXTURA DE EMBUTIDO EMULSIONADO

O aumento no consumo de embutidos deve-se, principalmente, à evolução no estilo de vida das pessoas e aos hábitos alimentares adquiridos nos últimos anos. No entanto, organizações ligadas à saúde alertam sobre os perigos do consumo elevado de gorduras. A substituição de gorduras por isolados protéicos pode contribuir para as propriedades tecnológicas e sensoriais de embutidos, visto que as proteínas apresentam características favoráveis na formação da textura, estabilidade e formação de emulsão, além de fornecer uma fonte protéica de alto valor nutricional. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição de isolado protéico úmido de frango e da temperatura de cozimento nas características de textura de um embutido emulsionado. Metodologia de superfície de resposta foi utilizada para estudar os efeitos simultâneos das variáveis, concentração de isolado protéico de frango (IPF) e temperatura de cozimento sobre as características de textura do embutido, firmeza, força de quebra e força de gel. Os resultados mostraram que temperaturas elevadas entre 82,5 e 87,8°C favoreceram um aumento na firmeza, na força de quebra e na força de gel dos embutidos e que a concentração de IPF não afetou significativamente ($p < 0,05$) as respostas firmeza e força de quebra. Entretanto, a resposta força de gel foi intensificada com concentrações elevadas de IPF na formulação. A avaliação microbiológica demonstrou que as análises do embutido estavam dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira. A salsicha adicionada de IPF apresentou menor tendência a cor branca e menor tendência a cor amarela quando comparada a salsicha de frango comercial. Quanto à análise sensorial, a amostra com maior aceitabilidade e maior intenção de compra foi a salsicha de frango comercial, entretanto, a salsicha com adição de IPF (sem adição de toucinho) apresentou elevado conteúdo de proteína e baixo teor de lipídios quando comparado a salsicha de frango comercial. Isto demonstra que a substituição total da gordura pelo isolado protéico úmido de frango na salsicha contribui para elaboração de um produto com baixo teor de gordura, uma vez que este apresenta um teor de lipídios menor que a salsicha de frango comercial.

Palavras-chave: embutido emulsionado, frango, isolado protéico, textura.

ABSTRACT

EFFECT OF THE CHICKEN PROTEIN ISOLATE ADDITION AND HEATING TEMPERATURE IN TEXTURE OF AN EMULSIFIED SAUSAGE

Increase of meat products consumption as sausages is mainly due to the evolution in the people's lifestyle and the acquired alimentary habits in the last years. However, health organizations alarm about dangers of an excessive intake of fats. The replacement of fat for protein isolate could contribute to improve the technological and sensory properties of sausages, because proteins present favorable characteristics on texture, emulsion stability and binding capacity, besides supplying a protein source of high nutritional value. The objective of this work was to study the effect of addition of chicken protein isolate and the heating temperature on texture characteristics of an emulsified sausage. Response surface methodology was used to study simultaneous effects of the variables: chicken protein isolate (CPI) concentration and heating temperature on sausage texture, firmness, breaking force and gel strength. The results showed that high temperature, between 82.5 and 87.8°C occur a rise on firmness, breaking force and gel strength of the sausages and the CPI concentration was not significant ($p < 0.05$) to firmness and breaking force. However, the gel strength was intensified with high CPI concentrations on the formulation. Microbiological evaluation of the sausages was according to Brazilian legislation. The sausage with CPI showed smaller tendency to white color and smaller tendency to yellow color than commercial chicken sausage. On the sensory analysis, the commercial chicken sausage showed bigger acceptability and bigger purchase intention than sausage with CPI. However, the sausage with CPI addition (without pig lard addition) showed lower fat than commercial chicken sausage. It was show that replacement of total fat content for chicken protein isolate in emulsionated sausage contributes to elaboration of a product with low fat, once showed smaller lipids content than commercial chicken sausage.

Key-words: chicken, emulsionated sausage, protein isolate, texture.

5.1 INTRODUÇÃO

Produtos cárneos processados são aqueles em que as propriedades originais da carne fresca foram modificadas através de tratamento físico, químico ou biológico, ou ainda, através da combinação destes métodos. O processo envolve geralmente cortes intensos, a adição de condimentos, especiarias e aditivos (PARDI *et al.*, 1994).

As propriedades desejáveis de um embutido emulsionado são determinadas principalmente pela capacidade de retenção de água e também pelos lipídios retidos na matriz protéica. Desta forma, a gordura é considerada um componente essencial nesses produtos proporcionando maciez, suculência e emulsões estáveis (FISCHER, 1994; PARDI *et al.*, 2001). Aspectos tecnológicos associados ao processamento dos produtos cárneos com conteúdos reduzidos de gordura incluem alterações de textura e sabor (CREHAN *et al.*, 2000; ORDÓÑEZ *et al.*, 2001).

A textura de um alimento é um dos atributos primordiais na aceitação perante o consumidor. Cada alimento ou produto alimentício tem características bem definidas, que geralmente são percebidas em primeira instância como características de textura. Assim, no desenvolvimento de produtos alimentícios é de suma importância estudar as propriedades reológicas, pois as mesmas demonstram instrumentalmente as características que serão percebidas pelos consumidores (SMEWING, 2001).

Considerando que a gordura é necessária para o desenvolvimento de propriedades relacionadas à textura, aroma e sabor dos embutidos, a redução total do conteúdo de gordura pode tornar o produto inaceitável para o consumo (ANDRÉS *et al.*, 2008; MUGUERZA *et al.*, 2004). No entanto, a substituição de gorduras por biopolímeros protéicos pode contribuir para as propriedades tecnológicas e sensoriais de embutidos. Segundo Sgarbieri (1987) as proteínas apresentam características favoráveis na formação da textura, estabilidade e formação de emulsão, além de fornecer uma fonte protéica de alto valor nutricional. Com isso, a substituição de gordura por isolado protéico de frango (IPF) pode favorecer o desenvolvimento de embutidos emulsionados com teor reduzido de gordura e um nível apreciável de proteínas, com características semelhantes a um produto comercial.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da adição de isolado protéico úmido de frango e da temperatura de cocção, nas características de textura de um embutido emulsionado de frango.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material

5.2.1.1 Matéria-prima e insumos

Carne mecanicamente separada (CMS) de frango fornecida pela Companhia Minuano de Alimentos localizada na cidade de Arroio do Meio, RS, Brasil.

Coxa e sobre coxa de frango foram obtidas no comércio local da cidade de Rio Grande, RS, Brasil. As matérias-primas foram armazenadas em freezer à temperatura de -18 °C, até que fossem processadas.

Aditivos e coadjuvantes tecnológicos necessários para o desenvolvimento do embutido foram fornecidos pela empresa Duas Rodas de Jaraguá do Sul, SC, Brasil.

5.2.1.2 Infra-estrutura

O processo tecnológico foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, localizado no Campus Cidade da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Foram utilizados como apoio, outros laboratórios também localizados no Campus Cidade da FURG, dentre eles o Laboratório de Microbiologia de Alimentos, o Laboratório de Análise Sensorial e Controle de Qualidade, o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e o Núcleo de Pesquisas em Engenharia.

5.2.1.3 Reagentes químicos

Os reagentes químicos utilizados no processamento, nas determinações químicas e microbiológicas foram de qualidade P. A.

5.2.2 Metodologia

5.2.2.1 Caracterização da matéria-prima

5.2.2.1.1 pH

A determinação do pH da matéria-prima foi realizada conforme metodologia da AOAC (1995), onde 50 g de coxa e sobre coxa de frango foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada. O pH foi medido utilizando-se potenciômetro de bancada (ANALION, modelo PM 608).

5.2.2.1.2 Composição proximal

O conteúdo de umidade da carne proveniente da coxa e sobre coxa de frango foi determinado de acordo com o método gravimétrico (n° 950.46) em estufa a 105°C; o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (n° 928.08), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25; o conteúdo de lipídios foi obtido pelo método de Soxhlet (n° 960.39) e teor de cinzas, por método gravimétrico (n° 920.153) em mufla a 500-600°C, conforme a AOAC (1995).

5.2.2.2 Obtenção de isolado protéico úmido de frango

Para adição no embutido emulsionado foi utilizado um isolado protéico úmido obtido a partir de solubilização alcalina e precipitação isoelétrica da proteína da carne mecanicamente separada de frango. Através deste processo obteve-se um isolado protéico úmido de frango com as melhores características de formação de gel.

Para obtenção do isolado protéico, a carne mecanicamente separada de frango foi homogeneizada em béquer de vidro com água destilada a 4°C na proporção de 1:4 (CMS:água) por 60 s em agitador eixo-hélice. A solubilização das proteínas foi realizada ajustando-se o pH da suspensão em 11,0 com NaOH 1N, por um período de 20 min a 10°C. Após a solubilização, a suspensão foi centrifugada a 7500xg por 25 min. Três camadas foram obtidas após a centrifugação: na fase superior os lipídios, na intermediária as proteínas solúveis e na fase inferior as proteínas insolúveis. A fase intermediária foi recolhida e as demais foram descartadas. As proteínas solúveis foram precipitadas no ponto isoelétrico em pH 5,4 com adição de HCl 1N, por um período de 10 min. As proteínas precipitadas foram separadas por centrifugação a 7500xg por 25 min. Duas camadas foram obtidas: na fase superior, o resíduo líquido que foi descartado e na fase inferior, o isolado protéico úmido que foi acondicionado em embalagens plásticas e armazenado a 4°C por não mais que 24h para posterior adição no embutido emulsionado.

5.2.2.3 Caracterização do isolado protéico úmido de frango

5.2.2.3.1 pH

A determinação do pH do isolado protéico de frango (IPF) foi realizada conforme metodologia da AOAC (1995), onde 50 g de IPF foram homogeneizadas em

50 mL de água destilada. O pH foi medido utilizando-se potenciômetro de bancada (ANALION, modelo PM 608).

5.2.2.3.2 Composição proximal

O conteúdo de umidade foi determinado de acordo com o método gravimétrico (n° 950.46) em estufa a 105°C, cinzas por método gravimétrico (n° 920.153) em mufla a 500-600°C e o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (n° 928.08), conforme a AOAC (1995), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25. A determinação de lipídios totais foi realizada segundo metodologia descrita por Bligh e Dyer (1959).

5.2.2.4 Processamento de embutido emulsionado de frango

A Figura 14 apresenta o fluxograma do processo de obtenção de um embutido emulsionado conforme metodologia descrita por Terra (2000) com modificações.

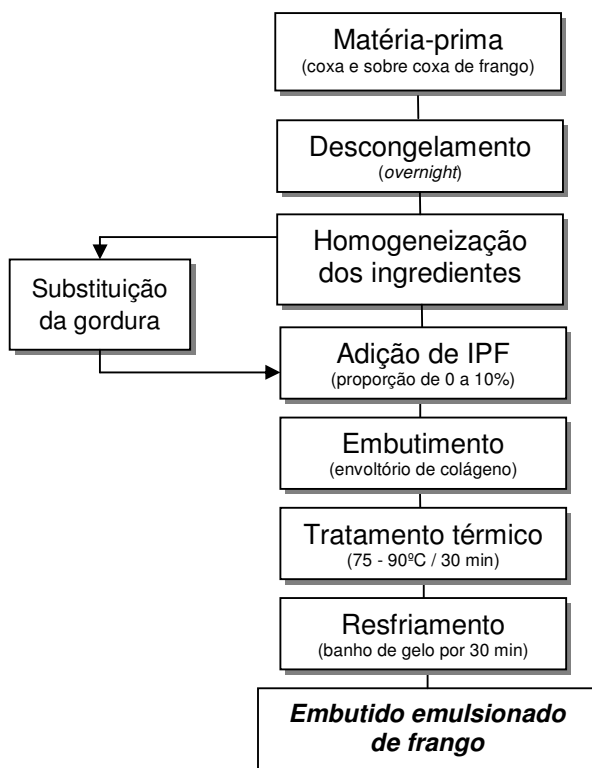


Figura 14: Fluxograma do processamento de embutido emulsionado de frango com adição de IPF.

- *Descongelamento*

A matéria-prima foi descongelada sob refrigeração e triturada em moedor manual de carnes.

- *Homogeneização*

A massa de embutido foi obtida pela mistura manual dos ingredientes mostrados na Tabela 22. A homogeneização foi realizada por tempo suficiente para que a mistura formasse emulsão, aproximadamente 20 min. Durante esta etapa, a temperatura foi monitorada para que não ultrapassasse 10 °C.

Tabela 22: Formulação utilizada para o processamento de embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de frango.

Ingredientes	Quantidade (%)
Coxa e sobre coxa de frango	70
Toucinho suíno	10
Gelo	15
Cura 101	0,25
Fixador de cor 302	0,25
Estabilizante 201/5	0,25
Realçador de sabor 404/5	0,20
Condimento para salsicha 603/1	0,50
Açúcar refinado	0,20
Sal refinado	1,35
Fécula de batata	2
TOTAL	100

Fonte: Duas Rodas Industrial (2007)

Com a finalidade de obter um produto com teor reduzido de gordura, foi substituído o toucinho por isolado protéico úmido de frango (IPF) no embutido, na proporção de 0 a 10%. As diferentes proporções de IPF como substituto de gordura podem ser observadas na Tabela 23.

- *Embutimento*

A massa emulsionada foi colocada em embutideira manual com capacidade de 2 Kg (PIZELLI, Brasil) mostrada na Figura 15 e injetada em envoltório de colágeno de aproximadamente 2,5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento com as extremidades amarradas com barbante. Os envoltórios foram preparados para embutimento mergulhando-as em solução de ácido acético 4% a temperatura ambiente por no mínimo 3 h.



Figura 15: Embutideira manual.

- *Tratamento térmico*

O embutido foi levado a cozimento por imersão em tanque de banho-maria (QUIMIS, modelo Q-214 M2) por 30 min, em temperaturas variando entre 75°C e 90°C conforme mostrado na Tabela 23.

- *Resfriamento*

Imediatamente após o tratamento térmico, o embutido foi resfriado em banho de gelo por 30 min.

- *Armazenamento*

O embutido foi armazenado em refrigerador a 4°C por não mais que 48 h para posterior análise.

5.2.2.5 Caracterização do embutido emulsionado de frango

5.2.2.5.1 pH

A determinação do pH do embutido foi realizada conforme metodologia da AOAC (1995), onde 50 g de embutido emulsionado foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada. O pH foi medido utilizando-se potenciômetro de bancada (ANALION, modelo PM 608).

5.2.2.5.2 Rendimento

O rendimento foi calculado através de proporção entre a quantidade de embutido emulsionado obtido e a quantidade de matéria-prima (coxa e sobre coxa de frango).

5.2.2.5.3 Composição proximal

O conteúdo de umidade dos embutidos foi determinado de acordo com o método gravimétrico (n° 950.46) em estufa a 105°C; o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl (n° 928.08), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 6,25; o conteúdo de lipídios foi obtido pelo método de Soxhlet (n° 960.39) e cinzas, por método gravimétrico (n° 920.153) em mufla a 500-600°C, conforme a AOAC (1995). Carboidratos foram calculados por diferença (100 g - gramas totais de umidade, proteína, lipídios e cinzas).

5.2.2.5.4 Análise microbiológica

Seguindo a resolução RDC n°12 (BRASIL, 2001), as análises microbiológicas realizadas foram *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* e *Escherichia coli*, conforme a metodologia recomendada por Silva (1997).

5.2.2.5.5 Textura

Foram realizados testes de penetração e corte, sendo medidas a força de quebra, distância de ruptura e firmeza utilizando analisador de textura (marca Stable

Micro Systems, modelo TA.XT plus), conforme Pietrasik e Duda (2000) e Andrés *et al.* (2008). Os resultados de força de gel foram obtidos pela multiplicação dos dados de força de quebra e distância de ruptura (CORTEZ-VEGA, 2008). O teste de penetração foi realizado utilizando-se sonda esférica de 5 mm de diâmetro, velocidade pré-teste de 1 mm/s, velocidade do teste de 0,83 mm/s, velocidade pós-teste de 10 mm/s e distância de 11 mm, comprimindo-se as amostras axialmente. Para o teste de corte utilizou-se sonda tipo lâmina aberta (Warner Bratzler), conforme a Figura 16. As amostras foram cortadas no sentido radial com velocidade de pré-teste de 1 mm/s, velocidade do teste de 0,83 mm/s, velocidade pós-teste de 10 mm/s e distância de 11 mm.

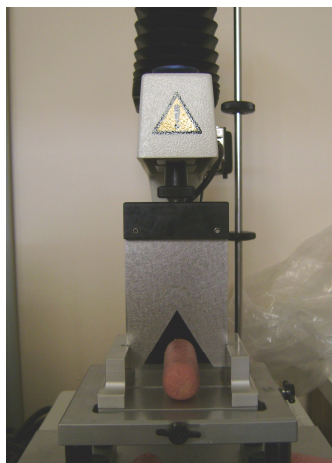


Figura 16: Corte dos embutidos de frango com lâmina aberta (Warner Bratzler).

5.2.2.5.6 Cor

A cor do embutido de frango elaborado com adição de IPF e do embutido comercial foi determinada usando colorímetro Minolta modelo CR-300, usando sistema CIEL*a*b*, onde os valores de luminosidade (L^*) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo).

5.2.2.5.7 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial do embutido adicionado de isolado protéico úmido de frango foi realizada mediante teste de aceitação utilizando escala hedônica de nove

pontos (LAWLESS e HEYMANN, 1999; MORAES, 1985; TEIXEIRA *et al.*, 1987) com 50 julgadores não treinados que receberam fatias de 1 cm de espessura das duas amostras simultaneamente, uma amostra de salsicha comercial e uma amostra de salsicha com isolado protéico, servidas em pratos brancos codificados com algarismos de três dígitos e em ordem casualizada, e um copo com água à temperatura ambiente para proceder a avaliação. Solicitou-se que as amostras fossem avaliadas em escala estruturada variando de gostei muitíssimo a desgostei muitíssimo. Além disso, foi analisada a frequência de consumo e a intenção de compra do produto pelo consumidor (FERREIRA *et al.*, 2000), conforme ficha de avaliação sensorial apresentada na Figura 17. O teste foi conduzido em cabines individuais iluminadas com lâmpadas fluorescentes (luz do dia). Os julgadores possuíam entre 20 e 40 anos, de ambos os sexos, escolhidos de modo aleatório, sem conhecimento sobre a composição das amostras.

Nome: _____	Idade: _____	Sexo: () F () M	Data: ___/___/___
<i>Você tem o hábito de consumir salsicha de frango?</i>			
() Sim () Não			
<i>Se sim, quantas vezes ao mês?</i>			
() Mais de 20 vezes			
() Entre 10 e 20 vezes			
() Até 10 vezes			
<i>Se você encontrasse estes produtos a venda:</i>			
Amostra:	_____	_____	
	()	()	Certamente compraria
	()	()	Provavelmente compraria
	()	()	Talvez comprasse , talvez não comprasse
	()	()	Provavelmente não compraria
	()	()	Certamente não compraria
<i>Avalie as amostras de salsicha usando a escala abaixo, para descrever o quanto você gostou ou desgostou das amostras.</i>			
Amostra:	_____	_____	
	()	()	1 - Desgostei muitíssimo
	()	()	2 – Desgostei muito
	()	()	3 – Desgostei regularmente
	()	()	4 – Desgostei ligeiramente
	()	()	5 - Indiferente
	()	()	6 – Gostei ligeiramente
	()	()	7 – Gostei regularmente
	()	()	8 – Gostei muito
	()	()	9 – Gostei muitíssimo
Comentários: _____			

Figura 17: Ficha de avaliação sensorial utilizada para analisar os embutidos de frango.

5.2.2.6 Planejamento experimental e análise estatística

Foi realizado um planejamento composto central rotacional 2^2 com três repetições no ponto central e quatro pontos axiais, totalizando onze ensaios (BARROS NETO *et al.*, 1996). Foram analisados diferentes parâmetros tecnológicos para obter um produto com menor teor de gordura e com qualidade tecnológica semelhante ao produto comercial.

Como variáveis independentes foram estudadas a concentração de isolado protéico úmido de frango adicionado ao embutido (%) e a temperatura de cocção do embutido (°C). Como respostas foram avaliadas as características de textura do produto.

As variáveis independentes e seus respectivos níveis codificados para o processo de obtenção do embutido estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23: Valores das variáveis em seus níveis codificados para o processamento do embutido emulsionado.

Variáveis	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
Concentração de IPF (%)	0	1,45	5	8,54	10
Temperatura (°C)	75	77,2	82,5	87,8	90

Para a análise do efeito combinado das variáveis independentes, concentração de isolado protéico úmido de frango e temperatura de cocção nas respostas avaliadas empregou-se a Metodologia de Superfície de Resposta para desenvolver modelos matemáticos de segunda ordem, contendo termos lineares, quadráticos e de interação das variáveis independentes. Um modelo para ser aceitável deve ter boa significância ($p \leq 0,05$), alta confiabilidade (resíduo irrelevante) e baixa variabilidade ($R^2 \geq 70\%$ e $C.V. \leq 10\%$).

A influência da concentração de isolado protéico úmido de frango e a temperatura de cocção do embutido foi avaliada estatisticamente submetendo os resultados obtidos de textura a análise de efeitos, verificação dos modelos empíricos, com cálculo dos coeficientes de regressão, e montagem das tabelas da ANOVA a fim de comparar os valores de F, considerando o modelo estatístico preditivo quando o valor de F calculado for, no mínimo, três vezes maior que o F tabelado.

Os resultados de cor e os dados da análise sensorial foram avaliados estatisticamente mediante teste t de Student ao nível de 5% de significância.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização das matérias-primas

A Tabela 24 apresenta a composição proximal da carne de frango (coxa e sobre coxa) e do isolado protéico úmido de frango (IPF) obtido por processo de solubilização alcalina, utilizados na produção dos embutidos.

Tabela 24: Composição proximal da carne de frango e do IPF alcalino.

Componentes (%)*	Carne de frango	IPF alcalino
Umidade	74,5 ± 0,57	82,3 ± 0,05
Proteína	20,7 ± 0,63	13,3 ± 0,13
Gordura	4,2 ± 0,30	1,4 ± 0,08
Cinzas	0,6 ± 0,03	2,8 ± 0,10

*Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão.

A Tabela 24 apresenta a composição proximal da carne de frango utilizada na elaboração dos embutidos. Obteve-se 74,5% de umidade, 20,7% de proteínas, 4,2% de gordura e 0,6% de cinzas. Os resultados obtidos diferiram dos resultados encontrados por Kondaiah e Panda (1987) que apresentaram para filé de coxa de galinha, umidade de 69,6%, proteínas de 19,5%, gordura de 8,8 e cinzas 1%. Comparando em base seca, o teor de proteína para a coxa e sobre coxa foi de 81,3% e gordura de 16,4%, enquanto para o filé de coxa de galinha obteve-se teor de proteína de 64,8% e gordura de 29,2%. Essa diferença pode ser explicada devido a fatores que influenciam a composição da carne, como espécie animal, idade, sexo e tipo de alimentação.

Quanto à composição do isolado protéico úmido de frango obtido por processo de solubilização alcalina, utilizado para elaboração dos embutidos como substituto da gordura pode-se observar que os resultados, em base seca, foram: 74,9% de proteína, 8% de gordura e 15,5% de cinzas. O elevado conteúdo de cinzas deve-se a formação de sais durante o processo, em consequência da adição de ácido e base para o ajuste do pH. Além disso, devem-se considerar as pequenas

quantidades de cálcio e colágeno derivados da CMS. O teor de lipídios foi reduzido de 56,7% na CMS para 8% no isolado protéico obtido por solubilização alcalina, uma redução de aproximadamente 86% no conteúdo de gordura.

No processo de solubilização alcalina para extração de proteína de carne mecanicamente separada de peru apresentado por Liang e Hultin (2003), os resultados encontrados foram menores para proteína e lipídios quando comparado com este estudo. Os autores obtiveram isolados protéicos com a seguinte composição (em base seca): 63% de proteína e 3,2% de gordura. Nesse trabalho, o conteúdo de lipídios, em base seca, foi reduzido de 49,5% na carne mecanicamente separada de peru para 3,2% no isolado protéico resultante, uma diminuição de aproximadamente 93%.

O valor de pH para coxa e sobre coxa de frango desossada manualmente utilizada para elaborar os embutidos emulsionados foi de $6,67 \pm 0,01$. Segundo Beraquet (2000), a carne de peito desossada manualmente apresenta pH entre 5,8 e 5,9 e a coxa entre 6,2 e 6,3. Estes valores mais altos de pH contribuem para aumentar a perecibilidade microbiológica da carne.

Para as proteínas isoladas a partir de carne mecanicamente separada (CMS) de frango por processo de solubilização alcalina, o valor de pH final foi de $5,36 \pm 0,02$ devido ao fato do pH de precipitação da proteína presente na CMS ser 5,4. De acordo com Costa (2003) como as proteínas solúveis são recuperadas por precipitação isoelétrica, o pH do produto final foi estabelecido em 4,5, pois a proteína totalmente solúvel não precipita a não ser que alcance o ponto isoelétrico a pH 4,5.

5.3.2 Embutido emulsionado

A Tabela 25 apresenta as respostas firmeza, força de quebra e força de gel dos embutidos emulsionados adicionados de IPF e submetidos a diferentes temperaturas de cocção.

Tabela 25: Variáveis independentes e respostas para o processo de obtenção do embutido emulsionado de frango adicionado de IPF utilizando planejamento composto central rotacional 2².

Ensaio ^a	IPF (%)	Temp. (°C)	Firmeza (N) ^b	Força de quebra (g) ^b	Força de gel (g.cm) ^b
1	-1	-1	17,11 ± 1,34	393,15 ± 21,27	2684,87 ± 155,71
2	+1	-1	17,17 ± 1,66	405,98 ± 16,77	2969,78 ± 95,76
3	-1	+1	19,43 ± 2,40	468,21 ± 32,36	3449,03 ± 315,44
4	+1	+1	15,32 ± 1,28	440,23 ± 33,76	3409,52 ± 217,05
5	-1,41	0	12,68 ± 0,74	448,59 ± 67,26	3590,27 ± 676,70
6	+1,41	0	15,26 ± 0,86	480,33 ± 34,22	3505,94 ± 142,44
7	0	-1,41	19,11 ± 2,08	330,99 ± 28,70	2578,20 ± 200,24
8	0	+1,41	18,09 ± 2,88	503,03 ± 32,93	3720,70 ± 333,77
9	0	0	13,99 ± 2,11	433,03 ± 43,56	2990,03 ± 299,24
10	0	0	12,79 ± 1,19	393,86 ± 38,40	2847,36 ± 249,35
11	0	0	14,50 ± 1,29	436,20 ± 29,08	3198,94 ± 266,30

^a Experimentos realizados em ordem aleatória; ^b Os resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão.

Conforme a Tabela 25, a firmeza dos embutidos emulsionados adicionados de isolado protéico úmido de frango obtido por processo de solubilização alcalina apresentou variação de 12,7 a 19,1 N. A força de quebra dos embutidos variou de 331 a 503 g e para a resposta força de gel, observou-se variação de 2578,2 a 3720,7 g.cm.

5.3.2.1 Firmeza dos embutidos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta firmeza. A Tabela 26 apresenta os efeitos da concentração de isolado protéico na formulação do embutido, a temperatura de cocção do embutido e a interação destas variáveis sobre a resposta firmeza a um nível de 95% de confiança.

Tabela 26: Efeitos estimados para a resposta firmeza utilizando SS residual.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	13,75421	0,864330	15,91314	0,000018*
(1) IPF (L)	-0,10508	1,060175	-0,09912	0,924897
IPF (Q)	0,69710	1,265064	0,55104	0,605322
(2) Temperatura (L)	-0,24252	1,060175	-0,22876	0,828120
Temperatura (Q)	5,35633	1,265064	4,23403	0,008216*
1L x 2L	-2,07950	1,497082	-1,38904	0,223511

*Significativo $p < 0,05$; Coeficiente de determinação $R^2 = 0,80337$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 26) mostra que a variável independente temperatura exerce efeito quadrático positivo sobre a resposta firmeza. Isto significa que a variação de temperatura de 75 para 90°C ocasiona um aumento na firmeza dos embutidos.

Os resultados observados na análise de efeitos principais mostram que as diferentes concentrações de IPF testadas, como substituto de gordura, na formulação dos embutidos não afetou significativamente ($p < 0,05$) a resposta firmeza.

Fontana (2007) avaliou a dureza de embutidos emulsionados adicionados de isolado protéico úmido de corvina obtido por solubilização alcalina e submetidos a diferentes temperaturas de cocção. Os resultados mostraram que a diminuição da gordura e a variação da temperatura de cocção não apresentaram nenhum efeito significativo sobre a dureza dos embutidos emulsionados.

Entretanto, Cortez-Vega (2008) encontrou maiores valores para firmeza em salsicha elaborada a partir de surimi de frango quando se aumentou o conteúdo de toucinho na formulação. Em geral, mudanças no conteúdo de gordura afetam as características de textura de salsichas, geralmente a firmeza aumenta com o aumento dos níveis de gordura (PIETRASIK e DUDA, 2000).

5.3.2.2 Força de quebra dos embutidos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta força de quebra. A Tabela 27 apresenta os efeitos da concentração de isolado protéico na formulação do embutido, a temperatura de cocção do embutido e a interação destas variáveis sobre a resposta força de quebra a um nível de 95% de confiança.

Tabela 27: Efeitos estimados para a resposta força de quebra utilizando SS residual.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	421,0851	16,76052	25,12362	0,000002*
(1) IPF (L)	7,4211	20,55821	0,36098	0,732863
IPF (Q)	36,6121	24,53130	1,49246	0,195789
(2) Temperatura (L)	88,2342	20,55821	4,29192	0,007775*
Temperatura (Q)	-11,1212	24,53130	-0,45335	0,669294
1L x 2L	-20,4075	29,03042	-0,70297	0,513448

*Significativos $p < 0,05$; Coeficiente de determinação $R^2 = 0,81573$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 27) mostra que a variável independente temperatura exerce efeito linear positivo sobre a resposta força de quebra. Isto significa que a variação de temperatura de 77,2 para 87,8°C ocasiona um aumento na força de quebra dos embutidos. Os resultados também mostraram que as diferentes concentrações de IPF testadas, como substituto de gordura, na formulação dos embutidos não afetou significativamente ($p < 0,05$) a resposta força de quebra.

Cortez-Vega (2008) avaliou a influência da adição de toucinho sobre a força de corte (g) de salsichas de surimi de frango e observou que os diferentes teores de gordura adicionada não afetaram significativamente ($p < 0,05$) esta característica de textura.

No estudo realizado por Fontana (2007) o aumento da temperatura de cocção diminuiu a força de penetração do embutido, indicando que temperaturas mais elevadas podem ter provocado a desnaturação das proteínas, alterando a capacidade geleificante.

5.3.2.3 Força de gel dos embutidos

O tratamento estatístico dos dados obtidos permitiu a análise dos efeitos das variáveis independentes sobre a resposta força de gel. A Tabela 28 apresenta os efeitos da concentração de isolado protéico na formulação do embutido, a temperatura de cocção do embutido e a interação destas variáveis sobre a resposta força de gel a um nível de 90% de confiança.

Tabela 28: Efeitos estimados para a resposta força de gel utilizando SS residual.

Variáveis	Efeitos	Erro padrão	Valor t	Valor p
Média	3012,993	115,2350	26,14652	0,000002*
(1) IPF (L)	31,719	141,3455	0,22441	0,831321
IPF (Q)	426,407	168,6620	2,52818	0,052647**
(2) Temperatura (L)	705,809	141,3455	4,99350	0,004128*
Temperatura (Q)	25,368	168,6620	0,15041	0,886323
1L x 2L	-162,211	199,5952	-0,81270	0,453332

*Significativos $p < 0,05$; **Significativos $p < 0,1$; Coeficiente de determinação $R^2 = 0,86636$

A análise dos efeitos estimados (Tabela 28) mostra que a variável independente temperatura exerce efeito linear positivo sobre a resposta força de gel. Isto significa que a variação de temperatura de 77,2 para 87,8°C ocasiona um aumento na resposta. Para a variável concentração de IPF, a mudança de 0 para 10% provocou efeito quadrático positivo sobre a resposta, significando um aumento na força de gel dos embutidos.

Andrés *et al.* (2006a) estudaram as características de textura de salsichas de frango adicionadas de concentrado protéico de soro de leite e observaram que o aumento na concentração de concentrado protéico de soro aumentou a coesividade das salsichas de frango sem adição de gordura. Segundo os autores as propriedades de formação de gel do concentrado protéico de soro estão relacionadas a desnaturação e ao desdobramento das cadeias protéicas durante o tratamento térmico. Interações intermoleculares são favorecidas em detrimento a interações intramoleculares o que pode favorecer a formação de uma rede protéica que aumenta a força de gel e a firmeza dos produtos.

Os resultados observados na análise de efeitos principais mostram que concentrações elevadas de IPF e valores elevados de temperatura aumentam a força de gel dos embutidos emulsionados elaborados com adição IPF como substituto de gordura. Sendo assim, é possível obter embutidos com menor teor de gordura optando por formulações com 10% de IPF, ou seja, substituindo totalmente o toucinho da formulação e utilizando temperaturas de cocção de 82,5 a 87,8°C.

Para verificação do modelo matemático preditivo, consideraram-se somente as variáveis independentes que apresentaram efeito significativo ($p < 0,1$) sobre a resposta força de gel (ANEXO C). A Tabela 29 apresenta a análise estatística

para esta resposta e a partir dos valores de F calculado e F tabelado foi possível afirmar se o modelo é significativo e preditivo.

Tabela 29: Análise de variância para a resposta força de gel a um nível de 90% de confiança.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
Regressão	1262062	2	631031	22,10
Resíduo	228411	8	28551,375	
Falta de Ajuste	165874	6		
Erro Puro	62537	2		
Total	1490473	10		

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; F = teste de Fisher

Coefficiente de determinação $R^2 = 0,84675$

F tabelado = 3,11

A análise de variância mostrou que o modelo quadrático apresentou um bom ajuste aos dados experimentais para a resposta força de gel (Tabela 29). Obteve-se um modelo preditivo, visto que o F calculado foi suficientemente maior (3x) que o F tabelado. Os coeficientes de regressão utilizados na construção do modelo estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30: Coeficientes de regressão para resposta força de gel utilizando SS residual considerando apenas as variáveis significativas.

Variáveis	Coef. de Regressão	Erro Padrão	t(5)	p	Lim.Conf.	Lim.Conf.
					-90%	+90%
Média	3024,870	71,04862	42,57464	0,000000*	2892,751	3156,988
IPF (Q)	209,508	68,29451	3,06771	0,015401*	82,511	336,505
(2)Temperatura (L)	352,905	59,82953	5,89850	0,000362*	241,649	464,160

*Significativos $p < 0,05$

O modelo quadrático utilizando os valores codificados, que representa a força de gel (g.cm) em função da concentração de IPF e da temperatura de cocção do embutido, está apresentado na Equação 4.

$$\text{Força de gel (g.cm)} = 3024,87 + 209,51 \text{concentração de IPF}^2 + 352,9 \text{temperatura} \quad (4)$$

$$R^2 = 0,85$$

Desta forma, o modelo foi utilizado na construção da superfície de resposta e da curva de contorno, permitindo a visualização das variáveis que apresentam influência significativa sobre a variável dependente, força de gel.

As Figuras 18 e 19 apresentam a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável dependente força de gel, em função da concentração de IPF e da temperatura de cocção do embutido.

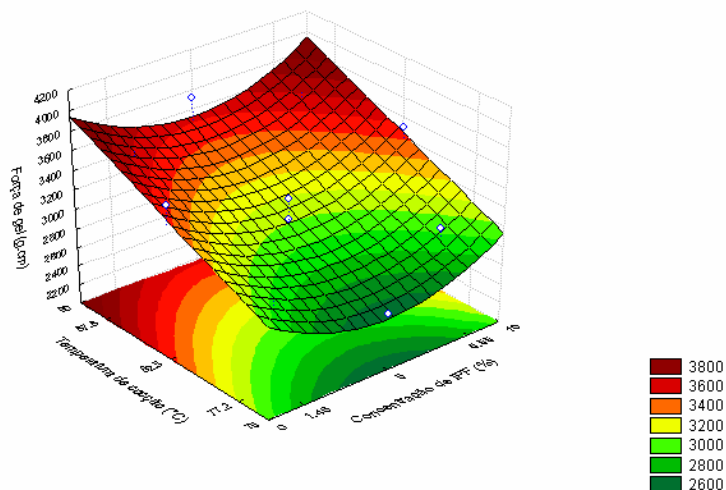


Figura 18: Superfície de resposta gerada para força de gel em função da temperatura de cocção e concentração de IPF no embutido de frango.

Analisando a superfície de resposta, pode-se confirmar os resultados observados na análise de efeitos principais, que mostra que altas concentrações de IPF e valores elevados de temperatura aumentam a força de gel dos embutidos.

É possível verificar que na faixa de temperatura entre 82,5 a 87,8°C e concentração de IPF de 10%, consegue-se obter um embutido com teor reduzido de gordura, visto que o toucinho pode ser totalmente substituído por isolado protéico sem diminuir qualidade tecnológica do produto.

De acordo com Estévez *et al.* (2006) as diferenças nas propriedades de textura entre os produtos cárneos são normalmente influenciadas por vários fatores, como: formulação, funcionalidade das proteínas e a quantidade e características da gordura.

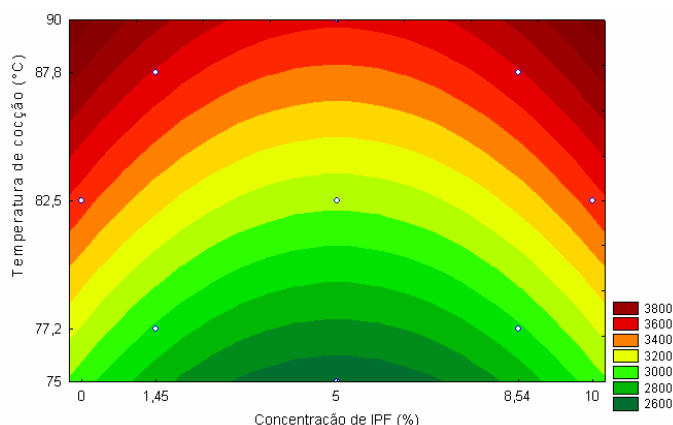


Figura 19: Curva de contorno para a resposta força de gel em função da temperatura de cocção e concentração de IPF no embutido de frango.

No ANEXO D, está apresentada a porcentagem de desvio da força do gel experimental e a força de gel predito pelo modelo matemático. Os resultados mostraram que os desvios foram baixos, comprovando a validade estatística do modelo encontrado.

5.3.3 Caracterização do embutido emulsionado

Pode-se afirmar que as diferentes concentrações de IPF testadas, como substituto de gordura, na formulação dos embutidos não afetou significativamente ($p < 0,05$) a resposta firmeza e a resposta força de quebra. Além disso, concentrações elevadas de IPF aumentaram a força de gel dos embutidos emulsionados. Também se observou que o aumento de temperatura, ocasionou aumento em todas as respostas analisadas. Sendo assim, foi possível obter um embutido com menor teor de gordura optando pela formulação com 10% de IPF, ou seja, substituindo todo o toucinho da formulação, e temperatura de cocção de 82,5°C.

5.3.3.1 Análises físico-químicas

A Tabela 31 apresenta a composição proximal do embutido emulsionado adicionado de 10% de isolado protéico úmido de frango (IPF), substituindo todo o toucinho presente na formulação tradicional.

Tabela 31: Composição proximal do embutido adicionado de IPF e do embutido comercial.

Componentes (%)*	Salsicha com IPF		Salsicha comercial	
	(b.u)	(b.s)	(b.u)	(b.s)
Umidade	72,7 ± 0,18 ^a	-	66,6 ± 0,04 ^b	-
Proteína	17,8 ± 0,39 ^a	65,1 ± 1,43 ^A	13,4 ± 0,06 ^b	40,0 ± 0,18 ^B
Gordura	4,4 ± 0,17 ^b	15,9 ± 0,62 ^B	13,3 ± 0,05 ^a	39,9 ± 0,15 ^A
Cinzas	2,9 ± 0,09 ^b	10,5 ± 0,33 ^A	3,4 ± 0,04 ^a	10,2 ± 0,12 ^A
Carboidratos	2,3 ± 0,16 ^b	8,5 ± 0,60 ^B	3,3 ± 0,04 ^a	9,9 ± 0,12 ^A

*Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$). Onde b.u = base úmida; b.s = base seca. Carboidratos foram calculados por diferença (100 g - gramas totais de umidade, proteína, lipídios e cinzas).

Na Tabela 31 pode-se observar os valores da composição proximal da salsicha adicionada de IPF e analisando os resultados, verificou-se que a salsicha apresentou elevado teor de proteína (17,8%) e baixo conteúdo de gordura (4,4%).

Comparando-se os resultados com a salsicha de frango comercial que apresentou 13,4% de proteína e 13,3% de gordura, pode-se afirmar que a salsicha com IPF apresenta como vantagem o elevado conteúdo de proteína e o baixo teor de gordura, uma vez que esta apresenta um teor de lipídios 60% menor do que a salsicha de frango comercial devido a substituição total do toucinho por isolado protéico na formulação. Sendo assim, pode-se afirmar que a salsicha com adição de IPF é um produto “light”, visto que os teores encontrados satisfazem a legislação brasileira (BRASIL, 1998), a qual define como produtos “light” aqueles que apresentam uma redução de pelo menos 25% de seu valor calórico total.

Madruza *et al.* (2004) em seu estudo sobre teores de colesterol de lingüiças de frango “light” e tradicionais encontraram para a lingüiça tradicional 13,8% de lipídios e 6,2% para a lingüiças “light”, correspondendo a apenas 44,9% do teor de gordura dos produtos tradicionais.

Andrés *et al.* (2006b) avaliaram a estabilidade de salsichas de peito de frango com diferentes teores de gordura. As salsichas elaboradas com 5% de gordura apresentaram 72,3% de umidade, 14,4% de proteína, 5,8% de gordura e 2,9% de cinzas. Os resultados de proteína foram inferiores quando comparados ao teor de proteína obtido para salsicha com IPF. Além disso, a salsicha com IPF apresentou menor conteúdo de gordura. Em estudo realizado por Cortez-Vega (2008) a salsicha

de surimi de CMS de frango obteve 74,4% de umidade, 12,2% de proteína, 5,7% de lipídios, 4,1% de carboidratos e 3,7% de cinzas.

De acordo com Pietrasik e Duda (2000) o conteúdo de gordura é inversamente proporcional ao conteúdo de umidade presente na salsicha. Neste estudo, os níveis de umidade das salsichas variaram de 58,9 para 68,2% e o conteúdo de gordura variou entre 22,6 e 31,6%, sendo o maior valor para salsicha com menor umidade. O teor de proteína das salsichas elaboradas com misturas de carragena e proteína de soja variou de 8,8 para 10,5%.

O pH do embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de frango (IPF) foi de $6,46 \pm 0,006$. Semelhante ao valor encontrado por Andrés *et al.* (2006b) que apresentaram em seu estudo pH de 6,17 para salsicha de frango com teor reduzido de gordura. Pietrasik e Duda (2000) encontraram pH de 6,18 para salsichas elaboradas com carne suína.

O rendimento, calculado através da proporção entre a quantidade de salsicha obtida e a quantidade de matéria-prima (coxa e sobre coxa de frango) utilizada na formulação, foi de 83,5%. Ocorreram perdas de massa emulsionada de salsicha durante o embutimento, visto que uma parte desta massa permanecia no interior da embutideira durante o processo.

5.3.3.2 Análise microbiológica

A Tabela 32 apresenta os resultados das análises microbiológicas do embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de frango (IPF).

Tabela 32: Análise microbiológica da salsicha com IPF.

Microrganismos	Contagem
<i>Salmonella</i> (25g)	Ausência
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	Ausência
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	< 3

Conforme a Tabela 32, os resultados obtidos nas análises de *Salmonella*, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Escherichia coli* para o embutido emulsionado estão abaixo do limite estabelecido pela RDC n° 12 (BRASIL, 2001). Os resultados obtidos no presente trabalho foram satisfatórios, por se apresentarem dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, sugerindo que o processamento do embutido foi realizado em condições adequadas de higiene, respeitando as boas práticas de fabricação, sendo considerado apropriado para o consumo.

5.3.3.3 Cor

A Tabela 33 apresenta os dados da análise de cor do embutido de frango adicionado de isolado protéico de frango (IPF) e do embutido de frango comercial.

Tabela 33: Características de cor dos embutidos.

Amostra	Cor**		
	L	a*	b*
Salsicha com IPF	55,29 ± 1,11 ^b	15,55 ± 0,58 ^a	6,32 ± 0,28 ^b
Salsicha comercial	64,75 ± 0,33 ^a	14,68 ± 0,03 ^a	10,97 ± 0,26 ^a

**Resultados são médias de seis determinações ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

A Tabela 33 apresenta os parâmetros de cor para a salsicha com adição de IPF e para a salsicha de frango comercial, onde pode-se observar que os valores de luminosidade (L) e a coordenada de cromaticidade b* diferiram significativamente ao nível de 95% de confiança para as duas amostras analisadas. A salsicha adicionada de IPF apresentou menor valor para luminosidade (L), tendo menor tendência a cor branca quando comparada a salsicha comercial. Quanto à coordenada de cromaticidade b*, o maior valor foi atribuído a salsicha comercial, apresentando maior tendência à cor amarela do que a salsicha com IPF. Para a coordenada de cromaticidade a*, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Segundo Andrés *et al.* (2006b) salsichas de frango elaboradas com 5% de gordura apresentaram luminosidade (L) igual a 82, indicando que esta salsicha apresenta maior tendência à cor branca quando comparada a salsicha adicionada de IPF e da salsicha comercial analisada. Para a coordenada de cromaticidade a*, os autores encontraram um valor de 3,1, apresentando pouca tendência à cor vermelha em relação à salsicha com IPF. Existe a possibilidade desta diferença na coloração ser resultado da quantidade de corante adicionada na formulação de cada produto. Para a coordenada de cromaticidade b*, o valor encontrado foi de 11,9, isto significa que esta salsicha apresenta mais tendência à cor amarela do que a salsicha com IPF, possivelmente pelo fato de apresentar maior conteúdo de gordura (PIETRASIK e DUDA, 2000).

A redução no nível de gordura geralmente favorece o aparecimento de coloração mais escura (alta tendência a cor vermelha e baixo valor de luminosidade). Vários estudos reportaram que a aparência mais vermelha é atribuída a salsichas com

teor reduzido de lipídios (BARBUT e MITTAL, 1996; BLOUKAS *et al.*, 1997; HUGHES *et al.*, 1997).

A Figura 20 apresenta a salsicha de frango adicionada de 10% de isolado protéico úmido de frango (substituindo todo o toucinho da formulação) e a salsicha de frango comercial, utilizada para efeito de comparação.

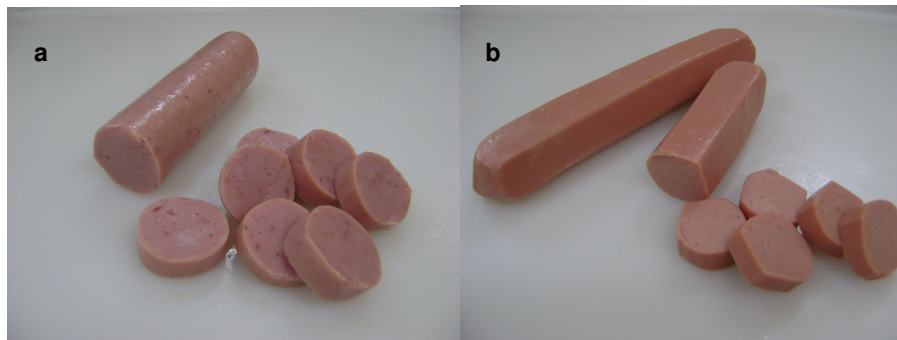


Figura 20: (a) Salsicha de frango com IPF; (b) Salsicha de frango comercial.

5.3.3.4 Avaliação sensorial

Dos 50 julgadores que participaram da avaliação sensorial da salsicha com adição de IPF, 52% eram homens e 48% eram mulheres, com idades entre 20 e 40 anos. Desses julgadores, 40,4% confirmaram que costumavam consumir salsichas.

A Figura 21 apresenta os resultados de aceitabilidade da salsicha com IPF e da salsicha comercial.

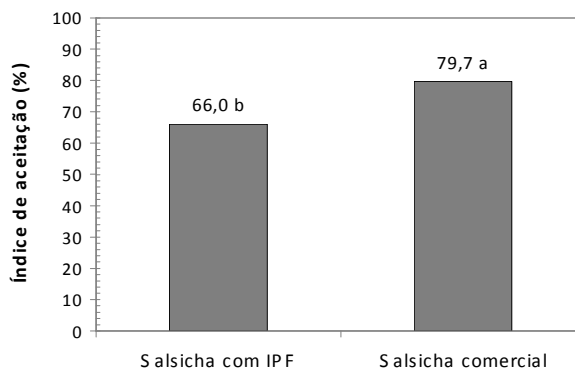


Figura 21: Índice de aceitação sensorial dos embutidos.

*Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Na Figura 21, pode-se observar o índice de aceitação sensorial para a salsicha adicionada de 10% de isolado protéico úmido de frango em substituição total da gordura e o índice de aceitação sensorial para uma salsicha de frango comercial. Os resultados mostraram que o índice de aceitação sensorial, utilizando escala hedônica de nove pontos, para a salsicha com adição de IPF diferiu significativamente ($p < 0,05$) do índice de aceitação sensorial para salsicha comercial. A salsicha com IPF apresentou 66% de aceitação e a salsicha comercial obteve 79,7% de aceitação.

Cortez-Vega (2008) que elaborou salsichas com adição de surimi de frango obteve aceitabilidade de 72,2% para o seu produto.

Lurueña-Martínez *et al.* (2004) estudaram o efeito da substituição de gordura de porco por óleo de oliva sobre a qualidade de salsichas com baixo teor de gordura e observaram que não houve diferença significativa na aceitabilidade do produto controle e das salsichas com teor baixo conteúdo de gordura, inclusive a amostra adicionada de óleo de oliva. Todas as amostras analisadas apresentaram índice de aceitação em torno de 80%.

A Figura 22 apresenta a intenção de compra dos consumidores em relação às salsichas elaboradas com IPF e da salsicha de frango comercial.

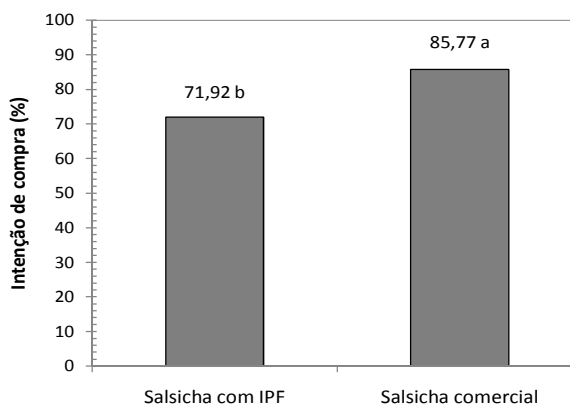


Figura 22: Intenção de compra dos embutidos.

*Letras diferentes nas colunas diferem significativamente pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Na Figura 22, pode-se observar os resultados para intenção de compra dos julgadores em relação a salsicha adicionada de 10% de isolado protéico úmido de frango em substituição total da gordura e a intenção de compra para uma salsicha de frango comercial. Os resultados mostraram que a intenção de compra foi significativamente diferente ($p < 0,05$) para a salsicha com adição de IPF e para a salsicha comercial. A salsicha com IPF obteve 71,9% de intenção de compra e a

salsicha comercial apresentou 85,8% dos julgadores com intenção de adquirir o produto.

Esta diferença na preferência dos consumidores pode ser explicada pela composição das salsichas, visto que a salsicha com adição de IPF pode ser considerada um produto “light” quando comparada a salsicha de frango comercial. Sabe-se que a gordura contribui para suculência, textura e aroma destes produtos e que sua remoção pode resultar em mudanças na qualidade sensorial (PIETRASIK e DUDA, 2000). No entanto, é importante salientar que neste estudo, alguns dos problemas referentes a redução da gordura foram minimizados pela adição de isolado protéico alcalino, que apresentou boas características como substituto de gordura para o embutido emulsionado.

5.4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que em temperaturas elevadas entre 77,2 e 87,8°C ocorre um aumento na firmeza, na força de quebra e na força de gel dos embutidos e que a concentração de IPF não afetou significativamente ($p < 0,05$) as respostas firmeza e força de quebra. Entretanto, a resposta força de gel foi intensificada com concentrações elevadas de IPF na formulação.

A avaliação microbiológica demonstrou que o embutido estava dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira.

A salsicha adicionada de IPF apresentou menor tendência à cor branca e menor tendência à cor amarela quando comparada a salsicha de frango comercial.

Apesar da amostra com maior aceitabilidade e maior intenção de compra ter sido a salsicha comercial de frango, a salsicha com adição de IPF (sem adição de toucinho) apresentou baixo teor de lipídios (4,4%) quando comparado com a salsicha de frango comercial que apresentou 13,3% de gordura. Isto demonstra que a substituição total da gordura pelo isolado protéico úmido de frango na salsicha contribuiu para a elaboração de um produto "light", uma vez que este apresentou um teor de lipídios 60% menor que a salsicha de frango comercial e com boas características de textura.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 41, n. 8, p. 954-961, 2006a.
- ANDRÉS, S.; GARCÍA, M.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Storage stability of low-fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering**. v. 72, n. 4, p. 311-319, 2006b.
- ANDRÉS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Stress relaxation characteristics of low-fat chicken sausages made in Argentina. **Meat Science**. v. 79, p. 589-594, 2008.
- AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., Arlington, 1995.
- BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Effects of three cellulose gums on the texture profile and sensory properties of low fat frankfurters. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 31, n. 3, p. 241-247, 1996.
- BARROS NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1996, 299p.
- BERAQUET, N. J. Carne mecanicamente separada de aves. In: Seminário e Curso Teórico-Prático Agregando valor à carne de aves. ITAL, Campinas, v. 1, 2000.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D.; PAPADIMA, S. Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat frankfurters. **Journal of Muscle Foods**. v. 8, n. 1, p. 63-83, 1997.
- BRASIL. Portaria n. 27, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1998.
- BRASIL. Resolução RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.
- CORTEZ-VEGA, W. R. **Avaliação e caracterização de surimi processado a partir de carne mecanicamente separada de frango**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande. 103p. Rio Grande, 2008.

- COSTA, P. G. **Processo de extração química e potencial apresentado pela proteína recuperada da matriz dos exoesqueletos de camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 136p. Rio Grande, 2003.
- CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effect of fat and maltodextrin on the functional properties of frankfurter formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**. v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.
- ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; CAVA, R. Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. **Meat Science**. v. 72, n. 2, p. 356-364, 2006.
- FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C.; SILVA, M. A. A.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. M. Análise sensorial - Testes discriminativos e afetivos. SBCTA, Campinas, 2000.
- FISCHER, A. Tecnología de la producción y elaboración de productos cárnicos. In: PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. Tecnología e Higiene de la carne. Zaragoza: Ed. Acribia, p. 511-539, 1994.
- FONTANA, A. **Avaliação da textura apresentada por embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de corvina (*Micropogonias furnieri*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 98p. Rio Grande, 2007.
- HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**. v. 45, n. 3, p. 273-281, 1997.
- KONDAIAH, N.; PANDA, B. Physico-chemical and functional properties of spent hen components. **Journal of Food Science and Technology**. v. 24, n. 5, p. 267-269, 1987.
- LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland, 1999, 848p.
- LIANG, Y.; HULTIN, H. O.; Functional protein isolates from mechanically deboned turkey by alkaline solubilization with isoelectric precipitation. **Journal of Muscle Foods**. v. 14, n. 3, p. 195-205, 2003.

- LURUEÑA-MARTÍNEZ, M. A.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science**. v. 68, n. 3, p. 383-389, 2004.
- MADRUGA, M. S.; FIGUEIREDO, M. J.; NUNES, M. L.; LIMA, F. M. S. Teores de colesterol de lingüiças de frango “light” e tradicionais submetidas a diferentes condições de estocagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 4, p. 527-531, 2004.
- MORAES, C. A. M. **Método para avaliação sensorial dos alimentos**. 5ª ed. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1985.
- MUGUERZA, E.; GIMENO, O.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. New formulations for healthier dry fermented sausages: a review. **Trends in Food Science and Technology**. v. 15, p. 452-457, 2004.
- ORDÓÑEZ, M.; ROVIRA, J.; JAIME, I. The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 36, n. 7, p. 749-758, 2001.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da carne**. v. II, Rio de Janeiro: Editora UFG, 1994, 590p.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: Editora UFG, 2001, 623p.
- PIETRASIK, Z.; DUDA, Z. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. **Meat Science**. v. 56, n. 2, p.181-188, 2000.
- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Varela, 1987.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1997, 295p.
- SMEWING, J. Hidrocoloides. Textura de los alimentos. Zaragoza: Ed. Acribia, p. 273-290, 2001.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, M. E.; BARBETTA, A. P. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1987.
- TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2000.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Foi possível obter isolados protéicos a partir de CMS de frango pelo processo de mudança de pH e avaliar os métodos ácido e alcalino de solubilização da proteína. Para o tratamento ácido, pH 2,5, temperatura de 10°C e tempo de centrifugação de 25 min favoreceram a obtenção de um produto com elevado conteúdo de proteína, baixo teor de gordura e alto rendimento. Para o tratamento alcalino, pH 11,0, temperatura de 10°C e tempo de centrifugação de 25 min propiciaram a obtenção de um isolado com características semelhantes.

O gel da proteína obtida pelo processo de solubilização alcalina apresentou qualidade superior ao gel obtido por solubilização ácida para o teste de capacidade de dobra, força de gel e força de corte. O gel da proteína obtida por tratamento ácido apresentou maior tendência a cor branca e menor tendência à cor vermelho quando comparado ao gel do tratamento alcalino. Contudo, pode-se dizer que o processo de solubilização alcalina permite a obtenção de proteína com baixo teor de lipídios e com melhores propriedades de formação de gel.

Foi constatado que em temperaturas elevadas (entre 77,2 e 87,8°C) ocorre um aumento na firmeza, na força de quebra e na força de gel dos embutidos e que a concentração de IPF não afetou significativamente ($p < 0,05$) as respostas firmeza e força de quebra. Entretanto, a resposta força de gel foi intensificada com concentrações elevadas de IPF na formulação.

A avaliação microbiológica do embutido de frango demonstrou que este estava dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira. A salsicha adicionada de IPF apresentou menor tendência a cor branca e menor tendência a cor amarela quando comparada a salsicha de frango comercial.

Apesar da amostra com maior aceitabilidade e maior intenção de compra ter sido a salsicha comercial de frango, a salsicha com adição de IPF (sem adição de toucinho) apresentou baixo teor de lipídios quando comparado com a salsicha de frango comercial. Isto demonstra que a substituição total da gordura pelo isolado protéico úmido de frango na salsicha contribuiu para a elaboração de um produto "light", uma vez que este apresentou um teor de lipídios 60% menor que a salsicha de frango comercial e com boas características de textura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEF. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. Disponível em: <http://www.abef.com.br/> . Acessado em 20/12/2008.
- AL NAJDAWI, R. ABDULLAH, B. Proximate composition, select minerals, cholesterol content and lipid oxidation mechanically and hand deboned chickens from Jordanian market. **Meat Science**. v. 61, n. 3, p. 243-247, 2002.
- ANDRÉS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 41, n. 8, p. 954-961, 2006a.
- ANDRÉS, S.; GARCÍA, M.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Storage stability of low-fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering**. v. 72, n. 4, p. 311-319, 2006b.
- ANDRÉS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Stress relaxation characteristics of low-fat chicken sausages made in Argentina. **Meat Science**. v. 79, p. 589-594, 2008.
- AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., Arlington, 1995.
- BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Effects of three cellulose gums on the texture profile and sensory properties of low fat frankfurters. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 31, n. 3, p. 241-247, 1996.
- BARBUT, S. **Poultry products processing: An industry guide**. Boca Raton: CRC Press, 2002, 548p.
- BARROS NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1996, 299p.
- BÁRZANA, E.; GARIBAY-GARCÍA, M. Production of fish protein concentrates in **Fisheries processing: biotechnological applications**. MARTIN, A. M., Chapman&Hall, London, 206-222, 1994.
- BATISTA, I.; MENDES, R.; NELHAS, R.; PIRES, C. **Proteins from sardine and blue whiting recovered by new extraction techniques: Solubility and gelation properties**. First Joint Trans Atlantic Fisheries Technology Conference, Iceland, p. 276-278, 2003.
- BATISTA, I.; PIRES, C.; NELHAS, R. Extraction of sardine proteins by acidic and alkaline solubilisation. **Food Science and Technology International**. v. 13, n. 3, p. 189-194, 2007.

- BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1988, 813p.
- BERAQUET, N. J. Influência de fatores *ante* e *post mortem* na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v. 1, n. 3, p.155-166, 1999.
- BERAQUET, N. J. Carne mecanicamente separada de aves. In: Seminário e Curso Teórico-Prático Agregando valor à carne de aves. ITAL, Campinas, v. 1, 2000.
- BERGARA-ALMEIDA, S.; SILVA, A. P. Hedonic scales with reference: performance in obtaining predictive models. **Food Quality and Preference**. v. 13, n. 1, p. 57-64, 2002.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.** v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BLOUKAS, J. G.; PANERAS, E. D.; PAPADIMA, S. Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat frankfurters. **Journal of Muscle Foods**. v. 8, n. 1, p. 63-83, 1997.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1995, 223p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Portaria n. 540, de 27 de outubro de 1997 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 de outubro de 1997.
- BRASIL. Portaria n. 27, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1998.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 4, de 31 de março de 2000 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de abril de 2000a, Seção 1, p. 6.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 20, de 31 de julho de 2000 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de

- Apresentado, de Fiambre, de Hambúrguer, de Kibe, de Presunto Cozido. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 de agosto de 2000b, Seção 1, p. 7.
- BRASIL. Resolução RDC n. 12, de 2 de janeiro de 2001 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.
- CALDIRONI, H. A.; OCKERMAN, H. W. Bone and plasma protein extracts in sausages. **Journal of Food Science**. v. 47, n. 5, p. 1622-1625, 1982.
- CHAVAN, U. D.; MCKENZIE, D. B.; SHAHIDI, F. Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus*). **Food Chemistry**. v. 74, n. 2, p. 177-187, 2001.
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1989, 346p.
- CHOI, Y. J.; PARK, J. W. Acid-aided protein recovery from enzyme-rich Pacific whiting. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 8, p. 2962-2967, 2002.
- COPPES, Z.; PAVLISKO, A.; VECCHI, S. Texture measurements in fish and fish products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**. v. 11, n. 1, p. 89-105, 2002.
- CORTEZ-VEGA, W. R. **Avaliação e caracterização de surimi processado a partir de carne mecanicamente separada de frango**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande. 103p. Rio Grande, 2008.
- COSTA, P. G. **Processo de extração química e potencial apresentado pela proteína recuperada da matriz dos exoesqueletos de camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 136p. Rio Grande, 2003.
- CREHAN, C. M.; HUGHES, E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Effect of fat and maltodextrin on the functional properties of frankfurter formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**. v. 55, n. 4, p. 463-469, 2000.
- DEWITT, C. A. M.; GOMES, G.; JAMES, J. M. Protein extraction from beef heart using acid solubilization. **Journal of Food Science**. v. 67, n. 9, p. 3335-3341, 2002.

- ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; CAVA, R. Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. **Meat Science**. v. 72, n. 2, p. 356-364, 2006.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Small-scale sausage production. 1985.
- FENEMMA, O. W. **Química de los Alimentos**. 2ª ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 1993.
- FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C.; SILVA, M. A. A.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial - Testes discriminativos e afetivos**. SBCTA, Campinas, 2000.
- FISCHER, A. Tecnología de la producción y elaboración de productos cárnicos. In: PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnología e Higiene de la carne**. Zaragoza: Ed. Acribia, p. 511-539, 1994.
- FONTANA, A. **Avaliação da textura apresentada por embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de corvina (*Micropogonias furnieri*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 98p. Rio Grande, 2007.
- FRONING, G. W. Mechanically-deboned poultry meat. **Food Technology**. v. 30, n. 9, p. 50-63, 1976.
- HALE, M. B. Making fish protein concentrate by enzymatic hydrolysis. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675, US Department of Commerce, Washington, p. 1-31, 1972.
- HOMER, D. B.; MATTHEWS, K. R.; WARKUP, C. C. The acceptability of low fat sausages. **Nutrition & Food Science**. v. 30, n. 2, p. 67-72, 2000.
- HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**. v. 45, n. 3, p. 273-281, 1997.
- HULTIN, H. O.; KELLEHER, S. D. **Process for isolating a protein composition from a muscle source and protein composition**. U. S. patent 6005073, 1999.
- HULTIN, H. O.; KELLEHER, S. D. **High efficiency alkaline protein extraction**. U. S. patent 6136959, 2000.
- JELEN, P., LAWRENCE, R. A.; CERONE, M. Evaluation of alkali-extracted chicken protein for use in luncheon meats. **Canadian Inst. Food Sci. Technol. J.** v. 15, p. 288-303, 1982.

- KE, S.; HULTIN, H. O. Role of reduced ionic strength and low pH in gelation of chicken breast muscle protein. **Journal of Food Science**. v. 70, n. 1, p. E1-E6, 2005.
- KONDAIAH, N.; PANDA, B. Physico-chemical and functional properties of spent hen components. **Journal of Food Science and Technology**. v. 24, n. 5, p. 267-269, 1987.
- KRISHNAMURTHY, G.; CHANG, H. S.; HULTIN, H. O.; FENG, Y.; SRINIVASAN, S.; KELLEHER, S. D. Solubility of chicken breast muscle proteins in solutions of low ionic strength. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 44, n. 2, p. 408-415, 1996.
- KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 40, n. 1, p. 43-81, 2000.
- KRISTINSSON, H. G. Developments with functional fish proteins. **Research Aquatic Food Products Program**. Laboratory of Aquatic Food Biomolecular. Department of Food Science and Human, 2003.
- KRISTINSSON, H. G.; HULTIN, H. O. Role of pH and ionic strength on water relationships in washed minced chicken-breast muscle gels. **Journal of Food Science**. v. 68, n. 3, p. 917-922, 2003a.
- KRISTINSSON, H. G.; HULTIN, H. O. Changes in conformation and subunit assembly of cod myosin at low and high pH and after subsequent refolding. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 51, p. 7187-7196, 2003b.
- KUDO, G.; OKADA, M.; MIYAUCHI, D. Gel-forming capacity of washed and unwashed flesh of some Pacific coast species of fish. **Marine Fisheries Review**. v. 35, n. 12, p. 10-15, 1973.
- KUHN, C.; SOARES, G. J. D.; PRENTICE, C. H.; VENDRUSCULO, J. L. S. Avaliação da força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodon ancylodon*) enriquecido com aditivos protéicos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. v. 21, n. 2, p. 239-248, 2003.
- LAN, Y. H.; NOVAKOFSKI, R. H.; McCUSKER, R. H.; BREWER, M. S.; CARR, T. R.; McKEITH, F. K. Thermal gelation of pork, beef, fish, chicken and turkey muscles as affected by heating rate and pH. **Journal of Food Science**. v. 60, n. 5, p. 936-945, 1995.
- LANIER, T.; CARVAJAL, P.; YONGSAWATDIGUL, J. Surimi gelation chemistry. In: PARK, J. W. **Surimi and surimi seafood**. 2^a ed., p. 435-477, 2005, 923p.

- LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland, 1999, 848p.
- LEHNINGER, A. L. **Bioquímica**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- LI, C.-T. Myofibrillar protein extracts from spent hen meat to improve whole muscle processed meats. **Meat Science**. v. 72, n. 3, p. 581-583, 2006.
- LIANG, Y.; HULTIN, H. O.; Functional protein isolates from mechanically deboned turkey by alkaline solubilization with isoelectric precipitation. **Journal of Muscle Foods**. v. 14, n. 3, p. 195-205, 2003.
- LIN, T. M.; PARCK, J. W. Solubility of salmon myosin as affected by conformational changes at various ionic strengths and pH. **Journal of Food Science**. v. 63, n. 2, p. 215-218, 1998.
- LOPES, A. M. **Obtenção e avaliação de propriedades apresentadas por dois tipos de isolados protéicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*)**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 116p. Rio Grande, 2005.
- LURUEÑA-MARTÍNEZ, M. A.; VIVAR-QUINTANA, A. M.; REVILLA, I. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science**. v. 68, n. 3, p. 383-389, 2004.
- MADRUGA, M. S.; FIGUEIREDO, M. J.; NUNES, M. L.; LIMA, F. M. S. Teores de colesterol de lingüiças de frango "light" e tradicionais submetidas a diferentes condições de estocagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 4, p. 527-531, 2004.
- MCNEILL, J.; KAKUDA, Y.; FINDLAY, C. Influence of carcass parts and food additives on the oxidative stability of frozen mechanically separated and hand-deboned chicken meat. **Poultry Science**. v. 67, n. 2, p. 270-274, 1988.
- MORAES, C. A. M. **Método para avaliação sensorial dos alimentos**. 5ª ed. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1985.
- MOREIRA, J.; MENDES, A. R.; GARCIA, E. A.; OLIVEIRA, R. P.; GARCIA, R. G.; ALMEIDA, I. C. L. Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1663-1673, 2003.

- MORI, C.; GARCIA, E. A.; ANDRIGHETTO, C.; PELICIA, K. Carne de aves separada mecanicamente. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**. v. VII, n. 4, p. 1-6, 2006.
- MUGUERZA, E.; GIMENO, O.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. New formulations for healthier dry fermented sausages: a review. **Trends in Food Science and Technology**. v. 15, p. 452-457, 2004.
- NETO, M. P.; NAKAMURA, V. Y. Uso de fosfatos em frutos do mar. **Revista Nacional da Carne**, n. 320, p. 110-113, 2003.
- NEVES, R. A. M.; DE MIRA, N. V. M.; MARQUEZ, U. M. L. Caracterização de hidrolisados enzimáticos de pescado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 101-108, 2004.
- NOLSOE, H.; UNDELAND, I. The acid and alkaline solubilization process for the isolation of muscle proteins: State of the art. **Food and Bioprocess Technology**. v. 2, n. 1, p. 1-27, 2009.
- NUNES, T. P. **Efeito da pré-cura na estabilidade microbiológica da carne mecanicamente separada e elaboração de um produto reestruturado de filés de peito de galinhas de descarte**. Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo. 117p. Piracicaba, 2003.
- OCKERMAN, H. W.; HANSEN, C. L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1994.
- ORDÓÑEZ, M.; ROVIRA, J.; JAIME, I. The relationship between the composition and texture of conventional and low-fat frankfurters. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 36, n. 7, p. 749-758, 2001.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da carne**. v. II, Rio de Janeiro: Editora UFG, 1994, 590p.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: Editora UFG, 2001, 623p.
- PERLO, F.; TEIRA, G. A.; BONATO, P. I.; SCHVAB, M. C.; FERREYRA, M. M. Optimización de la etapa de lavado de carne de ave mecanicamente recuperada **Ciencia, Docencia y Tecnologia**. n. 31, p. 241-258, 2005.
- PIETRASIK, Z.; DUDA, Z. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. **Meat Science**. v. 56, n. 2, p.181-188, 2000.

- REED, P. B. **Nutrition an applied science**. St. Paul: West Publishing Company. 1980, 747p.
- REGULY, J. C. **Biotechnologia dos processos fermentativos**. Pelotas: Editora da UFPel, 1983.
- ROQUE, V. F. **Aproveitamento de resíduos de carne de frango: Uma análise exploratória**. Dissertação, Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.
- ROSA, C. S. da. **Estudo das propriedades funcionais do colágeno obtido da pele de frango**. Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria. 83 p. Santa Maria, 2000.
- SANTOS, S. D. **Obtenção e avaliação de hidrolisado enzimático obtido a partir de pescado de baixo valor comercial**. Dissertação, Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 110p. Rio Grande, 2006.
- SATHIVEL, S. Functional and nutritional-enhancing protein isolates from Arrowtoth Flounder. **Annual Meeting – Chicago**. University of Alaska. Chicago, 2003.
- SEUS, E. R.; VICTÓRIA, F. N. **Produção e viabilidade de uso de um isolado protéico proveniente de resíduos da industrialização de pescado e sua utilização na formulação de dietas para camarões marinhos e aquicultura**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006.
- SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento**. São Paulo: Varela, 1987.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Varela, 1996.
- SHAHIDI, F.; SYNOWIECKI, J. Alkali-assisted extraction of protein from meat and bone residues of harp seal (*Phoca groenlandica*). **Food Chemistry**. v. 57, n. 2, p. 317-321, 1996.
- SILVA, M. C. **Avaliação de isolados protéicos de pescado obtidos por solubilização química a partir de subprodutos da industrialização do pescado**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2005.

- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1997, 295p.
- SMEWING, J. Hidrocoloides. Textura de los alimentos. Zaragoza: Ed. Acribia, p. 273-290, 2001.
- SMYTH, A. B.; O'NEILL, E. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. **Journal of Food Science**. v. 62, n. 2, p. 326-330, 1997.
- SOUSA, E. A.; TEIXEIRA, L. C. V.; MELLO, M. R. P. A.; TORRES, E. A. F. S.; MOITA NETO, J. M. Aplicação de redes neurais para avaliação do teor de carne mecanicamente separada em salsicha de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 3, p. 307-311, 2003.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, M. E.; BARBETTA, A. P. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1987.
- TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2000.
- THOMAS, D.; LOFFLER, F. Improved protein functionalities by enzymatic treatment. **Food Marketing and Technology**. v. 2, 1994.
- TRINDADE, M. A; FELÍCIO, P. E.; CASTILHO, C. J. C. Mechanically separated meat of broiler breeder and white layer spent hens. **Scientia Agricola**. v. 61, n. 2, p. 234-239, 2004.
- UBA - União Brasileira de Avicultura: Relatório anual 2006/2007. Disponível em: <http://www.uba.org.br/> . Acessado em 20/12/2008.
- UNDELAND, I.; KELLEHER, S. D.; HULTIN, H. O. Recovery of functional proteins from herring (*Clupea harengus*) light muscle by an acid or alkaline solubilization process. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, n. 25, p. 7371-7379, 2002.
- XIONG, Y. L.; LOU, X.; WANG, C.; MOODY, W. G.; HARMON, R. J. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions **Journal of Food Science**. v. 65, n. 1, p. 96-100, 2000.
- WILSON, K.; WALKER, J. **Principles and Techniques of Practical Biochemistry**. 5ª ed. New York: Cambridge University, 2000, 784p.
- YONGSAWATDIGUL, J.; PARK, J. W. Effects of alkali and acid solubilization on gelation characteristics of rockfish muscle proteins. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 7, p. 499-505, 2004.

ANEXOS

ANEXO A

Coefficientes de regressão e análise de variância (ANOVA) para as respostas Proteína (%), Lipídios (%) e Rendimento (%) do processo de solubilização ácida da proteína.

Tabela A1: Coeficientes de regressão para resposta Proteína.

Regr. Coefficients; Var.:Prot (%); R-sqr=,91194; Adj:,77986 (Matriz linear (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=1,087061 DV: Prot (%)						
	Regressn	Std.Err.	t(4)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	81,12727	0,314362	258,0693	0,000000	80,45710	81,79745
(1)pH (L)	-0,08625	0,368623	-0,2340	0,826489	-0,87210	0,69960
(2)Temp.(L)	-0,83375	0,368623	-2,2618	0,086508	-1,61960	-0,04790
(3)Tempo (L)	-1,49625	0,368623	-4,0590	0,015361	-2,28210	-0,71040
1L by 2L	0,21625	0,368623	0,5866	0,588954	-0,56960	1,00210
1L by 3L	-0,71625	0,368623	-1,9430	0,123943	-1,50210	0,06960
2L by 3L	-1,45875	0,368623	-3,9573	0,016715	-2,24460	-0,67290

Tabela A2: ANOVA do modelo de regressão para a resposta Proteína.

ANOVA; Var.:Prot (%); R-sqr=,82005; Adj:,74293 (Matriz linear (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=,9228 DV: Prot (%)					
	SS	df	MS	F	p
(2)Temp.(L)	5,56111	1	5,56111	6,02635	0,133501
(3)Tempo (L)	17,91011	1	17,91011	19,40844	0,047856
2L by 3L	17,02361	1	17,02361	18,44778	0,050163
Lack of Fit	7,04038	5	1,40808	1,52587	0,441238
Pure Error	1,84560	2	0,92280		
Total SS	49,38082	10			

Tabela A3: Coeficientes de regressão para resposta Lipídios.

Regr. Coefficients; Var.:Lip (%); R-sqr=,87808; Adj:.,72132 (Matriz quadrática (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Residual=,4732381 DV: Lip (%)

	Regressn	Std.Err.	t(7)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	3,566791	0,396339	8,99935	0,000043	2,815896	4,317686
(1)pH (L)	0,395462	0,186233	2,12348	0,071354	0,042629	0,748295
pH (Q)	0,749473	0,205169	3,65296	0,008146	0,360765	1,138181
(2)Temp.(L)	-0,132094	0,186233	-0,70930	0,501076	-0,484927	0,220738
Temp.(Q)	0,901826	0,205169	4,39554	0,003174	0,513118	1,290533
(3)Tempo (L)	-0,452568	0,186233	-2,43012	0,045413	-0,805401	-0,099735
Tempo (Q)	0,960286	0,205169	4,68048	0,002260	0,571579	1,348994
1L by 2L	-0,467500	0,243218	-1,92215	0,096026	-0,928295	-0,006705
1L by 3L	-0,225000	0,243218	-0,92510	0,385697	-0,685795	0,235795
2L by 3L	-0,095000	0,243218	-0,39060	0,707710	-0,555795	0,365795

Tabela A4: ANOVA do modelo de regressão para a resposta Lipídios.

ANOVA; Var.:Lip (%); R-sqr=,85175; Adj:.,7628 (Matriz quadrática (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,2503 DV: Lip (%)

	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	2,13391	1	2,13391	8,52542	0,100009
pH (Q)	6,31495	1	6,31495	25,22954	0,037425
Temp.(Q)	9,14331	1	9,14331	36,52939	0,026300
(3)Tempo (L)	2,79470	1	2,79470	11,16539	0,079084
Tempo (Q)	10,36716	1	10,36716	41,41894	0,023303
1L by 2L	1,74845	1	1,74845	6,98542	0,118287
Lack of Fit	3,52735	8	0,44092	1,76156	0,411891
Pure Error	0,50060	2	0,25030		
Total SS	27,17055	16			

Tabela A5: Coeficientes de regressão para resposta Rendimento.

Regr. Coefficients; Var.:Rend; R-sqr=,66128; Adj:.,54837 (Matriz quadrática (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=2,453233 DV: Rend

	Regressn	Std.Err.	t(2)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	38,54668	0,515816	74,72954	0,000179	37,04050	40,05285
(1)pH (L)	2,08883	0,424020	4,92625	0,038823	0,85069	3,32696
pH (Q)	-1,64484	0,434741	-3,78349	0,063297	-2,91428	-0,37540
(2)Temp.(L)	1,89998	0,424020	4,48087	0,046369	0,66185	3,13811
(3)Tempo (L)	-3,27128	0,424020	-7,71493	0,016389	-4,50941	-2,03315

Tabela A6: ANOVA do modelo de regressão para a resposta Rendimento.ANOVA; Var.:**Rend**; R-sqr=,66128; Adj:,54837 (Matriz quadrática (ácido)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=2,453233 DV: Rend

	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	59,5349	1	59,5349	24,26791	0,038823
pH (Q)	35,1175	1	35,1175	14,31480	0,063297
(2)Temp.(L)	49,2565	1	49,2565	20,07820	0,046369
(3)Tempo (L)	146,0170	1	146,0170	59,52022	0,016389
Lack of Fit	143,6000	10	14,3600	5,85350	0,154633
Pure Error	4,9065	2	2,4532		
Total SS	438,4324	16			

ANEXO B

Coeficientes de regressão e análise de variância (ANOVA) para as respostas Proteína (%), Lipídios (%) e Rendimento (%) do processo de solubilização alcalina da proteína.

Tabela B1: Coeficientes de regressão para resposta Proteína.

Regr. Coefficients; Var.: Prot (%) ; R-sqr=,68013; Adj:,57351 (Matriz quadrática (alcalino)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,6922766 DV: Prot (%)						
	Regressn	Std.Err.	t(2)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	75,20210	0,274009	274,4511	0,000013	74,40200	76,00221
(1)pH (L)	1,34625	0,225246	5,9768	0,026871	0,68854	2,00396
pH (Q)	-1,31190	0,230941	-5,6807	0,029619	-1,98625	-0,63756
(2)Temp.(L)	-0,73233	0,225246	-3,2513	0,082994	-1,39005	-0,07462
(3)Tempo (L)	-1,19011	0,225246	-5,2836	0,034004	-1,84783	-0,53240

Tabela B2: ANOVA do modelo de regressão para a resposta Proteína.

ANOVA; Var.: Prot (%) ; R-sqr=,68013; Adj:,57351 (Matriz quadrática (alcalino)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,6922766 DV: Prot (%)					
	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	24,7297	1	24,72966	35,72222	0,026871
pH (Q)	22,3398	1	22,33984	32,27011	0,029619
(2)Temp.(L)	7,3179	1	7,31786	10,57071	0,082994
(3)Tempo (L)	19,3260	1	19,32602	27,91661	0,034004
Lack of Fit	33,2834	10	3,32834	4,80782	0,184362
Pure Error	1,3846	2	0,69228		
Total SS	108,3813	16			

Tabela B3: Coeficientes de regressão para resposta Lipídios.

Regr. Coefficients; Var.:Lip (%); R-sqr=,33001; Adj:0, (Matriz quadrática (alcalino)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=,5137175
DV: Lip (%)

	Regressn	Std.Err.	t(2)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	8,513111	0,412942	20,61577	0,002345	7,307327	9,718894
(1)pH (L)	-0,075612	0,194034	-0,38968	0,734352	-0,642190	0,490965
pH (Q)	0,271442	0,213763	1,26983	0,331898	-0,352744	0,895628
(2)Temp.(L)	0,389067	0,194034	2,00514	0,182805	-0,177511	0,955644
Temp.(Q)	0,110004	0,213763	0,51461	0,658054	-0,514182	0,734189
(3)Tempo (L)	-0,261292	0,194034	-1,34663	0,310410	-0,827869	0,305286
Tempo (Q)	0,113107	0,213763	0,52912	0,649579	-0,511079	0,737292
1L by 2L	0,062500	0,253406	0,24664	0,828193	-0,677442	0,802442
1L by 3L	0,300000	0,253406	1,18387	0,358102	-0,439942	1,039942
2L by 3L	0,902500	0,253406	3,56148	0,070592*	0,162558	1,642442

Tabela B4: Coeficientes de regressão para resposta Rendimento.

Regr. Coefficients; Var.:Rend; R-sqr=,50054; Adj:0, (Matriz quadrática (alcalino)_valores codificados) 3 factors, 1 Blocks, 17 Runs; MS Pure Error=8,694444 DV: Rend

	Regressn	Std.Err.	t(2)	P	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	41,42459	1,698820	24,38433	0,001678	36,46406	46,38512
(1)pH (L)	2,20978	0,798247	2,76829	0,109475	-0,12109	4,54065
pH (Q)	-2,73121	0,879411	-3,10572	0,089912	-5,29907	-0,16334
(2)Temp.(L)	0,18032	0,798247	0,22590	0,842267	-2,15055	2,51119
Temp.(Q)	-2,33950	0,879411	-2,66030	0,117012	-4,90737	0,22837
(3)Tempo (L)	0,09081	0,798247	0,11376	0,919816	-2,24006	2,42168
Tempo (Q)	-2,00291	0,879411	-2,27756	0,150453	-4,57077	0,56496
1L by 2L	0,95833	1,042500	0,91926	0,455001	-2,08575	4,00242
1L by 3L	0,31667	1,042500	0,30376	0,790001	-2,72742	3,36075
2L by 3L	-0,89444	1,042500	-0,85798	0,481309	-3,93853	2,14964

ANEXO C

Coeficientes de regressão e análise de variância (ANOVA) para a resposta Força de gel (g.cm) no processamento do embutido emulsionado.

Tabela C1: Coeficientes de regressão para resposta Força de gel.

Regr. Coefficients; Var.: Força de gel (g.cm) ; R-sqr=,86636; Adj:,73271 (Matriz quadrática (salsicha)_val codificados) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=39838,23 DV: Força de gel (g.cm)						
	Regressn	Std.Err.	t(5)	p	-90,%	+90,%
Mean/Interc.	3012,993	115,2350	26,14652	0,000002	2780,789	3245,197
(1)IPF (L)	15,860	70,6728	0,22441	0,831321	-126,549	158,269
IPF (Q)	213,204	84,3310	2,52818	0,052647	43,273	383,135
(2)T (°C)(L)	352,905	70,6728	4,99350	0,004128	210,496	495,314
T (°C)(Q)	12,684	84,3310	0,15041	0,886323	-157,247	182,615
1L by 2L	-81,106	99,7976	-0,81270	0,453332	-282,203	119,991

Tabela C2: ANOVA do modelo de regressão para a resposta Força de gel.

ANOVA; Var.: Força de gel (g.cm) ; R-sqr=,84675; Adj:,80844 (Matriz quadrática (salsicha)_val codificados) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=31268,73 DV: Força de gel (g.cm)					
	SS	df	MS	F	p
IPF (Q)	268693	1	268692,9	8,59302	0,099336
(2)T (°C)(L)	993369	1	993369,2	31,76878	0,030065
Lack of Fit	165874	6	27645,6	0,88413	0,617016
Pure Error	62537	2	31268,7		
Total SS	1490473	10			

ANEXO D

Valores experimentais, valores preditos pelos modelos matemáticos e desvio relativo para as variáveis dependentes analisadas.

Tabela D1: Valores de desvio relativo para resposta proteína no processo de solubilização ácida.

Ensaio	pH	Temp. (°C)	Tempo (min)	Teor de proteína experimental (%)	Teor de proteína previsto (%)	Desvio relativo (%)*
1	-1	-1	-1	81,08	81,99	-1,12
2	1	-1	-1	82,39	81,99	0,49
3	-1	1	-1	82,38	83,25	-1,06
4	1	1	-1	83,59	83,25	0,41
5	-1	-1	1	82,92	81,93	1,19
6	1	-1	1	80,4	81,93	-1,90
7	-1	1	1	77,42	77,35	0,09
8	1	1	1	76,73	77,35	-0,81
9	0	0	0	80,85	81,13	-0,35
10	0	0	0	81,87	81,13	0,90
11	0	0	0	82,77	81,13	1,98
12	-1,68	0	0	72,21	81,13	-12,35
13	1,68	0	0	80,77	81,13	-0,45
14	0	-1,68	0	72,15	82,52	-14,38
15	0	1,68	0	79,27	79,74	-0,59
16	0	0	-1,68	77,3	83,63	-8,19
17	0	0	1,68	80,11	78,63	1,85

* Desvio Relativo = [(Valor experimental – Valor predito pelo modelo)/ Valor experimental] x 100

Tabela D2: Valores de desvio relativo para resposta lipídios no processo de solubilização ácida.

Ensaio	pH	Temp. (°C)	Tempo (min)	Teor de lipídio experimental (%)	Teor de lipídio previsto (%)	Desvio relativo (%)
1	-1	-1	-1	6,09	5,77	5,25
2	1	-1	-1	7,24	7,49	-3,45
3	-1	1	-1	6,81	6,71	1,47
4	1	1	-1	6,78	6,55	3,39
5	-1	-1	1	5,32	4,87	8,46
6	1	-1	1	6,26	6,59	-5,27
7	-1	1	1	6,35	5,81	8,50
8	1	1	1	4,73	5,65	-19,45
9	0	0	0	3,55	3,57	-0,56
10	0	0	0	3,08	3,57	-15,91
11	0	0	0	4,08	3,57	12,50
12	-1,68	0	0	4,18	5,03	-20,37
13	1,68	0	0	7,13	6,34	11,05
14	0	-1,68	0	6,55	6,11	6,72
15	0	1,68	0	5,62	6,11	-8,72
16	0	0	-1,68	6,82	7,04	-3,16
17	0	0	1,68	5,68	5,52	2,76

Tabela D3: Valores de desvio relativo para resposta força de gel no processo de obtenção dos embutidos.

Ensaio	IPF (%)	Temp. (°C)	Força de gel experimental (g.cm)	Força de gel prevista (%)	Desvio relativo (%)
1	-1	-1	2684,87	2881,48	-7,32
2	1	-1	2969,78	2881,48	2,97
3	-1	1	3449,03	3587,28	-4,01
4	1	1	3409,52	3587,28	-5,21
5	-1,41	0	3590,27	3441,40	4,15
6	1,41	0	3505,94	3441,40	1,84
7	0	-1,41	2578,2	2527,28	1,97
8	0	1,41	3720,7	3522,46	5,33
9	0	0	2990,03	3024,87	-1,17
10	0	0	2847,36	3024,87	-6,23
11	0	0	3198,94	3024,87	5,44