



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIELLE CRISTINA BARRETO HONORATO

**EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES NAS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS E AVALIAÇÃO DE
NUGGETS E MARINADOS PREPARADOS COM CARNES
PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE FRANGO**

DANIELLE CRISTINA BARRETO HONORATO

**EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES NAS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS E AVALIAÇÃO DE
NUGGETS E MARINADOS PREPARADOS COM CARNES
PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Elza Louko Ida

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H774e Honorato, Danielle Cristina Barreto.

Efeito da adição de hidrocolóides nas propriedades funcionais e avaliação de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (pale, soft, exudative) de frango / Danielle Cristina Barreto Honorato. – Londrina, 2012.
121 f. : il.

Orientador: Elza Iouko Ida.

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Carne – Conservação – Teses. 2. Indústria avícola – Subprodutos – Teses. 3. Alimentos – Teor de colóides – Teses. 4. Alimentos funcionais – Teses. 5. Proteínas de soja – Teses. I. Ida, Elza Iouko. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU_664.91

DANIELLE CRISTINA BARRETO HONORATO

**EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES NAS PROPRIEDADES
FUNCIONAIS E AVALIAÇÃO DE NUGGETS E MARINADOS
PREPARADOS COM CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE
FRANGO**

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elza Louko Ida
UEL – Londrina - PR
(orientadora)

Profa. Dra. Aziza Kamal Genena
UTFPR – Campus Medianeira - PR

Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares
UEL – Londrina - PR

Londrina, 25 de Maio de 2012.

*Aos meus pais,
Maria e Roberto
meus exemplos de vida,
e a minha irmã Andressa,
pelos apoios, incentivos e amor!*

*Ao meu esposo, Gustavo,
pelo companheirismo, amor e
por acreditar e apoiar os meus sonhos!*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Elza Louko Ida pela preciosa orientação, incentivo, dedicação, ensinamentos e pelo grande exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Massami Shimokomaki, pela amizade, colaboração, ensinamentos e apoio.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e aos Professores do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta instituição pelos valiosos ensinamentos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa concedida.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Medianeira pelo uso dos laboratórios, instalações e equipamentos para a execução deste trabalho.

À Profa. Dra. Eliane Colla pelo apoio nas análises estatísticas. E Profa. Dra. Cristiane Canan, pela amizade, companheirismo, incentivo, conselhos, aprendizado, apoio e desenvolvimento na execução deste trabalho.

Ao Prof. Paulo Bittencourt pelo auxílio nas análises de textura.

À COPACOL de Cafelândia-PR, na pessoa do Médico Veterinário Alessandro Rossa pela disponibilização das amostras cárneas e a todos os funcionários que auxiliaram no desenvolvimento da coleta.

À Globalfoods, Kerry do Brasil, Baptistella Alimentos e Cooperativa Lar/ abatedouro pelo fornecimento de ingredientes.

Aos funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos desta Instituição, em especial a Sandra Rezende, Elza Youssef e Neusa Cassula pelo apoio técnico e administrativo.

A todos os colegas deste Programa de Pós-graduação, em especial a Angélica Ishikawa, Douglas Santos, Érika Kushikawa Saeki, Igor Escanfelli, Marcela Kobayashi, Maria Rita Porto, Neide Kamizake, Marianne Shirai, Tahis Baú e Raissa Bonfante pela amizade e todos os momentos que passamos juntos. E a Marinês Corso pelos auxílios, incentivos, amizade, conselhos e amparo nos momentos difíceis.

A todos do grupo de carnes, em especial Cleusa, Denis, Gislaine, Gleice, Luciane e Tiago pela amizade, aprendizado e crescimento profissional.

A toda minha família por sempre apoiar e incentivar nos estudos, além de compreender a minha ausência nos momentos mais difíceis. Ao tio Jomar, tia Lusia e Tamissa por me ajudarem a descobrir a verdadeira paixão pela docência.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

A Deus por me proteger, amparar e iluminar nos momentos difíceis, dar força para superar todas as dificuldades.

*“Uma mente que se abre a uma nova ideia,
jamais retornará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

HONORATO, D.C.B. **Efeito da adição de hidrocolóides nas propriedades funcionais e avaliação de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (*Pale, Soft e Exudative*) de frango.** 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) de frango aplicando planejamento fatorial completo 2^3 . Para os nuggets as funções respostas avaliadas foram estabilidade de emulsão, atividade de água, perda por cozimento e força de cisalhamento, e para os marinados foram capacidade de retenção de água, luminosidade (L^*), perda por cozimento e força de cisalhamento. Os produtos formulados foram avaliados quanto a composição química, propriedades funcionais, condições higiênico sanitárias, aceitação global e estabilidade lipídica. O efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de nuggets e marinados elaborados com carnes PSE. Foi definido que a formulação com carne PSE deve conter 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena para o nugget e 0,075% de pectina e 0,075% de carragena para o marinado. O nugget e marinado formulados apresentaram composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira. A aceitação global média do nugget foi de 8,3 e do marinado de 8,1 e conforme a escala hedônica apresentou boa aceitação pelos provadores. Os nuggets e marinados congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

Palavras – chave: Proteína de soja. Pectina. Carragena. Nugget. Marinado. Carne PSE de frango.

HONORATO, D.C.B. **Effect of hydrocolloids addition in functional properties and evaluation of nuggets and marinated prepared with chicken PSE (Pale, Soft and Exudative) meat.** 2012. 121 p. Dissertation (M.Sc. of Food Science) - University of Londrina. Londrina, 2012.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the addition of soy protein, pectin and carrageenan on the functional properties of nuggets and marinated prepared with PSE chicken meat using complete factorial design (2^3). For the nuggets, the response functions emulsion stability, activity water, cooked loss and shear force were evaluated. For the marinated, water retention capacity, measured color (L^*), cooking loss and shear force were observed. The formulated products were analyzed for chemical composition, function properties, hygienic sanitary conditions, global acceptability and lipid stability. The effect of addition of soy protein, pectin and carrageenan has contributed to improve the functional properties of nuggets and marinated prepared with PSE meat. It was determined that the formulation with PSE meat should contain 1% of soy protein, 1% pectin and 0.5% carrageenan for the nugget and 0.075% and 0.075% pectin and carrageenan for the marinated. The nugget and marinated formulas showed the chemical composition and hygienic sanitary conditions that attended the Brazilian legislation. Global acceptance of the nugget was 8.3 and of the marinated was 8.1 according to hedonic scale showed good acceptance by the panelist. The nuggets and marinated frozen at -4°C and stored for 150 days showed detectable and acceptable minimum level of lipid oxidation.

Key – words: Soy protein. Pectin. Carrageenan. Nnugget. Marinated. PSE broiler breast.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis independentes para o preparo de nuggets com carne PSE ou normal de frango utilizando planejamento fatorial completo 2^3 39

Tabela 2 – Variáveis independentes para o preparo de marinados com carne PSE ou normal de frango utilizando planejamento fatorial completo 2^3 40

Artigo A

Tabela 1 – Funções respostas para as propriedades funcionais de nugget preparado com carne PSE de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3 80

Tabela 2 – Funções respostas para as propriedades funcionais de nugget preparado com carne Normal de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3 81

Tabela 3 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos nuggets preparados com carne PSE de frango83

Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos nuggets preparados com carne Normal de frango83

Tabela 5 – Análise de variância para as propriedades funcionais de nuggets preparados com carne PSE de frango84

Tabela 6 – Análise de variância para as propriedades funcionais de nuggets preparados com carne Normal de frango85

Artigo B

Tabela 1 – Funções respostas para propriedades funcionais de marinado preparado com carne PSE de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3 106

Tabela 2 – Funções respostas para as propriedades funcionais de marinado preparado com carne Normal de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3 107

Tabela 3 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos marinados preparados com carne PSE de frango	105
Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos marinados preparados com carne normal de frango.....	109
Tabela 5 – Análise de variância para as propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango	109
Tabela 6 – Análise de variância para as propriedades funcionais de marinados preparados com carne Normal de frango	110
Tabela 7 – Propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango e adição de diferentes concentrações de hidrocolóides	110
Tabela 8 – Propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango e adição de diferentes concentrações de hidrocolóides	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração das cadeias de carragena.....	29
Figura 2 – Ilustração de cadeia de pectina.....	30
Figura 3 – Sistemas de cobertura de empanados.....	33

Artigo A

Figura 1 – Superfície de resposta e diagrama de contorno para a resposta perda de peso por cozimento dos produtos preparados com a carne PSE de frango, fixando a variável x_1	86
Figura 2 – Avaliação da oxidação lipídica e percentagem da oxidação de nuggets elaborados com carnes PSE de frango e adição de 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena.....	87

Artigo B

Figura 1 – Avaliação da oxidação lipídica e percentagem da oxidação de marinados elaborados com carnes PSE de frango e adição de 0,075% de pectina e 0,075% de carragena (x_3).....	112
--	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 CARNES PSE DE AVES	17
3.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE CARNES DE AVES	20
3.2.1 Cor	20
3.2.2 Capacidade de Retenção de Água	22
3.3 ADITIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS	23
3.3.1 Proteína de Soja, Carragena e Pectina	25
3.4 NUGGET	31
3.5 MARINADO	34
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 MATÉRIAS PRIMAS E REAGENTES	37
4.2 CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE CARNES PSE E NORMAL DE FRANGOS	37
4.2.1 Medida de pH	37
4.2.2 Medida de Cor	37
4.2.3 Classificação dos Filés de Peito de Frango	38
4.3 PREPARO DE NUGGETS E MARINADOS COM CARNES PSE E NORMAL DE FRANGO COM ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES	38
4.3.1 Nugget	38
4.3.2 Marinado	40
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
4.5 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS	42
4.5.1 Estabilidade de Emulsão	42
4.5.2 Luminosidade (L*)	43
4.5.3 Capacidade de Retenção de Água	43
4.5.4 Perda de Peso por cozimento (PPC)	43

4.5.5 Força de Cisalhamento (FC)	44
4.5.6 Atividade de Água	44
4.6 AVALIAÇÃO DOS NUGGETS E MARINADOS PREPARADOS COM CARNES PSE DE FRANGO E ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES	44
4.6.1 Condições Higiênico-sanitárias	44
4.6.2 Composição Química	45
4.6.3 Medida da Oxidação Lipídica	45
4.6.4 Aceitação Global dos Nuggets e Marinados.....	46
REFERÊNCIAS	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1 ARTIGO A – EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E AVALIAÇÃO DE NUGGETS PREPARADOS COM CARNES PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) DE FRANGO	59
5.2 ARTIGO B – EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E AVALIAÇÃO DE MARINADOS PREPARADOS COM CARNES PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) DE FRANGO	88
6 CONCLUSÃO	113
ANEXOS	114
ANEXO 1 – TERMO DE APROVAÇÃO DO PROJETO NO COMITÊ DE ÉTICA.....	115
ANEXO 2 – FICHA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL: ACEITAÇÃO GLOBAL.....	116
ANEXO 3 – COLETA DE DADOS DO PROVADOR	117
ANEXO 4 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	119
ANEXO 5 – RESUMO APRESENTADO EM CONGRESSO	121

1 INTRODUÇÃO

A carne PSE de frango tem despertado interesse por parte da comunidade científica e da indústria, devido o elevado aumento e consumo de produtos processados (SOARES *et al.*, 2003a). Com este crescimento os problemas relacionados à qualidade da carne de aves também aumentam. O termo PSE é proveniente das iniciais das palavras inglesas *Pale*, *Soft* e *Exudative*, que significam carnes com características pálida, flácida e exsudativa na superfície (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006). Essa anomalia é causada pela rápida glicólise *post-mortem* com abaixamento do pH enquanto a carcaça ainda está quente (SOARES *et al.*, 2003a). A combinação do baixo pH e alta temperatura, provoca a desnaturação das proteínas miofibrilares (OFFER, 1991; OLIVO *et al.*, 2001c) que compromete as propriedades funcionais de capacidade de retenção de água, coloração, coesividade, textura e rendimento dos produtos industrializados (OLIVO, 2006). Para a correção desse problema, Kissel *et al.* (2009) propuseram a utilização de aditivos na industrialização de produtos cárneos de frango obtendo-se melhor estabilidade de emulsão e capacidade de retenção de água. Em produtos cárneos processados os aditivos propiciam uma boa qualidade e rentabilidade (BRESSAN e PERES, 2001). Portanto, para minimizar os prejuízos causados pela incidência da carne PSE é importante e indispensável buscar alternativas para melhorar a qualidade da carne e dos produtos industrializados.

A adição de ingredientes, como proteínas de origem vegetal, hidrocolóides ou amidos às carnes PSE de frango, melhoram a estabilidade do produto, proporcionam aumento na capacidade de retenção de água, minimizam perdas por cozimento e melhoram textura e sabor (BARBUT e ZHANG, 2005; HSU e CHUNG, 2001). A proteína de soja é a proteína não-cárnea mais utilizada devido à sua propriedade funcional, valor nutritivo, disponibilidade no mercado e baixo custo comparado a outras fontes. A proteína de soja em combinação com outros ingredientes não proteicos como os polissacarídeos, também são empregados em produtos cárneos e apresenta boa propriedade de formação de gel e estabilidade do produto (BENICHOU, ASERIN e GARTI, 2002; DAIGLE, 2005; SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006). A proteína de soja pode ser adicionada em carnes PSE para melhorar as propriedades funcionais e promover melhor rendimento dos produtos cárneos industrializados (HEDRICK *et al.*, 1994).

Para melhorar a ligação da carne com a água (NORTHCUTT, FOEGEDING e EDENS, 1994) também pode ser utilizado hidrocolóides, como a carragena e a pectina. A aplicação de carragena em carnes aumenta a capacidade de retenção de água devido à formação do gel pela absorção da água nos espaços intersticiais (BERNAL *et al.*, 1987). A pectina é um polissacarídeo constituído de ácido poligalacturônico e a aplicação em produtos cárneos pode melhorar as propriedades de textura, suculência e coesão (MITTAL e BARBUT, 1993).

Os nuggets são produtos reestruturados e preparados a partir da desintegração da carne por processos mecânicos, seguido da mistura dos ingredientes e homogeneização. A massa preparada é colocada em formas e em túnel de congelamento (NUNES *et al.*, 2006). Em seguida são cortadas no formato de nuggets, empanados, pré-fritos e armazenados sob congelamento.

A carne marinada é um produto condimentado para conferir sabor específico e melhorar a maciez e suculência (LEMOS, NUNES e VIANA, 1999). O preparo da carne marinada consiste na adição de salmoura contendo misturas de aditivos, especiarias e aromas. As carnes marinadas podem ser produzidas por imersão em salmoura com penetração dos ingredientes por difusão, por injeção ou tumbleamento à vácuo cujo processo promove a incorporação da salmoura por massageamento (SMITH e ACTON, 2001).

Com o crescimento na industrialização de produtos cárneos, a busca por melhorias tem tornado um desafio para a indústria, principalmente quando são utilizadas carnes PSE no processamento, já que as propriedades funcionais destas carnes são comprometidas promovendo a redução da qualidade dos produtos industrializados. Portanto a utilização de ingredientes, tais como proteínas não cárneas e hidrocolóides, torna-se indispensável, pois os consumidores demandam produtos com maior qualidade, padronização, textura, sabor atraente e baixo custo. Atrelado à qualidade e custo, também buscam produtos que facilitem o dia a dia e que sejam de fácil acesso e rápido preparo, sendo assim, os nuggets e marinados são alternativas que podem atender a esta demanda. Portanto, este estudo tem como objetivo investigar o efeito da adição de hidrocolóides na elaboração de nuggets e marinados preparados com carne PSE de frango.

2 OBJETIVOS

- Investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de nuggets e marinados preparados com carnes de frango PSE aplicando planejamento fatorial completo 2^3 .
- Definir uma formulação com as melhores propriedades funcionais de nugget e marinado preparados com carnes de frango PSE.
- Avaliar os nuggets e marinados formulados e armazenados a -4°C quanto a composição química, propriedades funcionais, condições higiênico sanitárias e análise sensorial.
- Determinar a oxidação lipídica de nuggets e marinados preparados com carnes de frango PSE armazenados a -4°C por 150 dias.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARNES PSE DE AVES

A sigla PSE é originária das iniciais das palavras da língua inglesa *Pale*, *Soft* e *Exudative*, que significam carnes com aspecto superficial de pálido, textura macia (extrema flacidez) (WISMER-PEDERSEN, 1959) e baixa capacidade de retenção de água (CRA) (OLIVO, 2002). Estes problemas são gerados devido a uma rápida glicólise *post-mortem*, ocasionada pelo rápido abaixamento do pH, enquanto a carcaça ainda está quente (BARBUT *et al.*, 2008), levando a desnaturação das proteínas (OLIVO *et al.*, 2001c). O aspecto pálido e, em especial o exsudativo, condiciona a depreciação da carne pelo consumidor, distribuidor e retalhista (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Reconhecido como um sério problema para a indústria de carnes, a ocorrência do fenômeno PSE em aves começou a ser constatada no final da década de 70, devido ao rápido crescimento da produção de industrializados de carnes de aves e os problemas com a textura, coesividade, suculência e rendimento dos produtos (OLIVO, 2006).

Em suínos, as características da carne PSE são resultados da manifestação da síndrome - *Porcine Stress Syndrome* (PSS) (CHEAH *et al.*, 1984) ou Hipertermia Maligna (HM) (FUJII *et al.*, 1991). A síndrome PSS é desencadeada por fatores de estresse ambientais ou fisiológicos, como mudanças na temperatura ambiente, excitação, transporte, exercícios, que podem levar à morte inesperada dos animais (CHEAH e CHEAH, 1981; CHEAH *et al.*, 1984) sendo desencadeado devido a elevada concentração de Ca^{+2} no sarcoplasma, o qual prolonga a atividade contrátil muscular e a quebra do glicogênio resultando no aumento da produção de calor (MICKELSON e LOUIS, 1996). Já a HM é uma miopatia hereditária e pode ser desencadeada por indução com halotano (2-bromo-2-cloro-1,1,1-trifluoroetano) tendo como sintomas: rigidez muscular generalizada, rápido aumento da temperatura corporal, taquicardia, hiperventilação, acidose metabólica severa e elevado nível de creatina e metabólitos no sangue (CHEAH e CHEAH, 1981; CHEAH *et al.*, 1984). Quanto ao PSE em frangos, não há confirmação de equivalência com a PSS em suínos (SANTOS, BRANDELLI e AYUB, 2004).

O manejo pré-abate inadequado compromete o bem-estar animal, causando contusões, fraturas, arranhões, exaustão metabólica, desidratação, estresse de temperatura e até morte. Todos podem ocorrer durante o transporte inadequado, portanto segundo Oda *et al.* (2003), o processo de manejo pré-abate deve ser realizado com o máximo cuidado e nas horas mais frescas do dia para minimizar o estresse térmico. O manejo dos animais, durante o período *ante-mortem*, pode ter um efeito importante na redução da qualidade da carcaça (ROÇA e SERRANO, 1995), já que o estresse térmico é um dos fatores ambientais mais importantes *ante mortem* que causam uma rápida glicólise *post-mortem* (DRANSFIELD e SOSNICK, 1999) ocasionando o desenvolvimento de carne PSE.

A importância do banho de aspersão de água associado à ventilação antes do abate de frangos, foi observado por Guarnieri *et al.* (2002), uma vez que contribui para recuperação da normalidade fisiológica (homeostase) e repercute positivamente nos processos bioquímicos. Esse procedimento também evita o desencadeamento do fenômeno PSE nos filés de peito de frangos, sendo assim uma prática adotada atualmente pelas empresas.

Segundo Simões *et al.* (2009) o microambiente térmico formado no caminhão de transporte de frangos da granja ao abatedouro pode ser a principal causa que compromete a qualidade final da carne e desenvolve a anomalia PSE. E em alguns pontos do caminhão, como meio e fundo ocorre o aumento da temperatura e da umidade relativa, e a aplicação de um banho de água sobre os frangos após o carregamento é benéfica para o transporte, dependendo da distância percorrida pelo caminhão e pode desta forma, reduzir a incidência de PSE.

Os principais fatores responsáveis por desencadear situações de estresse em aves e causar alterações fisiológicas no período pré-abate são: intervalo de jejum e dieta hídrica, transporte e temperatura do ambiente (SAMS e MILLS, 1993; WARRIS, KESTIN e BROWN, 1993; NORTHCUTT, FOEGEDING e EDENS, 1994; SANDERCOCK *et al.*, 2001; BRESSAN e BERAQUET, 2002). Interações entre temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento podem resultar em estresse térmico (LIN *et al.*, 2006). O conforto térmico se caracteriza por uma faixa de temperatura e umidade relativa ambiente onde a taxa metabólica é mínima e a homeostase é mantida com o menor gasto de energia possível (MITCHELL e KETTLEWELL, 1998).

Estes fatores que causam o estresse em carnes de aves, levam ao rápido declínio do pH enquanto a carcaça ainda está quente resultando em um metabolismo *post-mortem* acelerado (SAMS *et al.*, 2002). Nas primeiras horas após o abate, ocorre a rápida glicólise e diminui o pH a valores menor do que 5,8 (SHIMOKOMAKI, 2004).

A combinação do baixo pH (inferior a 5,8) e da alta temperatura (35°C) provocam a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, (OLIVO *et al.* 2001c, BARBUT *et al.*, 2008), comprometendo as propriedades funcionais da carne e conferindo pobres características de processamento, como diminuição do rendimento dos produtos e consequentes perdas econômicas (OLIVO, 2006). Esta perda na qualidade ocorre, pois as proteínas são as principais responsáveis pelas características funcionais das matérias-primas cárneas (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006).

Olivo e Shimokomaki (2001) e Guarnieri *et al.* (2002) destacaram que a desnaturação parcial das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas causam palidez da carne e perda na capacidade de retenção de água resultando em carne com aspecto de superfície molhada, causando problemas tecnológicos como pouca emulsificação, força do gel enfraquecida, diminuição do rendimento, baixa coesividade, textura inadequada e quebras no fatiamento que influenciam diretamente na qualidade final e no desempenho financeiro dos produtos industrializados.

A determinação da anomalia PSE em carnes de aves tem sido realizada pela combinação das análises de pH, cor e algumas propriedades funcionais. A palidez da carne está relacionada com a desnaturação protéica causada pelo abaixamento do pH. Assim, com a desnaturação protéica, aumenta-se a birrefringência com menos luz transmitida pelas fibras e mais luz dispersa e como consequência a carne apresenta-se pálida (BENDAL e SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1995). Alguns pesquisadores propõem a utilização de valores de luminosidade L^* (sistema CIELAB ou Hunter) para classificação de carnes de aves em PSE. Soares *et al.*(2002) avaliou e classificou os filés de frango quanto à coloração e pH, designando como PSE os peitos com valores de $L^*_{24h} > 53,00$ e $pH \leq 5,8$ e como normal os filés com $44,00 \leq L^* \leq 53,00$ e $pH > 5,8$. Essa classificação pode ser utilizada em frigoríficos como indicador das propriedades funcionais da

carne, possibilitando assim o melhor emprego e aproveitamento dos peitos de frango no processamento.

3.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE CARNES DE AVES

De acordo com Shimokomaki *et al.* (2006), as propriedades funcionais da carne de aves influenciam nos aspectos econômicos dos produtos, uma vez que as características físico-químicas modificam a sua utilização, aplicação e rendimento.

A carne utilizada em produtos cárneos processados deve possuir propriedades funcionais excelentes e estáveis que garantam um produto final de boa qualidade e rentabilidade (BRESSAN, 1998). O maior desafio da indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis (DIRINCK *et al.*, 1996). Os principais atributos avaliados na carne para determinar sua qualidade são cor, capacidade de retenção de água e textura (GAYA e FERRAZ, 2006).

As carnes de frango contendo a anomalia PSE comprometem as propriedades funcionais da carne, resultando em produtos industrializados de pouco rendimento (LARA *et al.*, 2002), devido à liberação de exsudado, que interfere na padronização durante a industrialização (BARBUT, 1997). KISSEL *et al.* (2009) avaliaram a influência da utilização de carne PSE de frango na elaboração de embutidos cárneos e concluíram que carnes PSE de frango têm as suas propriedades funcionais comprometidas e são melhoradas quando utilizados aditivos (tripolifosfato de sódio, amido de mandioca e proteína isolada de soja), tornando-os viáveis para a fabricação de produtos emulsionados.

3.2.1 Cor

A cor é um dos atributos mais importantes na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne, pois é uma característica que influencia tanto a escolha inicial do produto pelo consumidor como a aceitação no momento do consumo (FLETCHER, 1999).

Os pigmentos cárneos são constituídos por duas proteínas: a hemoglobina, que é o pigmento do sangue e a mioglobina que é o pigmento dos músculos, ambas são proteínas globulares com grupo prostético heme (ANTONINI,

1965). A porção heme é de fundamental importância para a determinação da cor pela dependência do estado de oxidação dos íons ferro dentro do grupo prostético. De acordo com Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001a) a cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne. A mioglobina pode sofrer oxidação, sendo o ferro heme convertido para o estado férrico (metamioglobina) e possui coloração marrom escuro (WALLACE *et al.*, 1982). A oxidação da mioglobina é acelerada por íons metálicos, como cobre e ferro, sendo que estes podem estar presentes na água ou em derivados de equipamentos utilizados no processamento da carne. A formação do pigmento oximioglobina ocorre pela oxidação da mioglobina, desenvolvendo uma coloração vermelho brilhante. (LYNCH *et al.*, 1999).

Os parâmetros utilizados na avaliação da cor da carne baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab, sigla composta pelas iniciais da comissão que estabeleceu o sistema (*The Commission Internationale de L'Eclairage*, em 1976) e suas escalas de cor (luminosidade, representada por L^* , cor vermelho representado por a^* e cor de amarelo, representado por b^*). Para estimar indiretamente o teor de mioglobina em uma amostra cárnea, pode-se realizar a razão a^*/b^* (OLIVO, 2004).

Segundo Anadón (2002) a dispersão de luz em uma superfície muscular é diretamente proporcional à quantidade de desnaturação proteica e interfere na aparência física da carne influenciando assim a quantidade de luz que é refletida (LAWRIE, 2005; LEBIHAN-DUVAL *et al.*, 2003). Segundo Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001a) quanto maior o grau de desnaturação protéica, menos luz é transmitida através das fibras e mais luz acaba sendo dispersa, o que leva à palidez da carne. Isto foi confirmado por Van Laack *et al.* (2000) que avaliaram peitos de frango PSE e normal e verificaram que a carne PSE apresentou um valor de L^* maior (60,0) e menor solubilidade da proteína (210 mg/g), quando comparado à carne normal, que tiveram valores de L^* menor (55,1) e maior solubilidade da proteína (217 mg/g).

3.2.2 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A CRA é um termo originalmente usado para descrever a capacidade do músculo e dos produtos cárneos em manter a água ligada (FENNEMA, 1990).

A água no músculo é retida em sua maior parte intracelularmente e também entre as miofibrilas (OFFER e KNIGHT, 1988). A CRA influencia o aspecto da carne, a palatabilidade e está diretamente relacionada às perdas de água antes e durante o cozimento (BRESSAN e PERES, 2001). Trata-se, portanto, de uma medida da capacidade da carne ou de um produto derivado em manter seu conteúdo aquoso durante a aplicação de forças externas (compressão, impacto, cisalhamento).

Essa é uma propriedade importante da carne, principalmente sob o aspecto econômico e sensorial. Enquanto a CRA representa a habilidade da carne de reter a água endógena, a Capacidade de Ligação da Água (CLA) representa a capacidade da carne de reter a água adicionada. O limite e o grau de abaixamento do pH durante o processo de *rigor mortis* e, por conseguinte, o teor de proteína desnaturada terá forte influência na CRA e CLA (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006).

Segundo Olivo e Shimokomaki (2001) quando o pH *post-mortem* é muito alto, a capacidade de retenção de água da carne é alta e similar àquelas do músculo vivo. Quando o pH diminui rapidamente após o sacrifício do animal, resulta em baixa CRA, característica típica da carne que apresenta o fenômeno PSE.

Offer e Knight (1988) relataram que o declínio do pH *post mortem* altera a composição celular e extracelular das fibras musculares, resultando na redução dos grupos reativos disponíveis para reter água nas proteínas. De acordo com Felício (1986) a retenção de água pelas proteínas da carne depende do pH, sendo que quanto mais próximo de 5,0 (ponto isoelétrico), menor será a CRA. Isto ocorre pois no ponto isoelétrico ocorre a precipitação das proteínas da carne, levando assim a uma maior interação proteína-proteína e portanto menor afinidade da proteína com água.

A textura é outro fator importante na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne (BRESSAN e PERES, 2001) e está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular e, portanto, à capacidade de

retenção de água da carne, de modo que quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne (ANADÓN, 2002).

3.3 ADITIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS

O processo de elaboração de produtos cárneos é realizado desde a antiguidade e apresenta-se, neste início de século, ainda como um desafio na melhoria contínua dos produtos processados (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2003). O processamento envolve geralmente cortes cárneos ou fracionados cárneos, podendo-se adicionar condimentos, especiarias e outros aditivos (PARDI *et al.*, 1994).

A industrialização consiste na transformação de carnes em produtos cárneos, sendo que, entre os seus maiores objetivos, visam aumentar a sua vida útil, desenvolver diferentes sabores e utilizar partes do animal de difícil comercialização quando no estado fresco (TERRA, 1998) propiciando grandes modificações nas propriedades físico-químicas da carne fresca (FENNEMA, DAMODARAN e PARKIN, 2010).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Resolução nº 23 de 15 de março de 2000 (BRASIL, 2000), define aditivo alimentar como “qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, mas com o 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. Definição esta que não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades funcionais”. Enquanto que ingredientes são “qualquer substância, incluídos os aditivos alimentares, empregado na fabricação ou preparação de um alimento e que permanece no produto final, ainda que de forma modificada”.

Cada vez mais a utilização de ingredientes nas indústrias de produtos cárneos torna-se indispensável, pois o mercado necessita de produtos com maior qualidade, padronização, textura e sabor cada vez mais atraentes. Porém, cada produto cárneo possui um limite estabelecido pelo órgão regulamentador,

portanto as indústrias devem seguir estes limites, de forma que estes ingredientes não sejam utilizados de forma indiscriminada (AGUIAR *et al.*, 2006).

As carnes com característica PSE alteram as propriedades funcionais da carne, já que possuem coloração e capacidade de retenção de água baixa, resultando em limitações de sua utilização na elaboração de produtos cárneos (COSTA e FILHO, 2003). O aumento no valor do pH, com a utilização dos aditivos, pode reduzir os prejuízos causados pela incidência da carne PSE e conseqüentemente melhorar a capacidade de retenção de água.

Conforme descrito por AGUIAR *et al.* (2006) aditivos como sal, fosfatos e polifosfatos podem ser utilizados para reduzir perdas de umidade durante o processo de estocagem (melhorando a capacidade de retenção de água), melhoram o rendimento, suculência e sabor dos produtos. O sal influi sobre a capacidade de retenção de água das proteínas cárneas, já que proporciona o aumento da força iônica do meio, permitindo que as proteínas miofibrilares absorvam água e se solubilizem (LEMOS, 2006). Enquanto que os fosfatos e polifosfatos elevam o pH do meio, promovendo o aumento da capacidade de retenção de água, conseqüentemente, o aumento da massa e redução da perda de água durante o processamento, congelamento e armazenamento.

Young e Lyon (1986) notaram que quando usados em combinação, sal e fosfatos possuem um efeito sinérgico aumentando a ligação das proteínas com água, pelo aumento do pH e força iônica, expondo mais os sítios de ligação para se ligar à água.

A adição de ingredientes não-cárneos tem o propósito de melhorar a estabilidade do produto cárneo, melhorando a capacidade de retenção de água e as características de cortes, textura, sabor (HSU e CHUNG, 2001; BARBUT e ZHANG, 2005) e principalmente reduzindo os custos de formulação (PEDROSO e DEMIATE, 2008).

Segundo Price e Schweigert (1976), os ingredientes não-cárneos podem ser amidos, féculas, proteínas de soja, hidrolisados de proteínas vegetais de glúten de milho ou trigo, goma carragena, pectina, goma xantana. A escolha destes ingredientes dependerá das propriedades da mistura e das características desejadas no produto final.

3.3.1 Proteína de soja, Carragena e Pectina

Os ingredientes não-cárneos adicionados aos produtos cárneos possuem propriedades funcionais de melhorar a solubilidade, a capacidade de retenção de água, a viscosidade, a gelatinização, a adesão, a emulsificação e a formação de espuma, tendo o propósito de melhorar também as características de corte, textura e sabor (AGUIAR *et al.*, 2006). Os poucos trabalhos publicados indicam que as propriedades funcionais destes ingredientes geralmente são melhores se utilizados num complexo proteína-polissacarídeo do que utilizados sozinhos (SCHMITT *et al.*, 1998).

No Japão tem-se misturado proteínas não-cárneas com hidrocolóides para serem utilizados como aditivos em salsichas feitas com carne bovina (NAKAO e AMAMI, 1980) e em salsichas produzidas com carne de peixe (DPCO, 1983). Nos Estados Unidos, Wallingfort e Labuza (1983) avaliaram a capacidade dos hidrocolóides se ligarem à água nos alimentos por meio de métodos físico-químicos e concluíram que estes ingredientes podem ser utilizados em emulsões de carnes para evitar a sinerese. Fox (1983) adicionou goma xantana e carragena em salsichas enlatadas para evitar o efeito da perda de água. Segundo Carbaló, Barreto e Jimenez-Colmenero (1995) a adição de proteínas não cárneas aos produtos cárneos, resultaram em produtos mais estáveis e com melhor propriedade de textura.

A proteína de soja é uma fonte protéica que combina elevada qualidade funcional, valor nutricional e baixo custo. Segundo o *Codex Alimentarius* (2011) os produtos protéicos de soja são ingredientes alimentícios. As frações protéicas obtidas da soja são divididas principalmente em quatro tipos: farinha de soja integral; texturizado de soja; concentrado de soja e isolado protéico de soja (FERRER, 1999).

A proteína de soja é adicionada aos embutidos para melhorar a estabilidade da emulsão; aumentar a capacidade de retenção de água; diminuir as perdas no processo de cozimento; melhorar a fatiabilidade e diminuir os custos de formulação (HEDRICK *et al.*, 1994). Portanto, a utilização da proteína de soja sozinha ou combinada com outros polissacarídeos pode ser uma alternativa para melhorar a qualidade dos produtos de aves produzidos com carne PSE, já que sua adição aos produtos aumenta as propriedades conectivas, proporcionando maior

rendimento e melhoria na estabilidade da emulsão e nas propriedades de corte (SHIMOKOMAKI, YOUSSEF e TERRA, 2003b).

Um estudo realizado por Rakowsky (1974) verificou que a proteína de soja tem capacidade de melhorar a funcionalidade dos produtos cárneos, pois ela se liga com gordura e água, levando ao processo de gelatinização. Quando incorporadas em carnes processadas, as proteínas de soja também promovem um aumento na absorção de água, ligação, gelatinização, coesividade ou adesividade, emulsificação, e absorção de gordura (FULMER, 1995). Segundo Wang, Fernandes e Cabral (2000) a proteína de soja age encapsulando as gotículas de gordura e formando uma rede contínua de proteína-gel por meio da fase aquosa.

Daigle (2005) utilizou colágeno de aves, proteína de soja e carragena em embutido cárneo e concluiu que a adição de proteína de soja diminuiu significativamente as perdas por gotejamento e cozimento dos tratamentos realizados com carne PSE de peito de peru. Porém, a utilização de proteínas de soja em produtos cárneos é limitada devido aos sabores indesejáveis (amargos) e a sensação bucal adstringente, que resultam em efeitos adversos na qualidade sensorial do produto final (KINSELLA, 1979; PEDERSEN, 1995). Estudos sensoriais têm indicado que o concentrado protéico de soja pode ser utilizado no teor máximo de 3%, sem alterar significativamente o sabor característico do produto devido ao sabor indesejado da soja (PEDERSEN, 1995).

Vega e Felício (1987) avaliaram o efeito da substituição parcial da carne de frango por isolado protéico de soja (IPS), nas características físicas e sensoriais de hambúrguer, nos níveis de substituição 0, 5 e 10%, e observaram que a proteína vegetal contribuiu para reduzir a perda de peso e praticamente não influenciou na retração. O IPS prejudicou a suculência, aumentou a força máxima de cisalhamento do produto cozido, aumentou a luminosidade no produto cru, sem afetar a aceitação. A incorporação de IPS originou sabor estranho, porém de baixa intensidade, de modo que todos os tratamentos foram aceitáveis. Ficou evidente a possibilidade de se substituir até 10% a carne de frango por proteínas de soja, sem prejudicar acentuadamente a qualidade do hambúrguer.

Produtos cárneos formulados com carnes de aves PSE necessitam da adição de hidrocolóides para melhorar a capacidade de retenção de água destes produtos e abrandar a capacidade de formação de gel, pois nas carnes que possuem essa anomalia, ocorre a desnaturação das proteínas miofibrilares e,

portanto compromete as propriedades funcionais da carne, uma vez que 75% da capacidade de emulsificação são de responsabilidade das proteínas miofibrilares (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006).

Garcia-Garcia e Totosaus (2008) estudaram a utilização de alginato, carragena, goma xantana, goma locuste, derivados de celulose, amido e pectina em salsichas. As misturas de carragena e goma locuste melhoraram a textura e a capacidade de retenção de água, porém não tiveram efeitos na coloração.

Alginato, carragenas, goma xantana, goma locuste, derivados de celulose, amido e pectinas são exemplos de hidrocolóides estudados em produtos cárneos (BERRY, 1994; DESMOND e TROY, 1998; FOEDING e RAMSEY, 1987; MITTAL e BARBUT, 1993).

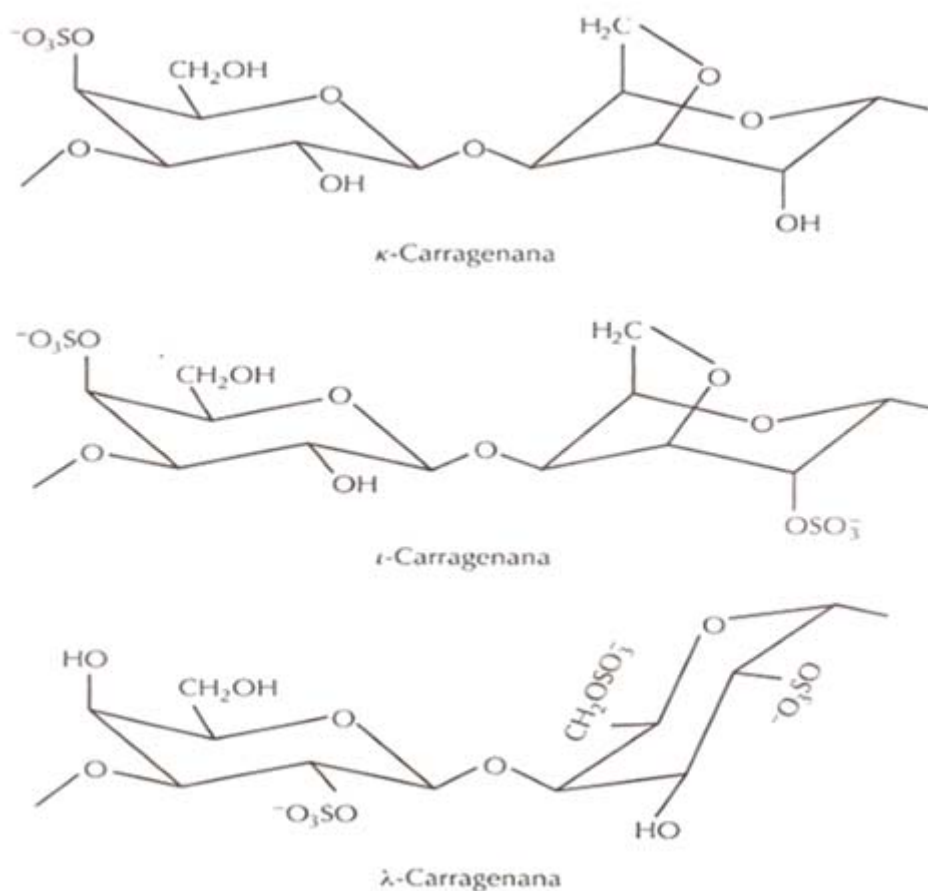
Segundo a Instrução Normativa nº 6 de 15 de fevereiro de 2001 da secretaria de defesa agropecuária, para produtos empanados, permite-se a adição máxima de 4% de proteínas não cárneas, enquanto o produto final deve conter no mínimo 10% de proteína e no máximo 30% de carboidratos totais e como ingredientes opcionais, proteínas de origem vegetal e/ou animal, aditivos intencionais, condimentos, aromas, especiarias, farinhas, féculas, amidos, queijos, vegetais, molhos e produtos cárneos industrializados. Pela Portaria nº 1002/1004 de 11 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998), os empanados ficam classificados como produtos cozidos embutidos ou não e podem vir adicionados de limites máximos (g/100g) de estabilizante fosfato (0,5 g/100g) e espessante carragena (0,5 g/100g).

A Instrução Normativa nº 89 de 17 de Dezembro de 2003 (BRASIL, 2003a), informa a identidade e as características mínimas de qualidade que deverá apresentar o produto denominado Aves Temperadas, sendo permitido no máximo 20% injeção de salmoura, e obrigatoriamente estes produtos devem conter 1% de sal e 0,5% de temperos, como característica físico-química: máximo de umidade 78%, mínimo de proteína 15%, mínimo de sal 1% e mínimo de condimentos 0,5%. Podem-se adicionar ingredientes opcionais: no máximo 20% de água, proteínas de origem vegetal e animal, açúcares, maltodextrinas e aditivos intencionais. Enquanto a Portaria nº 1002/1004 de 11 de dezembro de 1998, classifica o produto no item produtos frescos embutidos ou não embutidos e tem a possibilidade de se adicionar limites máximos de fosfato (0,5 g/100 g) e espessante carragena (0,3 g/100 g).

A carragena é um polissacarídeo aniônico sulfatado extraído de certas espécies de algas vermelhas (*Rhodophyceae*) e é amplamente utilizada pela

indústria de alimentos como agente espessante, geleificante e estabilizante. De acordo com Penna (2010) a carragena trata-se de galactana contendo D e L-galactose e 3,6 anidro-galactose, sendo constituída por três frações principais que se diferenciam pelo conteúdo e distribuição de grupos sulfato-éster e são designadas como: iota (i), kappa (k) e lambda (λ) carragena (Figura 1). O peso molecular e a estrutura dessas frações determinam as suas propriedades funcionais. A i-carragena e k-carragena possuem capacidade para formar gel, já a λ -carragena atua apenas como espessante. A viscosidade da solução dependerá da concentração, temperatura, presença de outros sólidos, tipo da carragena e seu peso molecular. A i-carragena geleifica mais fortemente na presença de íons cálcio, formando gel elástico, claro e livre de sinérese que se recompõe depois de cisalhado. O pH não constitui fator importante para a geleificação da k-carragena, exceto, em pH abaixo de 4,0 no qual pode não ocorrer a geleificação devido a hidrólise ácida (ELEYA e TURGEON, 2000). As proteínas com caráter anfótero precipitam com carragena se o pH da solução estiver abaixo do ponto isoelétrico. Em soluções que apresentam valores de pH acima do ponto isoelétrico ocorre uma forte interação entre as proteínas e a carragena.

Figura 1 – Ilustração das cadeias de carragena



Fonte: Fennema, Damodaran e Parkin (2010)

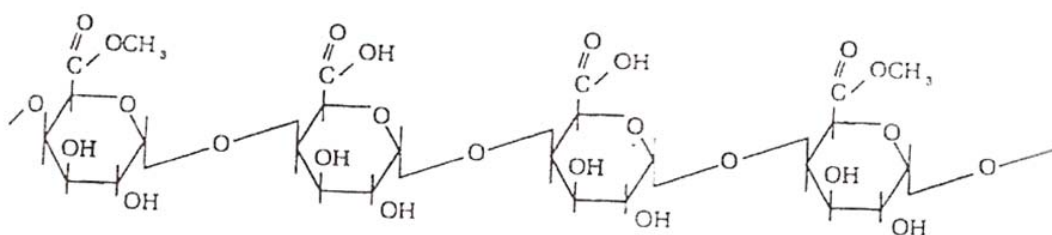
Bater, Descamps e Maurer (1992) observaram peitos de frango injetados com solução contendo sal e fosfato com carragena e/ou amido. A adição dos hidrocolóides melhorou o rendimento e a aparência visual quando comparado com os peitos injetados somente com sal e fosfato. A injeção de cálcio interagiu com a pectina de alto grau de metoxilação na presença de sal e proporcionou melhoria na capacidade de retenção de água e na maciez dos peitos de frango.

A pectina é um polissacarídeo linear constituído de polímero de ácido poligalacturônico (Figura 2), sendo uma classe de polissacarídeos encontrada na parede celular de plantas e tem como função proporcionar firmeza e estrutura a planta. A capacidade da pectina em formar gel depende do peso molecular e do grau de metoxilação, portanto, pectinas de diferentes fontes não possuem a mesma capacidade gelificante (THAKUR, SINGH e HANDA *et al.*, 1997). O grau de

metoxilação da pectina vai depender do grupo carboxila do ácido poligalacturônico, se este é esterificado por metal ou se é amidado (SANDERSON, 1981).

O grau de metoxilação (ou grau de esterificação) é a medida da proporção de grupos de ácido galacturônico metilados em relação ao total de grupos de ácido galacturônicos presentes na molécula de pectina, determinando assim, o tempo, as condições de geleificação e a força do gel de pectina. As pectinas de alto grau apresentam metoxilação maior que 50%, geleificando em concentrações de 60 a 80% de sólidos solúveis e pH de 2,8 a 3,8. Podem ser utilizadas como estabilizante de proteínas em produtos a base de soja. As pectinas de baixa metoxilação apresentam grau de metoxilação inferior a 50% e podem formar gel em concentrações de sólidos solúveis de 10 a 70% e pH de 2,8 a 6,0, somente em presença de íons polivalentes como o cálcio e magnésio (TORREZAN, 2003).

Figura 2 – Ilustração de cadeia de pectina



Fonte: Bobbio e Bobbio (2001)

Portanto, o interesse por hidrocolóides está baseado em seu comportamento reológico, isto é, na viscosidade que proporciona a habilidade de formar gel, reter água e seus efeitos estabilizantes. Estas características podem ser obtidas apenas depois da solubilização completa da molécula, quando então, é capaz de se reorganizar por meio da retenção de água (efeito de espessamento) ou pela construção de redes envolvendo as zonas de ligação (efeito de geleificação). Todos os hidrocolóides podem ter estas duas propriedades desenvolvidas em maior ou menor extensão, dependendo de certas propriedades moleculares como o peso, espaço e presença ou não de grupos funcionais e outras condições do meio como a temperatura e interações com outros ingredientes, outros hidrocolóides e presença de cátions. Estes parâmetros possuem efeito diferente em cada tipo de hidrocolóide e podem afetar fortemente a textura do produto final (PENNA, 2010).

A interação entre proteínas e polissacarídeos exerce influência direta sobre as propriedades macroscópicas dos alimentos, tais como fluidez, estabilidade e textura. Segundo Tolstoguzov (1991), as interações entre proteínas e polissacarídeos podem resultar em três conseqüências: co-solubilidade; incompatibilidade e complexação.

Benichou, Aserin e Garti (2002) afirmaram que sob condições específicas e proporções adequadas de proteína e polissacarídeos (pH, força iônica, temperatura e processo de mistura), ocorre a formação de complexos com melhores propriedades funcionais em comparação às proteínas e polissacarídeos utilizados separadamente. Segundo Grinberg e Tolstoguzov (1997) e Syrbe, Bauer e Klostermeyer (1998), os efeitos do pH no comportamento da mistura proteína-polissacarídeo diferem dependendo da natureza do polissacarídeos (neutro, carboxilado ou sulfatado). Para as misturas proteína polissacarídeos neutros, o pH afeta somente a auto-associação da proteína. A incompatibilidade da proteína com o polissacarídeo deixa o pH próximo ao ponto isoelétrico (pI) da proteína, no qual há a tendência da proteína se associar. Para os sistemas proteína e polissacarídeos aniônicos (carboxilados ou sulfatados), o pH exerce efeito de auto-associação da proteína e de associação cruzada da proteína e polissacarídeos. Uma complexa coacervação é observada em pH inferior ao ponto isoelétrico da proteína, em que os dois polímeros apresentam cargas opostas. Em valores de pH acima do ponto isoelétrico da proteína, ambos os polímeros têm cargas negativas, a complexação é inibida e pode ocorrer a incompatibilidade. Para os polissacarídeos sulfatados, um complexo solúvel proteína-polissacarídeo pode ocorrer em pH acima do ponto isoelétrico resultando na atração entre os resíduos de proteína (NH_3^+) com os do hidrocolóide (OSO_3^-) (SCHMITT *et al.*, 1998).

Hua, Cui e Wang (2003) estudaram a formação de gel da proteína de soja misturada com gomas (carragena, xantana, alginato e locusta) e observaram que dependendo da goma utilizada ocorreram variações na força do gel devido ao mecanismo de interação proteína-goma (ligações covalentes), podendo também haver incompatibilidade da mistura, devido à estrutura química da goma. Portanto, a interação das gomas com a proteína de soja possui forças de interações diferentes e são dependentes de suas solubilidades.

3.4 NUGGET

Com um estilo de vida cada vez mais agitado os consumidores atualmente vem buscando produtos que facilitem o seu dia a dia e que sejam de fácil e rápido preparo. Os empanados têm sido uma alternativa interessante, cuja industrialização vem crescendo no decorrer dos anos entre os processadores de produtos cárneos, em especial os de aves (DILL, SILVA e LUVIELMO, 2009). Em destaque estão os produtos reestruturados e empanados, tipo *nuggets*, cuja elaboração é dada pela desintegração do músculo por processos mecânicos, seguida pela mistura dos pedaços resultantes, para, posteriormente, serem formatados em porções específicas (NUNES *et al.*, 2006).

Segundo a Instrução Normativa nº 6 de 15 de fevereiro de 2001 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2001), entende-se por empanado, o produto industrializado, obtido a partir de carnes de diferentes espécies animais, acrescido de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura apropriada que o caracterize. Os empanados geralmente são pré-fritos para realizar o cozimento parcial ou completo do produto (BRESSAN e PERES 2001).

O empanamento confere também à carne uma proteção contra a desidratação e queima pelo frio durante o congelamento (DILL, SILVA e LUVIELMO, 2009).

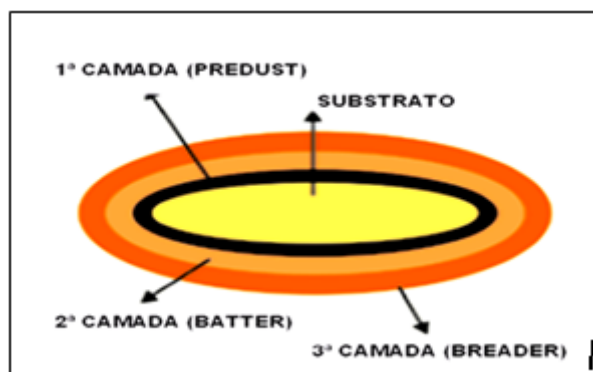
Um dos objetivos no desenvolvimento de produtos empanados foi dar saída a cortes de carne surgidos da retalhação das carcaças, em particular aquelas com conteúdo de gordura e tecido conectivo limitado. A gordura é o componente dos produtos empanados que mais apresenta variações quantitativas. Portanto, na elaboração de produtos empanados intervém a adição de uma série de ingredientes não-cárneos, objetivando melhorar as condições de fabricação ou as características sensoriais do produto. O cloreto de sódio, os fosfatos e os polifosfatos são utilizados para aumentar a força iônica do meio e a solubilidade das proteínas miofibrilares. Os emulsificantes são adicionados a estes produtos para melhoria da coesão e da textura do produto final a ser empanado (CAMBERO *et al.*, 1991a).

O processo de elaboração dos produtos cárneos empanados implica, fundamentalmente, nas operações de redução de tamanho (moagem) da carne, mistura, moldagem, recobrimento por meio de um sistema de cobertura

específico, pré-fritura e congelamento. O processo de moagem visa diminuir a dureza, subdividindo a matéria-prima em pequenas porções aumentando a área superficial e facilitando a disposição das proteínas miofibrilares. O processo de mistura objetiva colocar em contato os ingredientes (formulação do produto final) para aumentar a área superficial e a ruptura da fibra muscular que favorece a liberação dos componentes intracelulares. Se não ocorrer a extração de proteínas, não ocorrerá união, resultando em um produto sem consistência (CAMBERO *et al.*, 1991b). Contudo, se houver moagem ou homogeneização em excesso, a massa também não formará boa emulsão. As operações de mistura melhoram a qualidade sensorial e as propriedades funcionais dos alimentos, pois aumentam a uniformidade destes, tornando-os mais homogêneos para a distribuição dos componentes. A etapa de moldagem é realizada prensando a massa dentro de um molde. A moldagem pode ser realizada aplicando altas pressões sobre um bloco da mistura cárnea previamente congelada (MANDIGO, 1988).

De acordo com Luvielmo e Dill (2008) os sistemas de cobertura tradicionais são compostos de pré-enfarinhamento (*predust*), líquido ou solução de empanamento (*batter*) e farinhas de cobertura (*breaders / breadings*) (Figura 3). Nem sempre nesta ordem e nem sempre com todos esses componentes, os sistemas podem ser combinados de diferentes formas e cada composto vai conferir uma determinada funcionalidade.

Figura 3 – Sistemas de cobertura de empanados



Fonte: Kerry do Brasil (2008)

O *predust* ou pré-enfarinhamento é a primeira camada do sistema de cobertura, e seu principal objetivo é promover a ligação entre o substrato e o batter, absorver a umidade da superfície do substrato, e favorecer a manutenção do aroma

e sabor característico (UEMURA e LUZ, 2003). O *predust* mais utilizado é farinha de trigo, mas também se pode formular *predust* com amido e proteínas para aumentar a aderência (DEGENHART, 2003).

O *batter* é uma mistura em pó de diversos ingredientes funcionais tais como, amidos, gomas e farinhas e pode ser condimentado ou não. Quando hidratado, apresenta uma suspensão de sólidos em líquido, a qual forma tanto a camada de cobertura externa completa para o produto alimentício, como também, age como uma camada ligante entre o substrato e a camada mais externa, o *breeding* (GL- LABORATORIES WORLDWIDE, 2002). Os produtos (substratos) são imersos nesta mistura antes de serem enfarinhados e fritos. A função do líquido de empanar está relacionada com a adesão ao produto e interligação com a farinha de cobertura (*breeding*). O *batter* é fundamental, pois é responsável pelas características funcionais e econômicas do produto, influenciando diretamente na espessura da cobertura (BORTOLUZZI, 2006).

Segundo Loewe (1990), no sistema tradicional o *breeding* é a terceira e última etapa de cobertura, sendo o responsável pela textura, apelo visual e diferenciação entre os produtos. O *breeding* ou farinha de cobertura também pode ser definida como sendo uma base de cereal, geralmente obtida por meio de processamento térmico e pode ser condimentado ou não.

A etapa seguinte ao sistema de coberturas no processamento de produtos empanados é a pré-fritura que consiste no mergulho do produto em óleo, sob altas temperaturas (180-200°C) por um curto período de tempo (20 a 35 s) (DILL, SILVA e LUVIELMO, 2009). A pré-fritura fixa a cobertura, contribui para o desenvolvimento da cor, retira a umidade e inibe parcialmente a desidratação do produto pelo frio (GL- LABORATORIES WORLDWIDE, 2002).

Após a pré-fritura, o alimento pode ser cozido com vapor ou apenas calor, antes do congelamento. Os nuggets podem ser preparados para o consumo final de forma assada ou frita (DILL, SILVA e LUVIELMO, 2009).

3.5 MARINADO

A marinação é um processo utilizado há muitos anos, no qual a imersão da carne em salmoura, adicionada de ingredientes simples, melhorava o sabor, além de mascarar alguns odores indesejáveis. A salmoura utilizada no

processamento é geralmente uma mistura de água, aditivos, especiarias e aromas. Antigamente o processo era utilizado como prática culinária, mas com o desenvolvimento das indústrias e a busca pela praticidade dos consumidores, o processo de marinação foi adotado para a produção em larga escala (GAULT, 1985).

O uso da marinação para condimentação de carnes possui três finalidades principais, primeiramente, porque auxilia no desenvolvimento de um produto com sabor mais acentuado e equilibrado por meio da adição de complexas misturas de especiarias e aromas. Em segundo, porque confere maciez e suculência pela retenção de líquidos adicionados, além de aumentar o rendimento do produto. E, finalmente, por criar uma barreira que ajuda na retenção de líquido e sabor, além de melhorar a aparência do produto (LEMOS, NUNES e VIANA, 1999; VIANA, 2005).

As soluções condimentadas (marinadores) podem ser aplicadas na carne mediante processo de imersão, massageamento ou tambleamento, injeção, por um determinado período. Salmouras e marinadores contêm agentes de funcionalidade que promovem a capacidade de retenção de água da carne, ao contrário dos marinadores, as salmouras não adicionam sabor a carne. Porém, podem conter alguns realçadores do sabor da própria carne (VIANA, 2005).

Conjuntamente às soluções condimentadas e salmouras, os produtos marinados podem ser adicionados de *glazes* e/ou *rubs*. *Glazes* são combinações de aromas, ervas, especiarias, corantes, amidos e gomas que ajudam na retenção do suco e sabor da carne durante o processo de cozimento. Promovem a cor, sabor e apelo visual, auxiliando ainda na adesão das ervas e especiarias na superfície cárnea. Os *glazes* são adicionados no tumbler ou massagador depois que a carne absorveu o marinado ou a salmoura. Enquanto que *rubs* conferem sabor e apelo visual, e são constituídos de sal, pimenta, especiarias, ervas, corantes, aromas, em conjunto com agentes que auxiliam em sua adesão. Por ser um revestimento de superfície aplicado a seco, conferindo uma aparência de produto preparado em casa (VIANA, 2005).

O sal é considerado o ingrediente mais importante na marinação, pois segundo Babdji, Froning e Ngoka (1982) melhora as propriedades de emulsão pelo aumento da solubilidade das proteínas miofibrilares. A presença do sal e do polifosfato durante o tambleamento aumentam as propriedades sensoriais das

carnes de aves processadas, auxiliam também na estabilização da cor e sabor (FARR e MAY, 1970), melhoram a maciez de peito de frango, reduzem a perda durante o processo de cozimento e fritura (BROTSKY, 1976), melhoram a capacidade de retenção de água e as características de emulsificação da carne (FARR e MAY, 1970).

O estudo realizado por Froning e Sackett (1985) demonstrou o efeito sinérgico do sal e do polifosfato na carne pela diminuição de perda de água durante o cozimento, melhoria na textura e aumento da capacidade de retenção de água dos produtos.

Os fosfatos ajudam também a evitar a oxidação das gorduras e dos sabores por meio da sua ação sequestrante de metais que podem catalisar estas reações indesejáveis (VIANA, 2005).

Alvarado e Sams (2003) avaliaram a utilização da injeção de fosfato de sódio e bicarbonato de sódio em peito de frango para determinação dos efeitos na carne PSE e normal. Primeiramente classificou-se as carnes pelo valor de L^* , então foi realizada a injeção de fosfato e de NaCl em diferentes pH's, amostras controles foram separadas (sem injeção). Os filés pálidos tiveram baixo pH e altos valores de L^* em 2 horas *post-mortem*, conseqüentemente baixos valores de capacidade de retenção comparados aos filés normais. O bicarbonato de sódio aumentou o pH dos filés pálidos mas não alterou os filés normais. A marinação dos filés de frango com o fosfato minimizou o efeito negativo da carne PSE. Uma das práticas para aumentar a qualidade da carne PSE inclui a marinação com sal e fosfato (BARBUT, 2009).

A quantidade dos marinadores (solução condimentada) absorvida nos cortes cárneos depende da parte da ave selecionada para o processamento. De acordo com Chen (1982) os peitos de aves absorvem uma quantidade maior de solução do que as coxas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIAS-PRIMAS E REAGENTES

Os filés PSE e normal de frango foram coletados 24 h *post-mortem* em linha comercial de abatedouro localizado no estado do Paraná. Os hidrocolóides pectina e carragena foram fornecidos pela Globalfoods (São Paulo - SP) e a proteína isolada de soja pela Kerry do Brasil (Campinas - SP). As gorduras abdominais foram cedidas pelo Abatedouro de Aves Lar (Matelândia - PR). As farinhas de empanamento foram da empresa Baptistella Alimentos (Itatiba - SP). Os demais ingredientes foram adquiridos na cidade de Medianeira - PR. Os reagentes foram de pureza analítica de diferentes procedências comerciais.

4.2 CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE CARNES PSE E NORMAL DE FRANGO

4.2.1 Medida de pH

O pH do músculo *Pectoralis major* 24h *post mortem* de frangos foi medido utilizando o potenciômetro de contato (Modelo 205, Marca Testo), conforme descrições de Soares *et al.* (2002) e Oda *et al.* (2003). O ponto de incisão do eletrodo foi na parte cranial ventral do filé conforme descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo *et al.* (2001c).

4.2.2 Medida de Cor

As mesmas amostras utilizadas na determinação do pH foram analisadas quanto a cor. O aparelho de medida de cor foi um colorímetro (Marca Minolta®, Modelo CR400). As medidas de cor foram realizadas em três diferentes pontos na face ventral do músculo *Pectoralis major* 24h *post mortem*. Os valores de L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos conforme o sistema de cor CIELAB.

4.2.3 Classificação dos Filés de Peito de Frango

Os filés com valores de $L^*_{24h} > 53$ e $pH \leq 5,8$ foram classificados como PSE e valores de $44 \leq L^* \leq 53$ e $pH > 5,8$ como Normal, conforme proposto por SOARES *et al.* (2002). Os filés de frango classificados como PSE e normal foram utilizados como matéria-prima para este estudo.

4.3 PREPARO DE NUGGETS E MARINADOS COM CARNES PSE E NORMAL DE FRANGO COM ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES

Os peitos PSE e normal de frangos previamente classificados e selecionados, foram congelados e conforme a necessidade foram descongelados e destinados à produção de nuggets e marinados. Ambos os produtos foram processados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira e as análises físico-químicas realizadas na Universidade Estadual de Londrina.

4.3.1 Nugget

Para elaboração dos nuggets, primeiramente foi preparada a emulsão, sendo esta adicionada à massa final. Para elaboração da emulsão do nugget foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^3 , com três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (Tabela 1). As variáveis independentes foram: proteína de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3), sendo que a escolha dos níveis de variação foram previamente definidos conforme o limite máximo permitido de 4% de proteína de soja e 0.5% de carragena (BRASIL, 2001a; BRASIL, 1998) e ensaios preliminares. Para o preparo da emulsão, foram utilizados os seguintes ingredientes base: 30% gordura abdominal de frango e 30% peito de frango (PSE ou normal), sendo que a água atuou como inerte na formulação. Portanto, dependente da variação dos níveis de cada um dos ensaios. As carnes de frango (PSE ou normal) foram previamente descongeladas à 4°C por aproximadamente 24 h e então trituradas em moedor (Poli, PCP-10L). Os ingredientes base foram homogeneizados em processador (RI 3148, Walita) por 2 min até a formação da emulsão, juntamente com os níveis de variação e a água, os ensaios foram realizados aleatoriamente conforme o delineamento experimental (Tabela 1). Para cada ensaio foram retiradas

alíquotas de 25 g, as quais foram mantidas por 3 h sob refrigeração a 4°C e avaliada a função resposta estabilidade da emulsão (Y_{EE}).

Tabela 1 – Variáveis independentes para o preparo de nuggets com carnes PSE ou normal de frango utilizando planejamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Proteína de Soja	Pectina	Carragena
	$x_1(X_1)$	$x_2(X_2)$	$x_3(X_3)$
1	-1(0%)	-1(0%)	-1(0%)
2	1(2,0%)	-1(0%)	-1(0%)
3	-1(0%)	1(2,0%)	-1(0%)
4	1(2,0%)	1(2,0%)	-1(0%)
5	-1(0%)	-1(0%)	1(0,5%)
6	1(2,0%)	-1(0%)	1(0,5%)
7	-1(0%)	1(2,0%)	1(0,5%)
8	1(2,0%)	1(2,0%)	1(0,5%)
9	0(1,0%)	0(1,0%)	0(0,25%)
10	0(1,0%)	0(1,0%)	0(0,25%)
11	0(1,0%)	0(1,0%)	0(0,25%)

x_1, x_2 e x_3 : variáveis codificadas; X_1, X_2 e X_3 : variáveis reais

Foram pesados 400 g de emulsão de cada ensaio, para o preparo da massa final. Para elaboração da massa final foi utilizado a seguinte formulação: 40% de emulsão; 7,90% de água gelada; 1,40% de sal; 0,05% de eritorbato de sódio; 0,15% de polifosfato de sódio; 0,10% de alho desidratado; 0,10% de manjeriço; 0,05% de pimenta branca; 0,25% de solução de ácido cítrico 0,05% e 50,00% de carnes de frango trituradas (PSE ou normal). Os ingredientes foram vagorosamente incorporados e misturados manualmente até obtenção de uma massa homogênea. As massas foram acondicionadas em bandejas de polietileno (33,00 cm x 16,00 cm) contendo seis divisórias, sendo que cada divisória apresentou 11,00 cm de comprimento, 8,00 cm de largura e padronizada 2,50 cm de espessura. As bandejas foram cobertas com filme de polietileno e armazenadas por 24 h em freezer a -4°C. A massa congelada foi retirada de cada divisória e cortada ao meio (5,50 cm de comprimento e 4,0 cm de largura) e empanada. Para o preparo do *batter* foi utilizado 1 volume deste para 4 volumes de água, conforme recomendação

do fornecedor. E o empanamento consistiu da adição do *predust*, *batter* e *breader*, nesta sequência. Para cada ensaio foram obtidos 20 nuggets de aproximadamente 50 g. Os nuggets, após o empanamento, foram fritos em gordura vegetal hidrogenada por 1 min à temperatura de 120°C e assados em forno industrial (VPO/048, Perfecta) à 170°C por 7 min, previamente aquecido por 15 min. Nesta fase do processo, os nuggets foram avaliados com relação as funções respostas perda por cozimento (Y_{PPC}), atividade de água (Y_{aw}) e força de cisalhamento (Y_{FC}).

4.3.2 Marinado

As carnes de frango (PSE ou normal) foram previamente descongeladas à 4°C por aproximadamente 24 h. O preparo da salmoura foi realizado de acordo com o planejamento fatorial completo 2^3 , com três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (Tabela 2). As variáveis independentes foram proteína isolada de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3).

Tabela 2 – Variáveis independentes para o preparo de marinados com carne PSE ou normal de frango utilizando planejamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Proteína de Soja $x_1(X_1)$	Pectina $x_2(X_2)$	Carragena $x_3(X_3)$
1	-1 (0%)	-1 (0%)	-1 (0%)
2	1 (0,075%)	-1 (0%)	-1 (0%)
3	-1 (0%)	1 (0,075%)	-1 (0%)
4	1 (0,075%)	1 (0,075%)	-1 (0%)
5	-1 (0%)	-1 (0%)	1 (0,075%)
6	1 (0,075%)	-1 (0%)	1 (0,075%)
7	-1 (0%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)
8	1 (0,075%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)
9	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)
10	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)
11	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)

x_1 , x_2 e x_3 : variáveis codificadas; X_1 , X_2 e X_3 : variáveis reais

A formulação da salmoura e a escolha das variáveis independentes X_1 (% de proteína de soja), X_2 (% de pectina) e X_3 (% de carragena) e níveis de variação foram previamente definidos conforme ensaios preliminares e limite máximo permitido de 0,3% de carragena (BRASIL, 1998). As salmouras foram preparadas em liquidificador (Arno, MAGF) e armazenadas a 4°C, em embalagens de polietileno até a sua utilização. O tempo máximo de armazenamento (4°C) foi definido como 8 h. A salmoura foi preparada de acordo com a seguinte formulação: 91,00% de água; 7,20% de sal; 0,12% de glutamato monossódico; 0,30% de eritorbato de sódio; 0,18% de alho desidratado; 0,18% de salsa desidratada; 0,06% de pimenta preta; 0,06% de orégano; 0,90% de polifosfato de sódio e proteína de soja, pectina e carragena foram adicionadas à formulação de acordo com os níveis do planejamento (Tabela 2). Para a adição destes ingredientes, a água foi considerada um inerte, portanto, variando em cada ensaio, assim como os hidrocolóides e a proteína de soja. Um quilo de carnes de frango descongelada (24 h/4°C) foi pesado, colocado no tumbler à vácuo (Dorit, VV-T-10) e a salmoura então adicionada. Os produtos foram tumbleados por 30 min. Após, as carnes foram então pesadas para verificação da incorporação de 20% da salmoura. Caso não houvesse a incorporação, as carnes de frango e a salmoura deveriam voltar a ser tumbleados até que ocorresse a absorção. Os marinados finais foram acondicionados a 4°C por 24 h para estabilização do produto. Após, foram avaliadas as seguintes funções respostas: capacidade de retenção de água (Y_{CRA}), luminosidade (Y_{L^*}), perda por cozimento (Y_{PPC}) e força de cisalhamento (Y_{FC}).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A partir das respostas avaliadas foram calculados os efeitos principais das variáveis independentes (x_1 , x_2 , x_3) e suas interações, a nível de 5% de significância. O ajuste do modelo aos dados experimentais foi verificado pela análise de variância (ANOVA) da regressão e pelo coeficiente de determinação (R^2). Todos os cálculos e construção das superfícies de resposta foram realizados utilizando o programa STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2007). As respostas obtidas por meio do planejamento experimental foram ajustadas ao modelo expresso na equação 1:

$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{34} x_3 x_4 + e$
 (Equação 1) onde, \hat{Y} = resposta estimada; x_1, x_2 e x_3 = variáveis codificadas; β = coeficientes do modelo de regressão; e = resíduo (erro experimental).

Para definir os melhores níveis das variáveis para formulação da emulsão do nugget e salmoura dos marinados com as melhores propriedades funcionais foram analisados os efeitos das variáveis sobre as funções respostas. Após a definição das formulações de nugget e marinado preparadas com carnes PSE de frango, os produtos foram elaborados em triplicata, em quantidades suficientes para a avaliação das propriedades funcionais, químicas, higiênico sanitárias e sensoriais. Os nuggets e marinados foram embalados respectivamente em polipropileno e poliestireno recoberto com polipropileno, sendo congelados à -4°C até 150 dias. O sétimo dia de armazenamento dos produtos foi considerado como controle inicial, no qual foram avaliadas as condições higiênico-sanitárias e o grau de oxidação lipídica. No décimo quarto dia foi determinado a composição química e realizada a análise sensorial (aceitação global). Após o sétimo dia avaliou-se a estabilidade lipídica dos produtos, em intervalos de 30 dias e os resultados foram comparados com o controle inicial.

4.5 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS

4.5.1 Estabilidade de Emulsão

A medida da estabilidade de emulsão (EE) foi realizada na emulsão elaborada para o preparo dos nuggets, de acordo com a metodologia proposta por Lin e Zayas (1987). Imediatamente após o processo de preparo da emulsão, foram retiradas alíquotas de 25 g em tubos de centrífuga. Os tubos com as amostras foram submetidos ao tratamento térmico a 70°C por 30 min e posteriormente centrifugados a 4.000 rpm / 3 min. A quantidade de material retido durante este processo foi expresso em porcentagem (%) de estabilidade (p/p), conforme equação a seguir: %EE (peso/peso)= 100 – [(PI - PF) / PI] x 100, onde, PI é o peso inicial e PF o peso final da amostra, respectivamente.

4.5.2 Luminosidade (L*)

A medida de cor dos marinados foi realizada em triplicata, com a utilização do colorímetro (CR 400, Minolta, Nova Jersey). As medidas de cor foram realizadas em três diferentes pontos da parte inferior dos produtos (OLIVO, GUARNIERI e SHIMOKOMAKI, 2001a). Os valores de L* (luminosidade) foram expressos conforme o sistema de cor CIELAB.

4.5.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

Para determinar a capacidade de retenção de água nas carnes de frango marinadas, foi utilizada a metodologia descrita por Hamm (1960), que realiza a medição da perda de água liberada quando é aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Esta análise consistiu em colocar 2 g de amostra em formato de cubo, entre dois papéis de filtro circulares da marca Whatman (nº2), este estando entre duas placas de acrílico, na qual é colocada cuidadosamente um peso de 10 kg por 5 min. Posteriormente a amostra foi pesada novamente. A capacidade de retenção de água foi calculada pela diferença de peso da amostra e expressa em porcentagem de água exsudada em relação ao peso da amostra inicial, conforme a equação seguinte: $\% \text{ CRA} = 100\% - [(PI - PF) / PI] \times 100$, onde PI é o peso inicial e PF o peso final da amostra, respectivamente.

4.5.4 Perda de Peso por Cozimento (PPC)

A perda de peso dos nuggets e marinados após o cozimento se realizou pelo registro dos pesos antes e após a cocção. Para os nuggets, amostras de 50 g de foram colocadas em uma assadeira forrada com papel alumínio e assados em forno industrial (VPO/048, Perfecta) por 7 min a 170°C ou até atingir a temperatura interna de 80°C. E para os marinados foram pesados aproximadamente 130 g, colocados em assadeira forrada com papel de alumínio e assados por 40 min a 170°C em forno elétrico (1323-5697, Fischer) ou até atingir a temperatura interna de 80°C. Os produtos foram resfriados em temperatura ambiente por 15 min e pesados. Os resultados em triplicata foram expressos como porcentagem de perda

de peso por cozimento (PPC) conforme a equação: $\% \text{ PPC} = [(PI - PF) / PI] \times 100$, onde PI é o peso inicial e PF o peso final da amostra, respectivamente.

4.5.5 Força de Cisalhamento (FC)

Para os nuggets e marinados, o procedimento de medida da força de cisalhamento foi realizado após efetuar a medida de perda de peso por cozimento, padronizando então a temperatura dos produtos. Os produtos assados foram submetidos ao corte em pedaços de 1,5 cm de altura x 1,0 cm de largura x 2 cm de comprimento e seis amostras foram medidas, sendo que para o produto marinado, o comprimento seguiu o sentido das fibras do peito de frango. As amostras foram comprimidas até 50% de deformação. A análise foi realizada com a lâmina Warner Bratzler acoplada ao texturômetro TAHD plus. Os resultados foram expressos em Newton (N), força máxima necessária para efetuar o corte das amostras.

4.5.6 Atividade de Água

A atividade de água foi determinada em triplicata nas amostras de nuggets utilizadas para medida de perda por cozimento, após a retirada da cobertura, em determinador de atividade de água (4TE, AquaLab).

4.6 AVALIAÇÃO DOS NUGGETS E MARINADOS ELABORADOS COM CARNES PSE DE FRANGO E ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES

4.6.1 Condições Higiênico-sanitárias

No sétimo dia os nuggets e marinados foram considerados como controle inicial e avaliados quanto à contagem de Estafilococos coagulase positiva (UFC/g), Coliformes a 45°C (UFC/g), Clostrídio sulfito redutor a 46°C (UFC/g) e presença ou ausência de *Salmonella* sp. Estas análises microbiológicas foram realizadas segundo os procedimentos descritos nos métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas em produtos de origem animal (BRASIL, 2003).

4.6.2 Composição Química

A composição química dos nuggets e marinados foi determinada em triplicata, no décimo quarto dia. Foram determinados os teores de proteínas totais, lipídeos, cinzas e umidade, conforme procedimento descrito pela AOAC (2006). O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença. Para análise de lipídeos, foi utilizado o método de extração com solvente orgânico, onde o princípio do método fundamentou-se na solubilidade dos lipídios em solvente hexano e os lipídios extraídos foram posteriormente determinados por gravimetria. A quantificação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl, onde a extração consistiu na digestão com ácido sulfúrico, e a amostra posteriormente foi destilada e titulada com solução ácida. O resultado foi expresso em nitrogênio total. O método de análise de cinzas fundamentou-se na eliminação da matéria orgânica em mufla (550°C), seguida de pesagem. A análise de umidade foi baseada na perda de água e substâncias voláteis em temperatura de 105°C.

4.6.3 Medida da Oxidação Lipídica

No sétimo dia os nuggets e marinados foram considerados como tempo zero e em intervalos de 30 dias de armazenamento a -4°C foi medido o índice de TBARS (*Thiobarbituric Acid Reactive Substances*) até 150 dias. Os produtos foram descongelados a 4°C, 1 h antes da análise. A avaliação da oxidação lipídica foi determinada pelo índice de TBARS utilizando 10 g de amostra, segundo a metodologia descrita por Tarladgis, Pearson e Dugan (1964) e modificado por Crackel *et al.* (1988).

A quantificação foi realizada em triplicata e para isto foram utilizadas 10 g de amostra adicionada de 98 mL de água deionizada; 2,5 mL de ácido clorídrico 4 mol.L⁻¹ e 2 gotas de antiespumante (8 partes de Span 80 + 1,3 partes de Tween 20), em erlenmeyer de 500 mL. Em seguida, esta solução foi destilada por 10 min e 50 mL do destilado foi coletado. O destilado foi homogeneizado e alíquotas de 5 mL foram transferidas para um tubo de ensaio com tampa rosqueável. Posteriormente, foram adicionados 5 mL de solução de TBA 0,02 mol.L⁻¹, e então, os tubos foram levados ao banho-maria a 85 °C por 35 min, sendo então resfriados a temperatura ambiente e efetuada a realização da leitura em espectrofotômetro UV

- Visível (Libra S22, Biochrom) a 530 nm. Uma curva padrão foi preparada utilizando solução de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) em água deionizada nas concentrações de 0,005 a 1,0 mol.L⁻¹ de TEP. Os resultados em triplicata foram expressos em mg de TBARS/kg de amostra e comparados com o controle inicial.

A exatidão do método foi verificada pela medida de recuperação do padrão adicionado à amostra comparado com a leitura. A % de recuperação foi expressa como: %R = [abs (TEP+amostra) / abs(TEP)+abs (amostra)] x 100, onde abs= absorvância; TEP= solução padrão de tetraetoxipropano. A porcentagem de recuperação para os nuggets foi de 98,5% e para os marinados 87%, portanto ambos apresentaram boa exatidão.

4.6.4 Aceitação Global dos Nuggets e Marinados

Após a aprovação do projeto (Anexo 1) pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (processo nº 38123/2010) da Universidade Estadual de Londrina foi realizada a análise de aceitação global dos produtos após armazenamento por 14 dias a -4°C, utilizando escala hedônica de 9 pontos (Anexo 2). Os nuggets congelados foram retirados do freezer e assados a 170°C em forno industrial (VPO/048, Perfecta) por 5 min ou até atingir a temperatura interna de 80°C. Enquanto que os marinados foram previamente descongelados a 4°C por 3h e então assados em forno industrial (VPO/048, Perfecta) por 40 min ou até atingir a temperatura interna de 80°C. Ambos os produtos foram codificados com números de três dígitos aleatórios e então servidas porções de aproximadamente 30 g de nugget e 50 g de marinados em pratos plásticos descartáveis de coloração branca, em cabines individuais, com luz branca. Para os marinados foram também fornecidos aos provadores, talheres plásticos de coloração branca. A análise foi realizada com 50 consumidores potenciais dos produtos, sendo que cada provador realizou a análise sensorial dos dois produtos. Entre uma amostra e outra os provadores enxaguaram a boca com água potável. Antes do início da análise, os provadores receberam um questionário para verificar se os candidatos não apresentavam qualquer tipo de problema com o consumo dos produtos ou então qualquer anormalidade que pudesse impedir a participação no teste (Anexo 3). Os provadores, antes da realização da análise de aceitação global, também assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participação na análise (Anexo 4).

O teste foi realizado no laboratório de análise sensorial, do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.C.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ingredientes na indústria de carnes: Aspectos Gerais. **Revista Nacional da Carne**, v.30, n.353, p. 18-22, 2006.
- ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Injection Marination Strategies for Remediation of Pale, Exudative Broiler Breast Meat. *Poultry Science*, v.82; p. 1332–1336, 2003.
- ANADÓN, H.L.S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 171 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.
- ANTONINI, E. Interrelationship between structure and function in hemoglobin and myoglobin. **Physiological Reviews**, n.45,p. 123-141, 1965.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** - Volume I and II, 18th Edition, Rev. 1, 2006.
- BABDJI, A.S.; FRONING, G.W.; NGOKA, D.A. The effect of short-term tumbling and salting on the quality of turkey breast muscle. **Poultry Science**, v.61, p.300- 303, 1982.
- BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, Roslin, v.38, p. 355- 358, 1997.
- BARBUT, S.; ZHANG, L. Effects of Regular and Modified Starches on Cooked Pale, Soft, and Exudative; Normal; and Dry, Firm, and Dark Breast Meat Batters. **Poultry Science**, v.84, p. 789-796, 2005.
- BARBUT, S.; SOSNICKI, A. A.; LONERGAN, S. M.; KNAPP, T.; CIOBANU, D. C.; GATCLIFFE, L. J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E. W.. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat, **Meat Science**, v.79, p.46-63, 2008.
- BARBUT, S. Pale, soft, and exudative poultry meat—Reviewing ways to manage at the processing plant. **Poultry Science**, v.88, p. 1506-1512, 2009.
- BATER, B.; DESCAMPS, O.; MAURER, A.J. Quality characteristics of hydrocolloid-added oven-roasted turkey breasts. **Journal of Food Science**, n.57, p.1068- 1070, 1992.
- BENDALL, J.R.; SWATLAND, H.J. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Oxford, v.24, p.85-126, 1988.
- BENICHOU, A.; ASERIN, A.; GARTI, N. Protein polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. **Journal of Dispersion Science and Technology**, v.23, n.1-3, p. 93-123, 2002.

BERNAL, V.M., SMAJDA, C.H., SMITH, J.L.; STANLEY, D.W. Interactions in protein/polysaccharide/calcium gels. **Journal of Food Science**, v.52, p. 1121–1126, 1987.

BERRY, B.W. Properties of low-fat, non-breaded pork nuggets with added gums and modified starches. *Journal of Food Science*, v.59, n.4, p. 742-746, 1994.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. Química do processamento de alimentos. Livraria Varela, 3.ed., 143 p., 2001.

BORTOLUZZI, R.C. Empanados. In: R. OLIVO (ed.), **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, Ed. Do Autor, p. 481-494, 2006.

BOULIANNE, M.; KING, A.J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v.74, p.1693-1698, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 23 de 15 de março de 2000. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília- DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1.002/1.004, de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de Função de Aditivos. Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 Carne e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União, Brasília-DF

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 6, de 15 de fevereiro de 2001. Regulamento técnico de identidade e qualidade de empanados. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília – DF.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 89 de 17 de Dezembro de 2003a. Brasília-DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N., J. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Revista Ciênc. Agrotec**. Lavras, v.26, n.5, p.1049-1059, 2002.

BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1998.

BRESSAN, M.C.; PERES, J.R.O. **Tecnologia de carnes e pescados**. Lavras: UFLA/FAEPE, p.84, 88 – 93, 2001.

BROTSKY, E. Automatic injection of chicken parts with polyphosphate. **Poultry Science**, n.55, p. 653-660, 1976.

CAMBERO, M.L.; LÓPEZ, M.O.; HOZ, L.; ORDÓNEZ, J.A. Carnes reestructuradas. I. Composición y fenómenos de ligazón. **Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos**, v.31, n.3, p. 293-309, 1991a.

CAMBERO, M.L.; LÓPEZ, M.O.; HOZ, L.; ORDÓNEZ, J.A. Carnes reestructuradas. II. Proceso de elaboración y comercialización. **Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos**, v.31, n.4, p. 447-457, 1991b.

CARBALO, J.; BARRETO, G.; JIMENEZ-COLMENERO, F. Starch and egg White influence on properties of Bologna sausage as related to fat content. **Journal of Food Science**, v.60, p. 673-677, 1995.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A₂ and the interaction of mitochondrial and sarcoplasmic reticulum in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica Biophysica Acta**, Amsterdam, v.638, p.40-49, 1981.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; CROSLAND, A.R.; CASEY, J.C.; WEBB, A.J. Relationship between Ca²⁺ release, sarcoplasmic Ca²⁺, glycolysis and meat quality in halothane-sensitive and halothane-insensitive pigs. **Meat Science**, Barking, v.10, n.2, p.117-130, 1984.

CHEN, T.C. Studies on the marinating of chicken parts for deep-fat frying. **Journal of Food Science**, n.47, p.1016–1019, 1982.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex general standard for soy protein products (CODEX STAN 175-1989. Disponível em:
<http://www.codexalimentarius.net/download/standards/325/CXS_175e.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

COSTA, M.R.C; FILHO, W.B. Propriedades funcionais das proteínas cárneas e sua influência no processamento. **Revista Nacional da Carne**, nº 314, 2003.

CRACKEL, R.L.; GRAY, J.I.; BOOREN, A.M.; BUCKELY, D.J. Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.656-657, 1988.

DAIGLE, S.P. **PSE Poultry Breast Enhancement through the Utilization of Poultry Collagen, Soy Protein, and Carrageenan in a Chunked and Formed Deli Roll**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, 2005.

DEGENHARDT, J. Empanamento de produtos cárneos. **Aditivos e Ingredientes**, V. 28, p. 77-79, 2003.

DESMOND, E.M.; TROY, D.J. Comparative studies of non-meat adjuncts used in the manufacture of low-fat beef burgers. **Journal of Muscle Foods**, v.9, p. 221-241, 1998.

DILL, D.D.; SILVA, A.P.; LUVIELMO, M.M. Processamento de empanados: sistemas de cobertura. **Estudos Tecnológicos**, v.5, n.1, p. 33-49, 2009.

DIRINCK, P.; WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, Columbus, v.44, p. 65-68, 1996.

DPCO (Dainippon Pharmaceutical Co. LTDA). Xanthan gum as binder for meat and fish products. **Apud. Chemistry Abstract**, v.99, 103996c, 1983 (Abstract).

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A.A. Relationship Between Muscle Growth and Poultry Meat Quality. **Poultry Science**, v.78, p.743–746, 1999.

ELEYA, M. M.O.; TURGEON, S.L. The effects of pH on the rheology of b-lactoglobulin/k-carrageenan mixed gels. **Food Hydrocolloids**, v.14, n.3, p. 245-251, 2000.

FARR, A.J.; MAY, K.N. The effect of polyphosphates and sodium chloride on cooking yields and oxidative stability of chicken. **Poultry Science**, n.49, p. 268-275, 1970.

FELÍCIO, P.E. O ABC do PSE/DFD. **Alimentary Technology**, São Paulo, v.2, n.10, p. 54-57, 1986.

FENNEMA, O.R. Comparative water holding properties of various muscle food. **Journal of Muscle Foods**, Urbana, n.1, p. 363-381, 1990.

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. Tradução: Adriano Brandelli, Alessandro de Oliveira Rios, Ana Lyl Oliveira de Carvalho, Florencia Cladera-Oliveira, Itaciara Nunes, Plinio Francisco Hertz. **Química de Alimentos**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERRER, S. Proteínas de soja em la industria carnica: Cómo elegir correctamente. **Revista Énfasis Alimentacion**, ano 5, n.4, p. 82-85, 1999.

FLETCHER, D.L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Savoy, v.78, p. 1323-1327, 1999.

FOEDING, E.A.; RAMSEY, S.R. Rheological and water holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xantan gum. **Journal of Food Science**, v.52, n.3, p. 549-553, 1987.

FOX JR., J.B. Effect of anionic gums on the texture of pickled frankfurters. **Journal of Food Science**, v.48, p. 1031- 1035, 1983.

FRONING, G.W., SACKETT, B. Effect of salt and phosphates during tumbling of turkey breast muscle on meat characteristics. **Poultry Science**, n.64, p. 1328±1333, 1985.

FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEON, S.; KHANNA, V.K.; WEILAR, J.E.; O'BRIEN, P.J.; MAC LENNAN, D.H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v.253, p.448-451, 1991

FULMER, R.W. Soy protein processing and utilization. In: **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Ed. Erickson, D.R. Cap. 9, p. 117-161. American Oil Chemists Society. Champaign, Illinois, 1995.

GAULT, N.F.S. The relationship between water holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. **Meat Science**, v.15, n.1, p. 15-17, 1985.

GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p. 349-356, 2006.

GARCIA-GARCIA, E.; TOTOSAUS, A. Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach. **Meat Science**, v.78, n.4, p. 406-413, 2008.

GL-LABORATORIES WORLDWIDE. **Guia completo para sistemas de cobertura**. Guarulhos, Ed. do Autor, 41 p, 2002.

GRINBERG, V.Y.; TOLSTOGUZOV, V.B. Thermodynamic incompatibility of proteins and polysaccharides in solutions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.11, n.2, p. 145-158, 1997.

GUARNIERI, P.D.; OLIVO, R.; SOARES, A.; IDA, E.I.; LARA, J.A.F.; SHIMOKOMAKI, M. Bem estar animal e qualidade da carne das aves: uma exigência dos consumidores. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n.301, p.36-44, 2002.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, Cleveland, v.10, n.2, p. 335-443, 1960.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of Meat Science**. 3.ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co., 1994.

HSU, S.Y.; CHUNG, H.Y.. Effect of k-carrageenan, salt, phosphate and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. **J. Food Engineering**, v.47, p.115-121, 2001.

HUA, Y.; CUI, S. W.; WANG, Q. Gelling property of soy protein - gum mixtures. **Food Hydrocolloids**, v.17, n.6, p. 889-894, 2003.

KERRY DO BRASIL. Revista Aditivos e Ingredientes - Especial Carnes, nº 57, p.64, 2008.

KINSELLA, J.E. Functional properties of soy proteins. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.56, n.3, p. 242-258, 1979.

KISSEL, C.; SOARES, A.L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Functional properties of PSE (*Pale, Soft, Exudative*) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, especial, p. 213-217, 2009.

LARA, J.A.F.; KINOV, K.; BONASSI, C.A.; LEDUR, M.C.; NEPOMUCENO, A.L.; SHIMOKOMAKI, M. Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, n.4, p.15, 2002.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6.ed. São Paulo: Artmed. 2005.

LEBIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; SANTÉ, V.; ASTRUC, T.; RÉMIGNON, H.; LE POTTIER, G.; BENTLEY, J.; BEAUMONT, C.; FERNANDEZ, X. . Genetic parameters of meat technological quality traits in a grand-parental commercial line of turkey. **Genetics, Selection, Evolution**, Jouy-en-Josas, v.35, p. 623-635, 2003.

LEMOS, A.L.S.C.; NUNES, D.R.M.; VIANA, A.G. Optimization of the still-marinating process of chicken parts. **Meat Science**, n.52, p. 227-234, 1999.

LEMOS, A.L.S.C. A importância do sal e da água no processamento de embutidos. **Revista Nacional da Carne**, n.354, 2006.

LIN, J. C. S.; ZAYAS, F. Functionality of defatted corn germ proteins in a model system: Fat binding capacity and water retention. **Journal Food Science**, v.53, p. 1308-1311, 1987.

LIN, H.; JIAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, London, v.62, p.71-85, 2006.

LOEWE, R. Ingredients selection for batters systems. In: K. KULP; R. LOEWE (eds.), *Batters and breadings in food processing*. St.Paul: **American Association of Cereal Chemists**, p.11-28, 1990.

LUVIELMO, M.M.; DILL, D.D. Utilização da goma metilcelulose para redução da absorção de gordura em produtos empanados. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.29, n.2, p. 107-118, 2008.

LYNCH, M.P.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J.; FAUSTMAN, C.; MORRISSEY, P.A. Effect of dietary vitamin E supplementation on the colour and lipid stability of fresh, frozen and vacuum-packaged beef. **Meat Science**, v.52, n.1, p.95-99, 1999

MANDIGO, R.W. Restructured meats. Em: *Developments in Meat Science-4*. Ed. R. Lawrie. **Elsevier Applied Science**. Nueva York, 1988.

MICKELSON, J.R.; LOUIS, C.F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca²⁺ release channel, and cell Ca²⁺ regulation defects. **Physiology Review**, Baltimore, v.76, p. 537-592, 1996.

MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problem! **Poultry Science**, v.77, p.1803-1814, 1998.

MITTAL, G.S.; BARBUT, S. Effects of various cellulose gums on the quality parameters of low-fat breakfast sausages. **Meat Science**, v.35, p.93-103, 1993.

NAKAO, Y.; AMAMI, T. Emulsifier for processed meat products. Apud. *Chemistry Abstract*, v.92, 40133 b, 1980 (Abstract).

NORTHCUTT, J. K.; FOGEDING, E. A.; EDENS, F. W. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Science**, Ithaca, v.73, p.308-316, 1994.

NUNES, T.P.; TRINDADE, M.A.; ORTEGA, E.M.M.; CASTILHO, C.J.C. Aceitação sensorial de reestruturados empanados elaborados com filé de peito de galinhas matrizes de corte e poedeiras comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p. 841-846, 2006.

ODA, S.H.I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M.L.; IDA, E.I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.28, n.321, p.30-34, 2003.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: LAWRIE, R. A. **Developments in meat science**. London : Elsevier, p. 63-171, 1988.

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft, and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v.30, p. 157-184, 1991.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: IMPRINT, 155 p. 2001.

OLIVO, R; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.25, n.289, p. 44-49, 2001 a.

OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary Vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function properties. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v.25, n.4, p.271-283, 2001 c.

OLIVO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. **Revista Nacional da Carne**, n.307, p.72-83, 2002.

OLIVO, R. Atualidades na qualidade da carne de aves. **Revista Nacional da Carne**, v.28, n.331, p.38-50, 2004.

OLIVO R. **O mundo das carnes: Ciência, Tecnologia e Mercado**. 3.ed. Criciúma: Ed. do autor, 2006.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 1.ed., v.2, Goiânia: CEGRAF- UFG/ Niterói: EDUFF, 1994.

PEDERSEN, H. E. Application of soy protein concentrates in processed meat products. Experience from different countries. **Fleischwirtschaft**, v.75, n.6, p. 798 – 802, 1995.

PEDROSO, R.A.; DEMIATE, I.M. Avaliação da influência de amido e carragena nas características físico-químicas e sensoriais de presunto cozido de peru. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.28, p. 24-31, 2008

PENNA, A. L. B. Hidrocolóides: usos em alimentos. **Caderno de Tecnologia de Alimentos e Bebidas**. Disponível: <http://www.revista-fi.com.br/Main/revistas/ed_17/pdf/p&da.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2010.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. 1.ed., p.510-511 e 575-579, Editora Acribia: Zaragoza, 1976.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L.A.. **Avaliação da Qualidade de Carnes: fundamentos e metodologias**. 1.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007.

RAKOWSKY, J. Jr. Soy grits, flours, concentrates, and isolates in meat products. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.51, p. 123-127, 1974.

ROÇA, R.O.; SERRANO, A.M.. Influência do banho de aspensão antemortem em parâmetros bioquímicos e na eficiência da sangria da carne bovina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1107-1115, 1995.

SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**, Ithaca, v.72, n.9, p. 1789-1796, 1993.

SAMS, A.R; MARTINEZ-DAWSON, R.; HIRSCHLER, E.M.; OWENS, C.M; WOELFEL, R.L. The Characterization and Incidence of Pale, Soft, and Exudative Broiler Meat in a Commercial Processing Plant. **Poultry Science**, v. 81, p. 579–584, 2002.

SANDERCOCK, D. A.; HUNTER, R. R.; NUTE, G. R.; MITCHEL, M. A.; HOCKING, P. M. Cute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: Implications for meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v.80, p.418-425, 2001.

SANDERSON, G.R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**, v. 35, n. 7, p. 50-57, 1981.

SANTOS, H. C.; BRANDELLI, A.; AYUB, M. A .Z. Influence of post-mortem aging in tenderness of chicken breast fillets. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.905-910, 2004.

SCHMITT, C.; SANCHEZ, C.; BANON, S.D.; HARDY, J. Structure and Technofunctional Properties of Protein-Polysaccharide Complexes : A Review. **Critical Reviews in Food Science and nutrition**, v.38, n.8, p. 689-753, 1998.

SHIMOKOMAKI, M.; ODA, S.H.I.; SOARES, A.L.; LARA, J.A.F.; YAMASHITA, F.; IDA, E.I. Segurança e Qualidade para os embutidos. **Revista Nacional da Carne**, n.317, 2003.

SHIMOKOMAKI, M.; YOUSSEF, E.Y.; TERRA, N.N. Curing. **Elsevier Science**, p.1-7, 2003b.

SHIMOKOMAKI, M. Característica de Qualidade da Carne de Aves. **Avicultura Industrial**, São Paulo, ano 95, ed. 1126, n.8, 2004.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Livraria Varela. 2006.

SIMÕES, G.S.; OBA, A.; MATSUO, T.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. Vehicle Thermal Microclimate Evaluation during Brazilian Summer Broiler Transport and the Occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) Meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n. especial, p. 195-204, 2009.

SMITH, D.P.; ACTON, J.C. **Marination, cooking, and curing of poultry products**. Pages 257–280 in Poultry Meat Science. A. R. Sams, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.

SOARES, A.L.; LARA, J.A.F.; IDA, E.I.; GUARNIERI, P.D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of brazilian broiler breast fillet. Proceedings, Roma.. In: **International Congress of Meat Science and Technology**, n.48, p. 540-541, 2002.

SOARES, A.L.; IDA, E.I.; MIYAMOTO, S.; BLAZQUEZ, F.J.H; OLIVO, R.; PINHEIRO, W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 Activity in poultry PSE, *PALE, SOFT, EXUDATIVE*, meat. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v.27, p.309-320, 2003a.

SOARES, A.L. **PSE (Pale, Soft, Exudative) em frangos: Implementação de parâmetro de cor e avaliação bioquímica e estrutural do filé (Pectoralis Major)**. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 7.0, 2007.

SWATLAND, H. J. **On line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic, 343 p.,1995.

SYRBE, A.; BAUER, W. J.; KLOSTERMEYER, H. Polymer science concepts in dairy systems – an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. **International Dairy Journal**, v.8, n.3, p. 179-193, 1998.

TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A.M.; DUGAN, L.R. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods - II. Formation of the TBA–malonaldehyde complex without acid–heat treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.15, p.602–604, 1964.

TERRA, N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. Editora Unissinos, 1998.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; HANDA, A.K. Chemistry and uses of pectin- a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p. 47-73, 1997.

TOLSTOGUZOV, V.B. Functional properties of food proteins and role of proteinpolysaccharide interaction. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.4, n.6, p. 429-468, 1991.

TORREZAN, R. Geléia de fruta. In: EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas em calda, geléias e doces**. Brasília, 2003.

UEMURA, C.H.; LUZ, M.B. Sistemas de cobertura. **Aditivos e Ingredientes**, v. 28, p. 81-82, 2003.

VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.-H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v.79, p. 1057-1061, 2000.

VEGA M., J.A.; FELÍCIO, P.E. Substituição parcial de carne por plasma bovino desidratado e isolado protéico de soja em hambúrguer de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.7, n.2, p.123-144, 1987.

VIANA, A.G. Tecnologia de marinados, glazes e rubs. **Revista Nacional da Carne**, n.335, 2005.

WALLACE, W.J.; HOUTCHENS, R.A.; MAXWELL, J.C.; CAUGHEY, W.S. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobin. **The Journal of Biology Chemistry**, v.257, p.4966-4977, 1982.

WALLINGFORD, L.; LABUZA, T.P. Evaluation of the water binding properties of food hydrocolloids by physical/chemical methods and in a low fat meat emulsion. **Journal of Food Science**, v.48, p. 1-5, 1983.

WANG, S.H.; FERNANDES, S. M.; CABRAL, L. C. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, Campinas, 2000.

WARRIS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The Depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. **British Veterinary Journal**, London, v.149, n.4, p.391-398, 1993.

WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, Champaign, v.24, p.711-726, 1959.

YOUNG, L.L.; LYON, B.G. Effect of sodium tripolyphosphate in the presence and absence of calcium chloride and sodium chloride on water retention properties and shear resistance of chicken breast meat. **Poultry Science**. v.65, p. 898-902, 1986.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão redigidos na forma de dois artigos científicos, conforme seguem.

5.1 ARTIGO A

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E
AVALIAÇÃO DE NUGGETS PREPARADOS COM CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE
FRANGO

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E
AVALIAÇÃO DE NUGGETS PREPARADOS COM CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE
FRANGO

Danielle Cristina Barreto Honorato¹, Cristiane Canan², Eliane Colla², Cleonice Sarmiento², Massami Shimokomaki³, Elza Louko Ida¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de nuggets preparados com carnes PSE de frango aplicando o planejamento fatorial completo 2³. Os efeitos da adição dos hidrocolóides foram investigados, pelas funções respostas estabilidade de emulsão, atividade de água, perda por cozimento e força de cisalhamento. O produto formulado foi avaliado quanto a composição química, propriedades funcionais, condições higiênico sanitárias, aceitação global e estabilidade lipídica no armazenamento a -4°C. A adição de hidrocolóides contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de nuggets elaborados com carnes PSE de frango. Foi definido que a formulação de nugget com carne PSE de frango deve conter 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena. O nugget preparado apresentou composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira. A aceitação global média foi de 8,3 e conforme a escala hedônica apresentou uma boa aceitação pelos provadores. Os nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena, congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

Palavras – chave: Proteína de soja, pectina, carragena, emulsão, propriedades funcionais.

INTRODUÇÃO

As carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) de aves apresentam aspecto pálido, textura flácida e baixa capacidade de retenção de água (WISMER-PEDERSEN, 1959; BOWKER *et al.*, 1999), gerando problemas econômicos para a indústria (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001). Estas alterações ocorrem devido a uma rápida glicólise *post-mortem*, causada pelo rápido abaixamento do pH, enquanto a

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade Estadual de Londrina; 86051-970; Londrina-PR- Brasil * elida@uel.br.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, PR.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR.

carcaça ainda está quente (BARBUT *et al.*, 2008) com ocorrência da desnaturação das proteínas miofibrilares (OLIVO *et al.*, 2001c; OFFER, 1991).

Os fatores relacionados ao desenvolvimento da anomalia PSE em carne de frango são devido às condições inadequadas de transporte no pré-abate (MITCHELL e KETTEWELL, 1998; SIMÕES *et al.*, 2009), e condições ambientais durante o pré-abate das aves, pois o estresse térmico *ante mortem* pode ocasionar uma rápida glicólise *post-mortem* (DRANSFIELD e SOSNICK, 1999).

A utilização de carnes PSE de frango para elaboração de produtos ocasiona problemas tecnológicos como, baixa estabilidade de emulsão e coesividade, textura inadequada e quebra no fatiamento. Estes problemas podem influenciar diretamente na qualidade final e no desempenho financeiro dos produtos industrializados (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001).

Os ingredientes não cárneos, como amidos e hidrocolóides, quando aplicados às carnes PSE de frango, aumentam a estabilidade da emulsão, melhoram a capacidade de retenção de água, textura, sabor e ainda, auxiliam na redução dos custos de formulações (HSU e CHUNG, 2001, BARBUT e ZHANG, 2005). A utilização de carnes PSE de frango na elaboração de mortadela com adição de proteína isolada de soja, trifosfato de sódio e amido de mandioca foi descrito por Kissel *et al.* (2009) que observaram que as propriedades funcionais de capacidade de retenção de água e estabilidade de emulsão melhoraram.

A proteína de soja é muito utilizada em produtos cárneos para melhorar as propriedades funcionais (HEDRICK *et al.*, 1994). A pectina é um polissacarídeo constituído de ácido poligalaturônico, extraído da parede celular de plantas (THAKUR, SINGH e HANDA, 1997) e utilizado como espessante, emulsificante ou estabilizante. A carragena é um polissacarídeo utilizado na indústria de alimentos como estabilizante (AYADI *et al.*, 2009).

Os nuggets são produtos reestruturados e preparados a partir da desintegração da carne por processos mecânicos, seguido da mistura dos ingredientes e homogeneização. As massas preparadas são moldadas em formas e colocadas em túnel de congelamento (NUNES *et al.*, 2006). Em seguida são empanados, pré fritos e armazenados sob congelamento.

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de nuggets preparados com peitos PSE de frango aplicando o planejamento fatorial completo 2³,

definir uma formulação de nugget com as melhores propriedades funcionais e avaliar quanto a composição química, propriedades funcionais, condições higiênico sanitárias, análise sensorial e estabilidade lipídica dos nuggets armazenados por 150 dias a -4°C .

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas e reagentes

Os peitos de frango PSE (n=50) e normal (n=50) foram coletados 24 h *post-mortem* da linha comercial do abatedouro localizado no estado do Paraná. As gorduras abdominais foram cedidas pelo Abatedouro de Aves Lar (Matelandia – PR). A proteína isolada de soja foi fornecida pela empresa Kerry do Brasil (Campinas, SP) e a pectina e carragena foram da Globalfoods (São Paulo, SP). A farinha de empanamento foi da Baptistella Alimentos (Itatiba, SP). Todos os reagentes foram de diferentes procedências e pureza analítica.

Classificação de filés em PSE e Normal

Os peitos de frango foram classificados em PSE e Normal com base nos valores de pH e L^* determinados 24 h post-mortem conforme descrito por Soares *et al.* (2002) e Oda *et al.* (2003). Assim, filés com $L^*_{24h} \geq 53$ e $\text{pH} \leq 5,8$ foram classificados como PSE e com valores $44 < L^* < 53$ e $\text{pH} > 5,8$ como Normal.

Preparo da emulsão e formulação do nugget com adição de hidrocolóides

A formulação da emulsão e a escolha das variáveis independentes X_1 (% de proteína de soja), X_2 (% de pectina) e X_3 (% de carragena) e os níveis de variação foram previamente definidos conforme o limite máximo permitido de 4% de proteína de soja e 0,5% de carragena (BRASIL, 2001a; BRASIL, 1998) e ensaios preliminares. Para formulação da emulsão foi utilizado o planejamento fatorial completo 2^3 , com três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (Tabelas 1 e 2). As variáveis independentes foram proteína de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3). Para o preparo da emulsão, foram utilizados os seguintes

ingredientes base: 30% gordura abdominal de frango e 30% peito de frango (PSE ou normal), sendo que a água atuou como inerte. Os peitos PSE ou normal de frango foram triturados em moedor mecânico (Poli, PCP-10L). Os ingredientes base foram homogeneizados e os ensaios foram realizados aleatoriamente conforme o delineamento experimental (Tabelas 1 e 2), com adição de proteína de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3). Em seguida foram misturados em processador (RI 3148, Wallita) por 2 min até a formação da emulsão. Para cada ensaio foram retiradas alíquotas de 25 g, mantidas por 3 h sob refrigeração a 4°C e avaliada a função resposta estabilidade da emulsão (Y_{EE}).

A partir de 400 g de emulsão de cada ensaio foi preparado 1 kg de nugget utilizando a seguinte formulação: 7,90% de água gelada; 1,40% de sal; 0,05% de eritorbato de sódio; 0,15% de polifosfato de sódio; 0,10% de alho desidratado; 0,10% de manjericão; 0,05% de pimenta branca; 0,25% de solução de ácido cítrico 0,05% e 50,00% de peitos de frango triturados (PSE ou normal). Em seguida, foram misturados manualmente até obter uma massa homogênea. Estas foram colocadas em bandejas de polietileno (33,00 x 16,00 cm) contendo seis divisórias, sendo que cada divisória apresentou 11,00 cm de comprimento, 8,00 cm de largura e padronizada a espessura de 2,50 cm. Os produtos preparados foram cobertos com filme de polietileno e armazenados por 24 h em freezer a -4°C. A massa congelada foi retirada de cada divisória e cortada ao meio (5,50 cm de comprimento e 4,00 cm de largura) e empanada. Para empanar, foi utilizado um volume de *batter* para quatro volumes de água e o empanamento consistiu da adição do *predust* (pré-enfarinhamento), *batter* (solução de empanamento) e *breader* (farinha de cobertura). Para cada ensaio foram obtidos 20 nuggets com aproximadamente 50 g cada. Os nuggets foram fritos em gordura vegetal hidrogenada por 1 min à temperatura de 120°C e assados em forno industrial (modelo VPO/048, Perfecta) à 170°C por 7 min, previamente aquecido por 15 min. Em seguida os nuggets foram avaliados com relação as funções respostas Y_{PPC} (% de perda por cozimento), Y_{aw} (atividade de água) e Y_{FC} (força de cisalhamento expressos em Newton).

A partir das respostas avaliadas foram calculados os efeitos principais das variáveis independentes (x_1 , x_2 , x_3) e suas interações. O ajuste do modelo aos dados experimentais foi verificado pela análise de variância (ANOVA) da regressão e coeficiente de determinação (R^2). Todos os cálculos e construção das

superfícies de resposta foram realizados utilizando o programa STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2007). As respostas obtidas por meio do planejamento experimental (Tabelas 1 e 2) foram ajustadas ao modelo e expresso conforme a equação 1:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{34} x_3 x_4 + e$$

(Equação 1) onde, \hat{Y} = resposta estimada; x_1 , x_2 e x_3 = variáveis codificadas; β = coeficientes do modelo de regressão; e = resíduo (erro experimental).

Para definir os níveis das variáveis para formular nuggets com as melhores propriedades funcionais, foram investigados os efeitos das variáveis independentes (Tabelas 3 e 4) sobre as funções respostas. Após a definição das variáveis foi desenvolvido uma formulação de nugget, sendo a mesma, preparada com peitos PSE de frango. Os nuggets foram preparados em triplicata e em quantidade suficiente para a avaliação das propriedades funcionais, químicas, higiênico sanitárias, estabilidade lipídica e aceitação global. Os nuggets foram embalados em polipropileno e congelados à -4°C até 150 dias. O sétimo dia de armazenamento dos nuggets foi considerado como controle inicial, no qual foram avaliados as condições higiênico-sanitárias e o grau de oxidação lipídica (TBARS - *Thiobarbituric Acid Reactive Substances*). No décimo quarto dia foi determinada a composição química e realizado o teste de aceitação global. Após o sétimo dia foi avaliada a estabilidade lipídica dos nuggets, em intervalos de 30 dias até 150 dias e os resultados foram comparados com o controle inicial.

Propriedades funcionais

Estabilidade de Emulsão (EE): foi medida em triplicata, conforme descrição de Lin e Zayas (1987) e expressos como: % de EE (peso/peso) = 100 – [(PI - PF) / PI] x 100, onde PI é o peso da amostra inicial e PF o peso da amostra final, respectivamente.

Perda de Peso por Cozimento (PPC): foi realizada em triplicata com 50,00 g de nuggets, os quais foram colocados em uma assadeira forrada com papel alumínio e assados por 7 min a 170°C ou até atingir a temperatura interna de 80°C. O produto foi resfriado por 15 min e pesado. A % de PPC foi calculada como:

%PPC= $[(PI - PF) / PI] \times 100$, onde PI é o peso da amostra inicial e PF o peso da amostra final, respectivamente.

Atividade de Água (aw): foi medida em triplicata nas amostras utilizadas para medida de PPC, após a retirada da cobertura e utilizando o aparelho de medida de aw (AquaLab, 4TE).

Força de Cisalhamento (FC): foi medida no texturômetro TAHD plus acoplado com probe Warner Bratzler, após cocção das amostras em forno por 7 min a 170°C ou até atingir a temperatura interna de 80°C. As amostras foram cortadas em seis cubos de 1,50 cm de altura x 1,00 cm de largura x 2,00 cm de comprimento e a FC foi expressa em Newton (N).

Avaliação dos nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

As condições higiênico-sanitárias dos nuggets considerados como controle inicial foram analisados quanto à contagem de Estafilococos coagulase positiva (UFC/g), Coliformes a 45°C (UFC/g), Clostrídio sulfito redutor a 46°C (UFC/g) e presença ou ausência de *Salmonella sp.* Estas análises microbiológicas foram realizadas segundo os procedimentos descritos nos métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas em produtos de origem animal (BRASIL, 2003).

A composição química do nugget foi determinada em triplicata, no décimo quarto dia. Foram determinados os teores de proteínas totais, lipídeos, cinzas e umidade, conforme procedimento descrito pela AOAC (2006). O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.

A oxidação lipídica foi determinada nos nuggets nos tempos 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias de armazenamento a -4°C, pelo método de TBARS conforme Tarladgis, Pearson e Dugan (1964), modificado por Crackel *et al.* (1988). A ANOVA foi utilizada para verificar diferenças entre as médias nos dias de armazenamento (-4°C), ao nível de 5% de significância.

Após a aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (processo nº 38123/2010) a avaliação da aceitação global foi realizada com os nuggets armazenados a -4°C e 14 dias. Os nuggets foram descongelados e assados a 170°C em forno industrial (VPO/048, Perfecta) por

5 min ou até atingir a temperatura interna de 78°C. Os nuggets foram codificados com número de três dígitos aleatórios e servidos 30,00g em pratos plásticos descartáveis de coloração branca, em cabines individuais, com luz branca. Os nuggets foram avaliados utilizando a escala hedônica de 9 pontos (Anexo 4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação dos filés em PSE e Normal

Os peitos de frango PSE apresentaram valores médios de pH de 5,7 \pm 0,07 e L^* de 56,57 \pm 1,39 e como esperado foram significativamente diferentes dos peitos normais (pH = 5,96 \pm 0,05 e L^* = 50,70 \pm 1,69).

Efeito da adição de hidrocolóides sobre as propriedades funcionais de nuggets preparados com carnes PSE e normal de frango

Estabilidade de emulsão (Y_{EE})

A estabilidade das emulsões preparadas com carnes PSE (Y_{PSE-EE}) e normal (Y_{N-EE}) sem adição de proteína de soja (X_1), pectina (X_2) e carragena (X_3) foi menor (ensaio 1, tabelas 1 e 2) em relação aos outros ensaios realizados com adição dos hidrocolóides. O efeito da adição de proteína de soja (X_1) e carragena (X_3) nas emulsões preparadas com carne PSE de frango não foram significativas ($p > 0,05$) sobre a função resposta Y_{PSE-EE} (Tabela 3) e, portanto, a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasionou respostas estatisticamente similares. Para a variável X_2 (% de pectina) o efeito foi positivo e significativo ($p < 0,05$) (Tabela 3) sobre Y_{PSE-EE} . Na faixa investigada, o efeito da adição de pectina (x_2) foi de +22,04% e, portanto significa que houve um acréscimo de 22,04% na resposta Y_{PSE-EE} com a adição de 2% de pectina em comparação a resposta observada sem adição deste hidrocolóide. Destaca-se que no ensaio 3 ($X_1=0\%$ de proteína de soja, $X_2=2\%$ de pectina e $X_3=0\%$ de carragena) a Y_{PSE-EE} foi elevada e de 91,91%. Este resultado foi similar ao observado por Sariçoban *et al.* (2008), que investigaram o efeito da adição de 5% de pectina (albedo de limão) em salsichas tipo *Frankfurt* e concluíram que ocorreu aumento de 81,1% na estabilidade

de emulsão, quando comparado sem adição. Portanto, dentro da faixa investigada, visando o acréscimo da Y_{PSE-EE} , deve-se utilizar a maior concentração de pectina estudada ($X_2=2\%$).

Para as emulsões preparadas com carne normal de frango (Tabela 4) os efeitos das variáveis (x_1, x_2, x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) com relação à Y_{N-EE} . Entretanto, o efeito da variável pectina (x_2) foi de 12,38% na Y_{N-EE} e menor do que na carne PSE de frango (22,04%). Assim, para melhor estabilidade de emulsão preparada com carne PSE à adição de pectina teve uma contribuição maior e proporcionou uma estabilidade melhor e mais acentuada do que em carnes normais. A pectina pode contribuir nas propriedades funcionais de carnes PSE de frango, pois interage com as proteínas desnaturadas e formam um complexo solúvel de proteína-polissacarídeo (SCHMITT *et al.*, 1998). O aumento na estabilidade de emulsão também foi observado em mortadelas produzidas com carne PSE de frango, quando foram adicionados ingredientes como amido de mandioca e proteína isolada de soja (KISSEL *et al.*, 2009).

Na análise de variância (tabelas 5 e 6) dos modelos gerados para a predição das respostas Y_{PSE-EE} e Y_{N-EE} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto, os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das Y_{PSE-EE} e Y_{N-EE} das emulsões elaboradas com carnes PSE ou normal de frango foram avaliados os efeitos das variáveis (x_1, x_2 e x_3).

Atividade de água (Y_{aw})

A atividade de água dos nuggets sem adição de hidrocóloides e preparados com carnes PSE e normal, foram respectivamente de 0,9820 e 0,9834 (Tabelas 1 e 2) e indica que os produtos são perecíveis. O efeito da adição de proteína de soja (X_1) e pectina (X_2) em nuggets preparados com carne PSE não foi significativo ($p > 0,05$) (Tabela 3) sobre Y_{PSE-aw} (atividade de água de nuggets preparados com carnes PSE de frango) e, portanto, a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasionou respostas estatisticamente similares. Como a variável proteína de soja (x_1) não foi significativa sobre Y_{PSE-aw} a nível de 5%, o efeito foi avaliado a nível de 10% de significância. Portanto, para melhorar a estabilidade do nugget preparado com carne PSE de

frango e reduzir a Y_{PSE-aw} , recomenda-se a utilização de 2% de proteína de soja. Para a Y_{PSE-aw} a variável X_3 (% de carragena) apresentou efeito negativo e significativo ($p < 0,05$) (Tabela 3). Este efeito negativo indica que quando foi utilizado níveis inferiores de carragena (x_3), acarretou em maior Y_{PSE-aw} que pode prejudicar ainda mais a estabilidade do produto. Desta forma, para a elaboração de nuggets com carne PSE de frango, recomenda-se a utilização de 0,5% de carragena, ou seja $x_3 = +1$.

Para os nuggets preparados com carne normal de frango (Tabela 4) os efeitos das variáveis (x_1, x_2, x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) com relação à Y_{N-aw} (atividade de água em nuggets preparados com carne normal de frango).

Na análise de variância (tabelas 5 e 6) dos modelos gerados para a predição das Y_{PSE-aw} e Y_{N-aw} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto, os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das Y_{PSE-aw} e Y_{N-aw} dos nuggets preparados com carnes PSE ou normal de frango foram considerados apenas os efeitos das variáveis (x_1, x_2 e x_3).

Perda de peso por cozimento (Y_{PPC})

O efeito da adição de proteína de soja (x_1) em nuggets preparados com carne PSE de frango não foi significativo ($p > 0,05$) sobre a $Y_{PSE-PPC}$ (perda de peso por cozimento de nuggets preparados com carne PSE de frango) e, portanto a adição de qualquer concentração deste ingrediente, dentro da faixa investigada, ocasionou respostas estatisticamente semelhantes. Para a $Y_{PSE-PPC}$ as variáveis x_2 (pectina) e x_3 (carragena) apresentaram efeitos negativos e significativos ($p < 0,05$) e conseqüentemente a interação foi positiva e significativa (Tabela 3). Os efeitos negativos das variáveis x_2 (pectina) e x_3 (carragena) indicaram que quando foram utilizados os níveis inferiores na formulação do nugget, observou-se maior $Y_{PSE-PPC}$, cuja característica é indesejável. Assim, para obter nuggets com menor $Y_{PSE-PPC}$, na faixa investigada, deve-se utilizar pectina ($x_2 = +1$ ou 2% de pectina) e carragena ($x_3 = +1$ ou 0,5% de carragena) nos níveis superiores.

Com relação a Y_{N-PPC} (perda de peso por cozimento de nuggets preparados com carne normal de frango) somente o efeito da interação das variáveis $x_2 * x_3$ (pectina*carragena) foi positivo e significativo ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Comparando $Y_{PSE-PPC}$ e Y_{N-PPC} sem adição dos hidrocolóides (ensaios 1, tabelas 1 e 2) observa-se que $Y_{PSE-PPC}$ foi menor (3,41%) do que Y_{N-PPC} (5,97%). Estes resultados estão de acordo, pois as carnes PSE após a coleta e seleção apresentaram alta exsudação, sendo assim quando o nugget foi elaborado possivelmente a carne PSE continha baixa quantidade de água, em seu interior, para ser exsudada, portanto apresentando menor PPC após o preparo.

Na análise de variância (Tabela 5) do modelo gerado para prever a $Y_{PSE-PPC}$, a regressão foi significativa ($F_{calc} > F_{tab}$). A falta de ajuste não foi significativa ($F_{calc} < F_{tab}$). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 97,17% indicando que o modelo proposto se ajustou adequadamente aos dados experimentais. Assim, para a $Y_{PSE-PPC}$ a equação pode ser escrita como: $Y_{PSE-PPC} = 2,353 - 0,28 x_2 - 0,26 x_3 + 0,55 x_2 * x_3$. A partir desta equação foi obtida a superfície de resposta (Figura 1) na qual pode ser observada que $Y_{PSE-PPC}$ foi maior quando foi utilizado o menor nível de pectina ($x_2 = -1$ ou 0% de pectina) e carragena ($x_3 = -1$ ou 0% de carragena). Este fato também confirma como na descrição anterior dos efeitos das variáveis sobre $Y_{PSE-PPC}$.

Na análise de variância (Tabela 6) do modelo gerado para a predição da resposta Y_{N-PPC} , a regressão não foi significativa ($F_{calc} < F_{tab}$) e a falta de ajuste foi significativa ($F_{calc} > F_{tab}$) e indica que o modelo não se ajusta adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação da Y_{N-PPC} dos nuggets preparados com carne normal de frango foi considerado o efeito das variáveis (x_1, x_2, x_3) e as interações ($x_2 * x_3$) sobre a Y_{N-PPC} .

Força de Cisalhamento (Y_{Fc})

Comparando Y_{PSE-FC} (força de cisalhamento de nuggets preparados com carne PSE de frango) e Y_{N-FC} (força de cisalhamento de nuggets preparados com carne normal de frango) sem adição dos hidrocolóides (ensaio 1, Tabelas 1 e 2) observa-se que Y_{PSE-FC} foi menor (4,14 N) do que Y_{N-FC} (6,31 N). Em carnes PSE de frango Wilhelm *et al.* (2010), observaram também um valor de FC menor do que em carnes normais, devido à elevada concentração de Ca^{2+} intracelular que acelera a atividade da protease e em consequência a carne torna mais macia e com menor força de cisalhamento.

Para a Y_{PSE-FC} a variável X_2 (% de pectina) apresentou efeito negativo e significativo ($p < 0,05$). O efeito negativo da variável x_2 (pectina) indica que quando foi adicionada pectina no nível superior ($x_2=+1$ ou 2% de pectina) na formulação dos nuggets, observou-se Y_{PSE-FC} menor (Tabela 3). Assim, para obter nuggets com menor Y_{PSE-FC} , na faixa investigada, deve-se adicionar pectina ($x_2=+1$ ou 2% de pectina) no nível superior. Esta estimativa de adição de 2% de pectina em nuggets preparados com carnes PSE de frango pode ser observada experimentalmente no ensaio 3 (tabela 2) onde há menor força de cisalhamento, ou seja de 2,44 N. Porém, a textura deste nugget foi inadequada e com aspecto gelatinoso e sem característica de um produto cárneo, conforme verificação visual. Este fato pode ser explicado pela elevada capacidade de retenção de água da pectina, que absorve água de 20 vezes em relação ao seu peso (THEBAUDIN *et al.*, 1997). Desta forma, para reduzir a Y_{PSE-FC} de nuggets o ideal seria a adição de pelo menos 1% de pectina, já que o seu nível superior ($x_2=+1$ ou 2% de pectina) acarretou em propriedade de textura inadequada.

Como as variáveis proteína de soja (x_1) e carragena (x_3) não foram significativas sobre a Y_{PSE-FC} a nível de 5%, o efeito foi avaliado a nível de 10% de significância. Nesta condição, a proteína de soja (x_1) e carragena (x_3) apresentaram efeito positivo. Portanto, para minimizar a FC em nuggets preparados com carnes PSE de frango, recomenda-se utilizar proteína de soja ($x_1= -1$ ou 0% de proteína de soja) e carragena ($x_3=-1$ ou 0% de carragena).

Para nuggets preparados com carne normal (tabela 4) os efeitos das variáveis (x_2 e x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) sobre a Y_{N-FC} . Portanto, a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasiona respostas estatisticamente similares. Com relação a Y_{N-FC} o efeito da adição de proteína de soja (x_1) foi positivo e significativo. Portanto, para obter nuggets com menor Y_{N-FC} , dentro da faixa investigada, deve-se adicionar proteína de soja ($x_1=-1$ ou 0% de proteína de soja). Entretanto, considerando que a interação x_1*x_2 (proteína de soja*pectina) foi significativa, dentro da faixa investigada, para obter nuggets com menor Y_{N-FC} deve-se adicionar proteína de soja no nível inferior ($x_1=-1$ ou 0% de proteína de soja) e pectina no nível superior ($x_2=+1$ ou 2% de pectina), uma vez que a Y_{N-FC} menor foi indicada quando se utilizou nível inferior de proteína de soja ($X_1=0\%$). Considerando que a interação x_2*x_3 (pectina*carragena) também foi significativa, dentro da faixa investigada, para obter nuggets com Y_{N-FC} menor,

recomenda-se utilizar pectina no nível inferior ($x_2=-1$ ou 0% de pectina) e carragena no nível mais elevado ($x_3=+1$ ou 0,5% de carragena) ou pectina no nível mais elevado ($x_2=+1$ ou 2% de pectina) e carragena no nível inferior ($x_3=-1$ ou 0% de carragena).

Na análise de variância (tabelas 5 e 6) do modelo proposto para a predição de Y_{PSE-FC} , a regressão não foi significativa ($F_{calc} < F_{tab}$). Entretanto, a função resposta Y_{N-FC} apresentou regressão e falta de ajuste significativos ($F_{calc} > F_{tab}$). Portanto, os dois modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das funções respostas Y_{PSE-FC} e Y_{N-FC} dos nuggets foram considerados apenas os efeitos das variáveis (x_1 , x_2 e x_3) e suas interações.

Definição da adição de hidrocolóides no preparo de nuggets com carne PSE de frango

Para o preparo do nugget com carne PSE de frango e com melhores propriedades funcionais foi importante estabelecer previamente uma emulsão com maior estabilidade e um nugget com menor atividade de água, menor perda de peso por cozimento e menor força de cisalhamento. Assim, a adição do nível superior X_1 (2% de proteína de soja) foi favorável, a nível de 10% de significância ($p < 0,1$) pois apresentou efeito significativo negativo para a Y_{PSE-AW} , enquanto que a Y_{PSE-FC} apresentou efeito positivo e significativo ($p < 0,1$) indicando que a adição do menor nível de X_1 (0% de proteína de soja) reduziu Y_{PSE-FC} . Porém, foi necessário utilizar ao menos 1% de proteína de soja ($x_1=0$) para reduzir a atividade de água. A adição de 2% de pectina (X_2) foi definida para formular o nugget com maior Y_{PSE-EE} , menor $Y_{PSE-PPC}$ e menor Y_{PSE-FC} . Porém, com base na análise Y_{PSE-FC} dos nuggets preparados com nível superior de pectina ($X_2=2\%$), proporcionou nuggets com baixa Y_{PSE-FC} , aspecto inadequado, gelatinoso e sem característica de um produto cárneo. Com relação à adição de carragena (x_3), esta não teve efeito sobre a Y_{PSE-FC} ($p > 0,05$), e para obter Y_{PSE-aw} e $Y_{PSE-PPC}$ menores, foi definida a adição de 0,5% de carragena na formulação do nugget com carnes PSE de frango.

Portanto, foi definido que para formular nugget com carne PSE de frango e melhores propriedades funcionais, seria necessário adicionar 1% proteína de soja, 1% pectina e 0,5% de carragena.

Avaliação dos nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

Após a definição da formulação de nugget com carne PSE adicionados de 1% proteína de soja, 1% pectina e 0,5% de carragena, estes foram preparados em quantidades suficientes para avaliação. Assim, os nuggets apresentaram a seguinte composição química: 52,39 g/100g \pm 0,37 de umidade, 14,65 g/100g \pm 0,25 de proteína, 17,08 g/100g \pm 0,25 de lipídeo, 2,17g/100g \pm 0,07 de cinzas e carboidrato foi de 13,71g/100g (estimado por diferença das médias). De acordo com o regulamento técnico de identidade e qualidade de empanados cárneos (BRASIL, 2001a) é permitido que o teor máximo de carboidratos totais seja de até 30% e o teor mínimo de proteínas de 10%. Portanto, os nuggets preparados com carnes PSE de frango atenderam os parâmetros desta legislação.

A emulsão dos nuggets é importante para melhorar a estabilidade do produto elaborado com carne PSE. E os nuggets preparados apresentaram estabilidade de emulsão de 91,22% \pm 2,84, cujo resultado é semelhante aos observados no delineamento (tabela 2). Uma emulsão estável também foi obtida por Kissel *et al.* (2009) em mortadela elaborada com carne de frango PSE e adição de 3% de amido de mandioca e 4% de proteína isolada de soja. É importante observar que a concentração de hidrocolóides afeta a estabilidade de emulsão, pois segundo Sariçoban *et al.* (2008) a adição de mais de 5% de albedo de limão em salsichas tipo *Frankfurt* ocorreu uma tendência inversa na estabilidade da emulsão.

A atividade de água dos nuggets foi elevada e de 0,976 \pm 0,001 e considerando também o elevado teor de umidade, os nuggets podem ser caracterizados como produtos perecíveis.

A perda de peso por cozimento foi de 2,83% \pm 0,93% e indica que o rendimento do produto foi elevado e de 97,17%. Os ingredientes não cárneos, como os hidrocolóides, melhoram as propriedades funcionais dos produtos cárneos devido à sua estabilidade térmica e capacidade de retenção de água nos espaços intersticiais da rede formada pelo gel (FREITAS, *et al.*,1997). A reduzida perda de água durante o processo de cozimento de hambúrgueres de carne contendo carragena foi também observado por Egbert *et al.* (1991). Os ingredientes não-cárneos, segundo Desmond *et al.* (1998), também possuem a função de aumentar o rendimento de hambúrgueres.

A força de cisalhamento está relacionada com a tensão de corte e textura do produto. O nugget elaborado apresentou baixa força de cisalhamento, ou seja, de $4,76 \text{ N} \pm 0,66$, indicando uma textura desejável para o consumidor e aceitável conforme a análise sensorial.

As condições higiênico sanitárias dos nuggets preparados com carnes PSE e adição de hidrocolóides avaliadas pela contagem de *Estafilococos* coagulase positiva (UFC/g), Coliformes a 45°C (UFC/g), *Clostridio* sulfito redutor a 46°C (UFC/g) e presença ou ausência de *Salmonella sp*, indicaram que estes resultados atenderam os limites estabelecidos para estes produtos (BRASIL, 2001b) e condições higiênico sanitárias satisfatórias para a realização da análise sensorial.

A aceitação global média dos nuggets foi de 8,3 e conforme a escala hedônica teve uma boa aceitação pelos provadores.

Avaliação da estabilidade dos nuggets preparado com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

A estabilidade dos nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides foi avaliada pelo índice de TBARS do produto obtido após 7 dias de congelamento (-4°C) designado como controle inicial e cujo índice foi de 0,289 mg de TBARS/kg de nugget. Os resultados de TBARS dos nuggets avaliados em intervalos de 30 dias de armazenamento (-4°C) até 150 dias estão apresentados na Figura 2. Observa-se que em relação ao controle inicial, ocorreu um aumento gradativo na oxidação lipídica até 120 dias de armazenamento (-4°C) com oxidação de 43,60%, porém até 90 dias não houve diferença significativa ao nível de 5% no índice de TBARS com relação ao controle inicial, no entanto em 150 dias de armazenamento (-4°C) a oxidação lipídica foi de 165,05% e diferiu significativamente dos demais tempos (0, 30, 60, 90 e 120 dias) de armazenamento. A estabilidade lipídica de nuggets preparados com carne de cabrito e adição de proteína de soja foi avaliada por Das *et al.* (2008) que observaram também um aumento no índice de TBARS (0,591 mg de TBARS/kg de nugget) em 90 dias de estocagem. Estes resultados indicaram que a oxidação lipídica ocorreu mesmo quando os nuggets estavam congelados a -4°C , atingindo ao final de 150 dias de armazenamento o índice de 0,766 mg de TBARS/kg. Segundo Greene e Cumuze (1982) este índice está dentro da faixa de 0,6 a 2,0 mg TBARS/kg estabelecida como nível mínimo

detectável de *off flavor* por provadores não treinados. Portanto, os nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena, congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

CONCLUSÃO

O efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena aplicando o planejamento fatorial completo indicou que estes hidrocolóides contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de nuggets elaborados com carnes PSE. Foi definido que a formulação de nugget com carne PSE deve conter 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena. O nugget formulado apresentou composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira. A aceitação global média foi de 8,3 e conforme a escala hedônica apresentou uma boa aceitação pelos provadores. Os nuggets preparados com carnes PSE de frango e adição de 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena, congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

REFERÊNCIAS

- AYADI, M.A.; KECHAOU A, A.; MAKNI B, I.; ATTIA A, H. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. **Journal of Food Engineering**, v.93, p. 278-283, 2009.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** - Volume I and II, 18th Edition, Rev. 1, 2006.
- BARBUT, S.; ZHANG, L. Effects of Regular and Modified Starches on Cooked Pale, Soft, and Exudative; Normal; and Dry, Firm, and Dark Breast Meat Batters. **Poultry Science**, v.84, p. 789-796, 2005.
- BARBUT, S.; SOSNICKI, A. A.; LONERGAN, S. M.; KNAPP, T.; CIOBANU, D. C.; GATCLIFFE, L. J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E. W.. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat, **Meat Science**, v.79, p.46-63, 2008.
- BOWKER, B.C.; WYNVEEN, E.J.; GRANT, A.L; GERRARD, D.E. Effects of electrical stimulation on early postmortem muscle pH and temperature declines in pigs from different genetic lines and halothane genotypes. **Meat Science**, v.53, p. 125-133, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de Função de Aditivos. Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 Carne e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União, Brasília-DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 6, de 15 de fevereiro de 2001a. Regulamento técnico de identidade e qualidade de empanados. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001b. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da união, Brasília – DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- CRACKEL, R.L.; GRAY, J.I.; BOOREN, A.M.; BUCKELY, D.J. Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.656-657, 1988.
- DAS, A.K.; ANJANEYULU, A.S.R.; GADEKAR, Y.P.; SINGH, R.P.; PRAGATI, H. Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. **Meat Science**, v.80, p. 607-614, 2008.

DESMOND, E.M.; TROY, D.J.; BUCKLEN, D.J. Comparative studies of nonmeat adjuncts used in the manufacture of low-fat beef burgers. **Journal of Muscle Foods**, v.9, p. 221-241, 1998.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A.A. Relationship Between Muscle Growth and Poultry Meat Quality. **Poultry Science**, v.78, p. 743–746, 1999.

EGBERT, W.R.; HUFFMAN, D.L.; CHEN, C.M.; DYLEWSKI, D.P.. Development of low-fat ground beef. **Food Technology**, v.45, p. 64-73, 1991.

FREITAS, Z.; SEBRANEK, J.G.; OLSON, D.G.; CARR, J.M. Carrageenan Effects on Salt-Soluble Meat Proteins in Model Systems. **Journal of Food Science**, v.62, p. 539- 543, 1997.

GREENE, B.A.; CUMUZE, T.H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists. Assessments of oxidized flavour in cooked beef. **Journal of Food Science**, v.47, p. 52–58, 1982.

GUARNIERI, P.D.; SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SCHNEIDER, J.P.; MACEDO, R.M.; IDA, E.I. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (pale, soft, exudative) broiler breast meat in a commercial plant. Biochemical and ultrastructural observations. **Journal of Food Biochemistry**, v.28, p. 269–277, 2004.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of Meat Science**. 3.ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co., 1994.

HSU, S.Y.;CHUNG, H.Y. Effect of k-carrageenan, salt, phosphate and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. **Journal Food Engineering**, v.47, p.115-121, 2001.

KISSEL, C.; SOARES, A.L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Functional properties of PSE (*Pale, Soft, Exudative*) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p. 213-217, 2009.

LIN , J. C. S.; ZAYAS, F. Functionality of defatted corn germ proteins in a model system: Fat binding capacity and water retention. **Journal Food Science**, v.53,p. 1308-1311, 1987.

MITCHELL, M. A., KETTLEWELL, P. J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solution not problem. **Poultry Science**, v.77, p. 1803-1814, 1998.

NUNES, T.P.; TRINDADE, M.A.; ORTEGA, E.M.M.; CASTILHO, C.J.C. Aceitação sensorial de reestruturados empanados elaborados com filé de peito de galinhas matrizes de corte e poedeiras comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, p. 841-846, 2006.

ODA, S.H.I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M.L.; IDA, E.I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.28, n.321, p.30-34, 2003.

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft, and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v.30, p. 157-184, 1991.

OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary Vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n.4, p.271-283, 2001.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: IMPRINT, 155 p. 2001.

SARIÇOBAN, C.; ÖZALP, B.; YILMAZ, M.T.; ÖZEN, G.; KARAKAYA, M.; AKBULUT, M. Characteristics of meat emulsion systems as influenced by different levels of lemon albedo. **Meat Science**, v.80, p. 599-606, 2008.

SCHMITT, C.; JANCHEZ, C., DESOBRY BANON, J.; HARDY, J. Structure and technofunctional properties of protein-polysaccharide complexes: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.38, p. 689-753, 1998.

SIMÕES, G. S. OBA, A., MATSUO, T., ROSSA, A., SHIMOKOMAKI, M., IDA, E. I., Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p. 195-204, 2009.

SOARES, A.L.; LARA, J.A.F.; IDA, E.I.; GUARNIERI, P.D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of brazilian broiler breast fillet. Proceedings, Roma. In: **International Congress of Meat Science and Technology**, n.48, p. 540-541, 2002.

StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 7.0, 2007.

TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A.M.; DUGAN, L.R. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods - II. Formation of the TBA-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.15, p.602-604, 1964.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; HANDA, A.K. Chemistry and uses of pectin- a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, n.1, p. 47-73, 1997.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibers: nutritional and technological interest. **Trends in Foods Science and technology**, v.8, p. 41-48, 1997.

VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.-H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v.79, p. 1057-1061, 2000.

WILHELM, A.E.; MAGANHINI, M.B.; Hernández-Blazquez, F.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. **Food Chemistry**, v.119, p. 1201-1204, 2010.

WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, v.24, p. 711–727, 1959.

Tabela 1 – Funções resposta para as propriedades funcionais de nugget preparado com carne PSE de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Variáveis Independentes			Funções Respostas			
	Proteína de Soja x_1 (X_1)	Pectina x_2 (X_2)	Carragena x_3 (X_3)	Y_{PSE-EE} (%)	Y_{PSE-aw}	$Y_{PSE-PPC}$ (%)	Y_{PSE-FC} (N)
1	-1(0%)	-1(0%)	-1(0%)	51,72 ($\pm 1,15$)	0,9820 ($\pm 0,0003$)	3,41 ($\pm 0,42$)	4,14 ($\pm 0,61$)
2	1(2%)	-1(0%)	-1(0%)	60,98 ($\pm 0,47$)	0,9779 ($\pm 0,0029$)	3,57 ($\pm 0,13$)	5,11 ($\pm 0,73$)
3	-1(0%)	1(2%)	-1(0%)	91,91 ($\pm 2,02$)	0,9787 ($\pm 0,0028$)	1,78 ($\pm 0,27$)	2,44 ($\pm 0,14$)
4	1(2%)	1(2%)	-1(0%)	88,51 ($\pm 2,60$)	0,9748 ($\pm 0,0019$)	1,88 ($\pm 0,17$)	2,73 ($\pm 0,42$)
5	-1(0%)	-1(0%)	1(0,5%)	66,67 ($\pm 0,31$)	0,9761 ($\pm 0,0012$)	2,00 ($\pm 0,78$)	5,27 ($\pm 0,90$)
6	1(2%)	-1(0%)	1(0,5%)	95,48 ($\pm 2,54$)	0,9720 ($\pm 0,0008$)	1,73 ($\pm 0,08$)	6,40 ($\pm 0,68$)
7	-1(0%)	1(2%)	1(0,5%)	89,99 ($\pm 1,28$)	0,9752 ($\pm 0,0023$)	2,10 ($\pm 0,19$)	3,29 ($\pm 0,37$)
8	1(2%)	1(2%)	1(0,5%)	92,61 ($\pm 0,88$)	0,9755 ($\pm 0,0012$)	2,71 ($\pm 0,33$)	5,60 ($\pm 0,78$)
9	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	89,33 ($\pm 0,11$)	0,9781 ($\pm 0,0025$)	2,05 ($\pm 0,19$)	5,25 ($\pm 0,97$)
10	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	90,13 ($\pm 0,01$)	0,9764 ($\pm 0,0004$)	2,36 ($\pm 0,77$)	5,27 ($\pm 0,77$)
11	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	87,08 ($\pm 1,16$)	0,9790 ($\pm 0,0025$)	2,29 ($\pm 0,16$)	4,94 ($\pm 0,74$)

Y_{PSE-EE} = estabilidade da emulsão; Y_{PSE-aw} = atividade de água; $Y_{PSE-PPC}$ = perda por cozimento; Y_{PSE-FC} = força de cisalhamento

Tabela 2 – Funções resposta para as propriedades funcionais de nugget preparado com carne Normal de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Variáveis Independentes			Funções Respostas			
	Proteína de Soja x_1 (X_1)	Pectina x_2 (X_2)	Carragena x_3 (X_3)	Y_{N-EE} (%)	Y_{N-aw}	Y_{N-PPC} (%)	Y_{N-FC} (N)
1	-1(0%)	-1(0%)	-1(0%)	60,78 ($\pm 0,01$)	0,9834 ($\pm 0,0023$)	5,97 ($\pm 1,08$)	6,31 ($\pm 1,53$)
2	1(2%)	-1(0%)	-1(0%)	71,12 ($\pm 0,10$)	0,9836 ($\pm 0,0040$)	3,25 ($\pm 0,45$)	5,88 ($\pm 0,53$)
3	-1(0%)	1(2%)	-1(0%)	82,18 ($\pm 0,04$)	0,9815 ($\pm 0,0023$)	2,37 ($\pm 0,41$)	4,66 ($\pm 1,18$)
4	1(2%)	1(2%)	-1(0%)	88,92 ($\pm 2,49$)	0,9842 ($\pm 0,0027$)	2,16 ($\pm 0,16$)	5,52 ($\pm 1,13$)
5	-1(0%)	-1(0%)	1(0,5%)	70,79 ($\pm 0,06$)	0,9800 ($\pm 0,0022$)	1,52 ($\pm 0,33$)	5,58 ($\pm 0,88$)
6	1(2%)	-1(0%)	1(0,5%)	82,47 ($\pm 0,05$)	0,9804 ($\pm 0,0017$)	1,04 ($\pm 0,32$)	5,43 ($\pm 0,74$)
7	-1(0%)	1(2%)	1(0,5%)	85,15 ($\pm 0,01$)	0,9813 ($\pm 0,0026$)	1,23 ($\pm 0,13$)	5,03 ($\pm 1,04$)
8	1(2%)	1(2%)	1(0,5%)	78,44 ($\pm 2,46$)	0,9825 ($\pm 0,0016$)	5,31 ($\pm 1,11$)	8,42 ($\pm 1,78$)
9	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	84,53 ($\pm 0,01$)	0,9769 ($\pm 0,0005$)	4,03 ($\pm 0,60$)	5,48 ($\pm 0,70$)
10	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	89,75 ($\pm 0,04$)	0,9773 ($\pm 0,0039$)	3,79 ($\pm 1,06$)	5,42 ($\pm 0,81$)
11	0(1%)	0(1%)	0(0,25%)	73,49 ($\pm 0,01$)	0,9775 ($\pm 0,0040$)	3,82 ($\pm 0,97$)	5,35 ($\pm 0,58$)

Y_{N-EE} = estabilidade da emulsão; Y_{N-a} = atividade de água; Y_{N-PPC} = perda por cozimento; Y_{N-FC} = força de cisalhamento.

Tabela 3 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos nuggets preparados com carne PSE de frango.

Fator	Y _{PSE-EE}			Y _{PSE-aw}			Y _{PSE-PPC}			Y _{PSE-FC}		
	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor
Média	82,22	34,61	< 0,0001*	0,97688	2088,28	< 0,0001*	2,35	40,44	< 0,0001*	4,585	22,27	< 0,0001*
Proteína de soja (x ₁)	9,32	1,67	0,1928	-0,00295	-2,69	0,0745	0,15	1,10	0,3519	1,175	2,43	0,093
Pectina (x ₂)	22,04	3,96	0,0288*	-0,00095	-0,87	0,4502	-0,56	-4,10	0,0262*	-1,715	-3,55	0,0380*
Carragena (x ₃)	12,91	2,32	0,1034	-0,00365	-3,33	0,0448*	-0,525	-3,85	0,0310*	1,535	3,18	0,0501
x ₁ * x ₂	-9,71	-1,74	0,1796	0,00115	1,05	0,3715	0,205	1,50	0,2299	0,125	0,26	0,8125
x ₁ * x ₃	6,39	1,15	0,3344	0,00105	0,96	0,4091	0,02	0,15	0,8927	0,545	1,13	0,3411
x ₂ * x ₃	-11,82	-2,12	0,124	0,00225	2,05	0,1326	1,1	8,06	0,0040*	0,325	0,67	0,5491
x ₁ * x ₂ * x ₃	-3,38	-0,61	0,5866	0,00105	0,96	0,4091	0,235	1,72	0,1834	0,465	0,96	0,4065

YPSE-EE = estabilidade da emulsão; YPSE-aw = atividade de água; YPSE-PPC = perda por cozimento; YPSE-FC = força de cisalhamento * p ≤ 0,05

Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos nuggets preparados com carne Normal de frango.

Fator	Y _{N-EE}			Y _{N-aw}			Y _{N-PPC}			Y _{N-FC}		
	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor
Média	78,874	32,46	< 0,0001*	0,9808	780,36	< 0,0001*	3,135	11,82	0,0013*	5,7345	50,51	< 0,0001*
Proteína de soja (x₁)	5,511	0,97	0,4048	0,0011	0,38	0,7281	0,167	0,27	0,8051	0,9175	3,44	0,0410*
Pectina (x₂)	12,38	2,17	0,1181	0,0005	0,18	0,8700	-0,177	-0,28	0,7939	0,1075	0,40	0,7134
Carragena (x₃)	3,464	0,61	0,5862	-0,0021	-0,72	0,5230	-1,162	-1,87	0,1584	0,5225	1,96	0,1445
x₁ * x₂	-5,499	-0,96	0,4057	0,0008	0,28	0,7977	1,767	2,84	0,0655	1,2075	4,53	0,0201*
x₁ * x₃	-3,026	-0,53	0,6321	-0,0003	-0,11	0,9192	1,632	2,62	0,0787	0,7025	2,64	0,0777
x₂ * x₃	-7,216	-1,27	0,2947	0,0012	0,40	0,7168	2,167	3,48	0,0399*	1,1125	4,18	0,0250*
x₁* x₂* x₃	-3,696	-0,65	0,5628	-0,0004	-0,14	0,8945	0,512	0,82	0,4703	0,5625	2,11	0,1250

YN-EE = estabilidade da emulsão; YN-aw = atividade de água; YN-PPC = perda por cozimento; YN-FC = força de cisalhamento * p ≤ 0,05

Tabela 5 – Análise de variância para as propriedades funcionais de nuggets preparados com carne PSE de frango

Fonte de Variação	Y _{PSE-EE}				Y _{PSE-aw}				Y _{PSE-PPC}				Y _{PSE-FC}			
	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado
Regressão	2051,351	7	293,050	4,722	0,000063	7	0,000009	3,857	3,839	7	0,548	14,733	14,625	7	2,089	4,481
Resíduo	186,192	3	62,064		0,000007	3	0,000002		0,112	3	0,037		1,399	3	0,466	
Falta de Ajuste	181,190	1	181,190	72,447	0,000004	1	0,000004	2,667	0,059	1	0,059	2,225	1,330	1	1,330	38,859
Erro Puro	5,002	2	2,501		0,000003	2	0,000002		0,053	2	0,026		0,068	2	0,034	
Total	2237,543	10			0,000007	10			3,950	10			16,024	10		
	R ² = 91,68%				R ² = 89,72%				R ² = 97,17%				R ² = 91,27%			

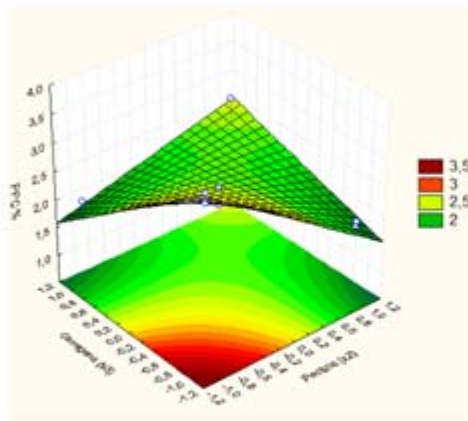
YPSE-EE = estabilidade da emulsão; YPSE-aw = atividade de água; YPSE-PPC = perda por cozimento; YPSE-FC = força de cisalhamento Ftabelado(0,05; 7; 3) para regressão =8,887 / Ftabelado(0,05; 1; 2) para falta de ajuste= 18,51

Tabela 6 – Análise de variância para as propriedades funcionais de nuggets preparados com carne Normal de frango.

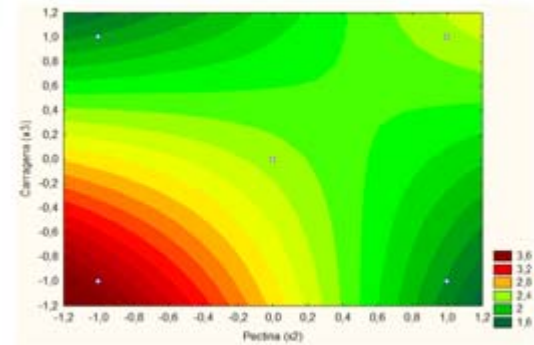
Fonte de Variação	Y _{N-EE}				Y _{N-aw}				Y _{N-PPC}				Y _{N-FC}			
	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado
Regressão	601,60	7	85,942	1,324	0,000063	7	0,000009	3,857	24,322	7	3,475	4,491	9,264	7	1,323	9,336
Resíduo	194,80	3	64,932		0,000007	3	0,000002		2,321	3	0,774		0,425	3	0,142	
Falta de Ajuste	56,958	1	56,958	0,826	0,000004	1	0,000004	2,667	2,287	1	2,287	133,724	0,417	1	0,417	98,461
Erro Puro	137,84	2	68,920		0,000003	2	0,000002		0,034	2	0,017		0,008	2	0,004	
Total	796,40	10			0,000007	10			26,642	10			9,689	10		
	R ² = 75,54%				R ² = 24,38%				R ² = 91,29%				R ² = 95,61%			

YN-EE = estabilidade da emulsão; YN-aw = atividade de água; YN-PPC = perda por cozimento; YN-FC = força de cisalhamento Ftabelado(0,05; 7; 3) para regressão = 8,887 / Ftabelado(0,05; 1; 2) para falta de ajuste = 18,51

Figura 1 – Superfície de resposta (A) e diagrama de contorno (B) para a resposta perda de peso por cozimento (%) dos produtos preparados com a carne PSE de frango, fixando a variável x_1 em 0%.

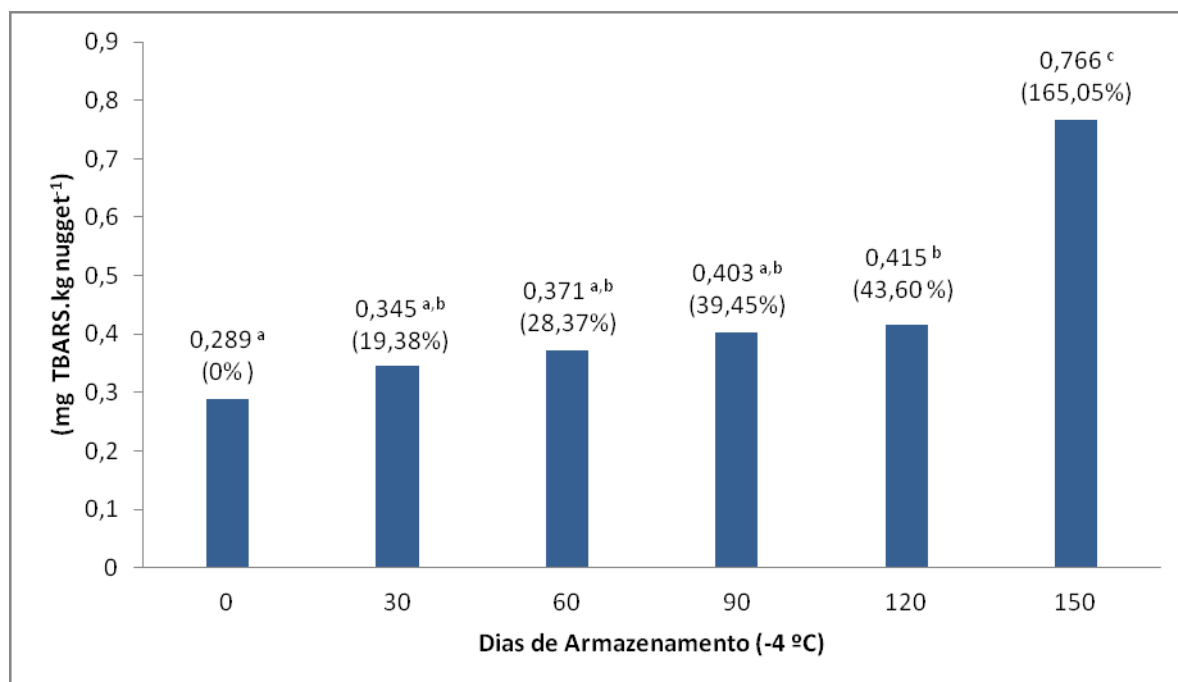


(A)



(B)

Figura 2 – Avaliação da oxidação lipídica e percentagem da oxidação de nuggets elaborados com carnes PSE de frango e adição de 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena.



^{a,b,c} Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente (ANOVA) ao nível de 5%

5.2 ARTIGO B

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E
AVALIAÇÃO DE MARINADOS PREPARADOS COM CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE
FRANGO

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E
AVALIAÇÃO DE MARINADOS PREPARADOS COM CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) DE
FRANGO

**Danielle Cristina Barreto Honorato¹, Cristiane Canan², Eliane Colla², Cleonice
Sarmiento², Massami Shimokomaki³, Elza Louko Ida^{1*}**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de marinados preparados com carnes PSE de frango aplicando planejamento fatorial completo 2³. Os efeitos da adição dos hidrocolóides foram investigados, pelas funções respostas capacidade de retenção de água, medida de cor (L*), perda por cozimento e força de cisalhamento. De acordo com as respostas das propriedades funcionais, os marinados foram preparados e avaliados quanto à composição química, propriedades funcionais, condições higiênico sanitárias, aceitação global e estabilidade lipídica no armazenamento a -4°C. O efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena indicou que estes hidrocolóides contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de marinados preparados com carnes PSE de frango. Foi definido que a formulação de marinado com carnes PSE de frango deve conter 0,075% pectina, 0,075% de carragena e sem proteína de soja. O marinado formulado apresentou composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira. A aceitação global média foi de 8,1 e conforme a escala hedônica apresentou uma boa aceitação pelos provadores. Os marinados preparados com carnes PSE de frango com adição de 0,075% pectina e 0,075% de carragena, congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

Palavras – chave: Proteína de soja. Pectina. Carragena. Salmoura. Oxidação lipídica.

INTRODUÇÃO

O termo PSE é originário das iniciais das palavras da língua inglesa *Pale, Soft e Exudative*, que significam carnes com superfície caracterizada por cor pálida, textura excessivamente macia e baixa capacidade de retenção de água (WISMER-PEDERSEN, 1959). A ocorrência desta anomalia em carnes de frango é devida a acelerada glicólise *post-mortem*, que leva ao rápido abaixamento do pH,

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos; Universidade Estadual de Londrina; 86051-970; Londrina-PR- Brasil * elida@uel.br.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, PR.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR.

enquanto a carcaça ainda está quente (BARBUT *et al.*, 2008). A combinação do baixo pH e alta temperatura desnatura as proteínas miofibrilares (OLIVO *et al.*, 2001c; OFFER, 1991). Em consequência, pode promover menor capacidade de retenção de água e alterações na perda de peso por cozimento (NORTHCUTT, FOEGEDING e EDENS, 1994). Portanto, a utilização de carne de frango PSE na elaboração de produtos cárneos pode gerar problemas tecnológicos devido ao comprometimento das propriedades funcionais que influenciam na qualidade dos produtos (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001). Uma alternativa para isto é adicionar ingredientes não-cárneos, tais como amidos, gomas e proteínas não cárneas e assim aumentar a retenção de água, melhorar textura, minimizar perdas durante o cozimento e aumentar a qualidade dos produtos elaborados com carnes PSE (BARBUT, 2009).

A proteína de soja pode ser adicionada em carnes PSE para melhorar as propriedades funcionais e promover melhor rendimento dos produtos cárneos industrializados (HEDRICK *et al.*, 1994). A pectina é um polissacarídeo constituído de ácido poligalacturônico e a aplicação em produtos cárneos melhora as propriedades de textura, suculência e coesão (MITTAL e BARBUT, 1994). O hidrocolóide carragena pode ser utilizado em produtos cárneos para melhorar a ligação da carne com a água (NORTHCUTT, FOEGEDING e EDENS, 1994). A aplicação de carragena em carnes aumenta a capacidade de retenção de água devido à formação do gel pela absorção da água nos espaços intersticiais (BERNAL *et al.*, 1987).

A carne marinada é um produto condimentado para conferir sabor específico e melhorar a maciez, flavor e suculência (LEMOS, NUNES e VIANA, 1999). O preparo da carne marinada consiste na adição de salmoura contendo misturas de aditivos, especiarias e aromas. As carnes marinadas podem ser produzidas por imersão em salmoura com penetração dos ingredientes por difusão, por injeção ou tumbleamento à vácuo cujo processo promove a incorporação da salmoura por massageamento (SMITH e ACTON, 2001).

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena sobre as propriedades funcionais de marinados preparados com carnes PSE de frango aplicando planejamento fatorial completo 2^3 e definir uma formulação de marinado com as melhores propriedades funcionais. Conforme respostas das propriedades funcionais os marinados foram preparados e

avaliados quanto à composição química, propriedades funcionais, condições higiênicas sanitárias, análise sensorial e estabilidade lipídica no armazenamento a -4°C por 150 dias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas e reagentes

Os peitos de frango PSE (n=50) e normal (n=50) foram coletados 24 h *post-mortem* da linha comercial do abatedouro localizado no estado do Paraná. As gorduras abdominais foram cedidas pelo Abatedouro de Aves Lar (Matelandia – PR). A proteína isolada de soja foi fornecida pela empresa Kerry do Brasil (Campinas, SP) e a pectina e carragena foram da Globalfoods (São Paulo, SP). Todos os reagentes foram de diferentes procedências e de pureza analítica.

Classificação de filés em PSE e Normal

Os peitos de frango foram classificados em PSE e Normal com base nos valores de pH e L^* determinados 24 h *post-mortem* conforme descrito por Soares *et al.* (2002) e Oda *et al.* (2003). Assim, filés com $L^*_{24h} \geq 53$ e $pH \leq 5,8$ foram classificados como PSE e com valores $44 < L^* < 53$ e $pH > 5,8$ como Normal.

Preparo da salmoura e marinado com adição de hidrocolóides

A formulação da salmoura e a escolha das variáveis independentes X_1 (% de proteína de soja), X_2 (% de pectina) e X_3 (% de carragena) e níveis de variação foram previamente definidos conforme ensaios preliminares e limite máximo permitido de 0,3% de carragena (BRASIL, 1998).

Para o preparo da salmoura foram utilizados os seguintes ingredientes base: 91,00 % de água, 7,20% de sal, 0,12% de glutamato monossódico, 0,30% de eritorbato de sódio, 0,18% de alho desidratado, 0,18% de salsa desidratada, 0,06% de pimenta preta, 0,06% de orégano e 0,90% de polifosfato de sódio. A água atuou como inerte na formulação e o volume foi ajustado conforme a quantidade de hidrocolóides adicionados (X_1 , X_2 e X_3) em cada

ensaio. Para o preparo da salmoura foi utilizado o planejamento fatorial completo 2^3 com três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (Tabelas 1 e 2), com adição de proteína de soja (X_1), carragena (X_2) e pectina (X_3). Para o preparo da salmoura, o polifosfato de sódio e a água inicialmente foram homogeneizados em liquidificador (MAGF, Arno) até dissolução completa e os outros ingredientes foram adicionados e misturados por 2 min. Os ensaios foram realizados aleatoriamente conforme o delineamento experimental. Antes da utilização cada salmoura foi acondicionada em embalagens de polietileno e mantida no máximo até 8 h a 4°C.

As carnes PSE ou normal de frango foram descongelados a 4°C por 24 h, pesadas 1 kg, colocadas no tumbleador à vácuo (VV-T-10, Dorit) com 400 mL de salmoura, tumbleados por 30 min e pesadas para confirmar a incorporação de 20% da salmoura. No caso da não incorporação, os peitos de frango foram tumbleados por mais 5 min ou até a incorporação de 20% de salmoura. Após o tumbleamento, os marinados foram retirados, embalados em polipropileno e acondicionados a 4°C por 24 h até a estabilização do produto. Os marinados foram avaliados pelas seguintes funções respostas: $Y_{PSE-CRA}$ (capacidade de retenção de água de marinados preparados com carne PSE de frango) e Y_{N-CRA} (capacidade de retenção de água de marinados preparados com carne normal de frango), Y_{PSE-L^*} (Luminosidade de marinados preparados com carne PSE de frango) e Y_{N-L^*} (Luminosidade de marinados preparados com carne normal de frango), $Y_{PSE-PPC}$ (% de perda por cozimento de marinados preparados com carne PSE de frango) e Y_{N-PPC} (% de perda por cozimento de marinados preparados com carne normal de frango) e Y_{PSE-FC} (força de cisalhamento em Newton de marinados preparados com carne PSE de frango) e Y_{N-FC} (força de cisalhamento em Newton de marinados preparados com carne normal de frango). A partir das respostas avaliadas foram calculados os efeitos principais das variáveis independentes (x_1 , x_2 , x_3) e suas interações. O ajuste do modelo aos dados experimentais foi verificado pela análise de variância (ANOVA) da regressão e coeficiente de determinação (R^2). Todos os cálculos e construção das superfícies de resposta foram realizados utilizando o programa STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2007). As respostas obtidas por meio do planejamento experimental (tabelas 2 e 3) foram ajustadas ao modelo expresso na equação 1:

$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{34} x_3 x_4 + e$
 (Equação 1) onde, \hat{Y} = resposta estimada; x_1, x_2 e x_3 = variáveis codificadas; β = coeficientes do modelo de regressão; e = resíduo (erro experimental).

Para definir os melhores níveis das variáveis para formulação da salmoura e marinados com as melhores propriedades funcionais foram analisados os efeitos das variáveis (Tabelas 3 e 4) sobre as funções respostas. Após a definição das variáveis foram desenvolvidas duas formulações de salmouras e marinadas e avaliadas a capacidade de retenção de água, cor (L^*), perda por cozimento e força de cisalhamento. As respostas das duas formulações recomendadas foram comparadas pelo teste *t-student* e então foi definida uma formulação de salmoura.

A salmoura foi formulada e o marinado preparado em triplicata com carne PSE de frango. Os marinados foram acondicionados em bandejas de poliestireno recoberto com polipropileno e armazenados a -4°C até 150 dias. O sétimo dia de armazenamento dos marinados foi considerado como controle inicial e avaliadas as condições higiênico sanitárias e o grau de oxidação lipídica (TBARS). No décimo quarto dia foi determinada a composição química e realizado o teste de aceitação global. Após o sétimo dia foi avaliado a estabilidade lipídica do produto, em intervalos de 30 dias até 150 dias e os resultados foram comparados com o controle inicial.

Avaliação das propriedades funcionais

Capacidade de retenção de Água (CRA): foi medida em triplicata, conforme descrição de Hamm (1960) e expressa como: $\%CRA (\text{peso/peso}) = 100 - [(PI - PF) / PI] \times 100$, onde PI é o peso da amostra inicial e PF o peso da amostra final, respectivamente.

Luminosidade (L^*): foi realizada em triplicata, com a utilização do colorímetro (CR 400, Minolta, Nova Jersey). O valor de luminosidade (L^*) foi medido conforme Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001a) em três pontos da parte inferior dos marinados.

Perda de Peso por Cozimento (PPC): foi medida após a pesagem de aproximadamente 130 g. Estes foram colocados em assadeira forrada com papel

de alumínio e assados por 40 min a 170°C ou até atingir a temperatura interna de 80°C. O marinado foi resfriado em temperatura ambiente por 15 min e pesado. Os resultados em triplicata foram expressos como: % de PPC = $[(PI - PF) / PI] \times 100$, onde PI é o peso da amostra inicial e PF o peso da amostra final, respectivamente.

Força de Cisalhamento (FC): foi realizada no texturômetro TAHD plus acoplado com probe Warner Bratzler, após o corte em cubos de 1,50 cm de altura x 1,00 cm de largura x 2,00 cm de comprimento. Os resultados foram provenientes de seis amostras e os resultados expressos em Newton (N).

Avaliação dos marinados preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

As condições higiênico-sanitárias dos marinados foram avaliadas no sétimo dia de armazenamento, quanto à contagem de Estafilococos coagulase positiva (UFC/g), Coliformes a 45°C (UFC/g), Clostrídio sulfito redutor a 46°C (UFC/g) e presença ou ausência de *Salmonella* sp. Estas análises microbiológicas foram realizadas segundo os procedimentos descritos nos métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas em produtos de origem animal (BRASIL, 2003).

A composição química do marinado foi determinada em triplicata, no décimo quarto dia. Foram determinados os teores de proteínas totais, lipídeos, cinzas e umidade, conforme procedimento descrito pela AOAC (2006). O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.

A medida da oxidação lipídica foi realizada nos marinados de controle inicial (tempo zero) e em intervalos de 30 dias de armazenamento a -4°C até 150 dias. O índice de TBARS (*Thiobarbituric Acid Reactive Substances*) foi medido conforme Tarladgis, Pearson e Dugan (1964) e modificado por Crackel *et al.* (1988). Os resultados foram expressos em mg de TBARS/kg de amostra. A ANOVA foi utilizada para verificar diferenças entre as médias nos dias de armazenamento (-4°C), ao nível de 5% de significância.

Após a aprovação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (processo nº 38123/2010) a avaliação da aceitação global foi realizada com os marinados armazenados a 14 dias a -4°C. Os marinados foram descongelados e assados a 170°C em forno industrial (VPO/048, Perfecta) por

40 min ou até atingir a temperatura interna de 80°C. Os marinados foram codificados com número de três dígitos aleatórios e servidos 50 g em pratos plásticos descartáveis de coloração branca, em cabines individuais, com luz branca. Os marinados foram avaliados utilizando a escala hedônica de 9 pontos (Anexo 4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação dos filés em PSE e Normal

Os peitos de frango PSE apresentaram valores médios de pH de 5,7 ± 0,07 e L^* de 56,57 ± 1,39 e como esperado foram significativamente diferentes dos peitos normais (pH = 5,96 ± 0,05 e L^* = 50,70 ± 1,69).

Efeito da adição de hidrocolóides sobre as propriedades funcionais de marinados preparados com carnes PSE e normal de frango

Capacidade de Retenção de Água (Y_{CRA})

O efeito da adição de proteína de soja (x_1), pectina (x_2), carragena (x_3) em marinados preparados com carnes PSE de frango não foram significativos ($p > 0,05$) sobre a $Y_{PSE-CRA}$ (Tabela 3) e, portanto a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasionou respostas estatisticamente similares. Como a variável pectina (x_2) não foi significativa para a $Y_{PSE-CRA}$ ($p > 0,05$), o efeito foi avaliado a nível de 10% de significância. Assim, dentro da faixa investigada, quando a pectina aumenta do nível -1 para +1, ocorre aumento de 5,71% na $Y_{PSE-CRA}$. Portanto, para melhorar a $Y_{PSE-CRA}$ do marinado formulado com carne PSE de frango, recomenda-se utilizar a pectina no maior nível ($x_2=+1$ ou $X_2=0,075\%$ de pectina). Esta recomendação seria ideal, pois segundo Detienne *et al.* (2000) quando uma pectina de baixo teor de metoxilação possui uma distribuição de carga negativa elevada, pode reagir com os íons cálcio da carne e formar uma rede de gel em que a água fica aprisionada. Desta forma, devido a carne PSE possuir maior quantidade de Ca^{2+} intracelular (WILHELM *et al.*, 2010) pode promover uma maior interação com as cargas negativas da pectina e formar uma estrutura capaz de aumentar a retenção de água.

Para marinados preparados com carne normal (Tabela 4) os efeitos das variáveis (x_1, x_2, x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) com relação à Y_{N-CRA} . A CRA também não diferiu em mortadelas processadas com carnes PSE e normal de frango e adição de amido de mandioca e proteína isolada de soja (KISSEL *et al.*, 2009). Na carne normal o efeito da variável pectina (x_2) foi de 1,77% na Y_{N-CRA} e menor do que na carne PSE que foi de 5,71%. Assim, com relação à $Y_{PSE-CRA}$ a adição de pectina (x_2) teve uma maior contribuição e influência em relação à Y_{N-CRA} .

Na análise de variância (Tabelas 5 e 6) das $Y_{PSE-CRA}$ e Y_{N-CRA} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das $Y_{PSE-CRA}$ e Y_{N-CRA} dos marinados foram considerados apenas os efeitos e interações das variáveis (x_1, x_2 e x_3).

Luminosidade (Y_{L^*})

A Y_{PSE-L^*} sem adição de proteína de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3) foi maior (ensaio 1, Tabela 1) em relação aos outros ensaios com adição dos hidrocolóides.

O efeito da adição de proteína de soja (X_1), pectina (X_2) e carragena (x_3) sobre Y_{PSE-L^*} não foi significativo ($p > 0,05$) (Tabela 3) e, portanto a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasiona respostas estatisticamente similares. Embora as variáveis pectina (x_2) e carragena (x_3) não foram significativas ($p > 0,05$), os seus efeitos foram negativos a nível de 10% de significância. Assim, para diminuir a Y_{PSE-L^*} recomenda-se utilizar pectina ($x_2=+1$ ou $X_2 = 0,075\%$ de pectina) e carragena ($x_3=+1$ ou $X_3 = 0,075\%$ de carragena) nos seus maiores níveis.

Para marinados preparados com carne normal (Tabela 4) os efeitos das variáveis (x_1, x_2 e x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) com relação à Y_{N-L^*} e, portanto a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, ocasiona respostas estatisticamente similares.

Na análise de variância (Tabelas 5 e 6) das Y_{PSE-L^*} e Y_{N-L^*} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para

avaliação das Y_{PSE-L^*} e Y_{N-L^*} foram considerados apenas os efeitos das variáveis (x_1 , x_2 e x_3).

Perda por cozimento (Y_{PPC})

As $Y_{PSE-PPC}$ e Y_{N-PPC} sem adição de proteína de soja (x_1), pectina (x_2) e carragena (x_3) foram maiores (ensaios 1, Tabelas 1 e 2) em relação aos outros ensaios com adição dos hidrocolóides.

O efeito da adição de proteína de soja (x_1) e pectina (x_2) sobre $Y_{PSE-PPC}$ não foram significativos ($p > 0,05$) (Tabela 3) e, portanto a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, resultou em perdas por cozimento estatisticamente similares.

Para a $Y_{PSE-PPC}$ a variável X_3 (% de carragena) apresentou efeito negativo e significativo ($p < 0,05$) (Tabela 3). Este resultado indica que quando se utiliza níveis mais baixos de carragena ($x_3 = -1$ ou 0% de carragena) na formulação do marinado, a $Y_{PSE-PPC}$ aumenta, cuja característica é indesejável. Dentro da faixa investigada, a $Y_{PSE-PPC}$ foi reduzida em 2,82% quando aumentou do nível inferior para o superior. Portanto, para obter marinados com $Y_{PSE-PPC}$ menor devem-se utilizar, na faixa investigada, os maiores níveis de carragena ($x_3 = +1$ ou $X_3 = 0,075\%$). A adição de 1,00% de carragena em presuntos elaborados com carnes PSE de suínos melhorou o rendimento final (Huang *et al*, 1997). Zhang e Barbut (2005) também observaram menores perdas por cozimento em marinados de frango PSE adicionados de amido de mandioca ou de tapioca.

Para marinados preparados com carne normal (Tabela 4) os efeitos das variáveis (x_1, x_2, x_3) não foram significativos ($p > 0,05$) com relação a Y_{N-PPC} e, portanto a adição de qualquer concentração destes ingredientes, dentro da faixa investigada, resulta em valores de PPC estatisticamente similar.

Com relação à análise de variância (Tabelas 5 e 6) das $Y_{PSE-PPC}$ e Y_{N-PPC} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das $Y_{PSE-PPC}$ e Y_{N-PPC} dos marinados elaborados com carnes PSE ou normal de frango foram considerados apenas os efeitos das variáveis (x_1 , x_2 e x_3).

Força de Cisalhamento (Y_{FC})

A força de cisalhamento está relacionada com a tensão de corte e textura do produto. Comparando as Y_{PSE-FC} e Y_{N-FC} sem adição dos hidrocolóides (ensaios 1, Tabelas 1 e 2) observa-se que a Y_{PSE-FC} foi menor (12,37 N) do que Y_{N-FC} (15,06 N). Isto também foi verificado por Wilhelm *et al.* (2010) em carnes de frango devido à elevada concentração de Ca_2^+ intracelular que provoca uma aceleração na atividade de protease tornando a carne mais macia. Esta maciez foi devido a ação da calpaína sobre a estrutura do sarcômero (Guarnieri *et al.*, 2004; Kriese *et al.*, 2007).

Para a Y_{PSE-FC} as variáveis X_1 (% de proteína de soja), X_2 (% de pectina) e X_3 (% de carragena) não apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$) (Tabela 3). Portanto, qualquer concentração de adição destas variáveis, dentro da faixa investigada, resultou em resultados estatisticamente similares. Embora a variável proteína de soja (x_1) não foi significativa ($p > 0,05$), o seu efeito foi positivo e maior (0,796) sobre a Y_{PSE-FC} e indica que há uma tendência de se utilizar menor concentração de proteína de soja (X_1).

Para marinados preparados com carne normal (Tabela 4) apenas o efeito da variável (x_1) não foi significativo ($p > 0,05$) com relação à Y_{N-FC} . Portanto, a adição de qualquer concentração deste ingrediente, dentro da faixa investigada, as respostas serão estatisticamente similares. Os efeitos das variáveis pectina (x_2) e carragena (x_3) foram significativos ($p < 0,05$) (Tabela 4). O efeito da variável pectina (x_2) foi positivo e indica que quando se utiliza nível inferior ocorre Y_{N-FC} menor. Enquanto que a variável carragena (x_3) apresentou efeito negativo, ou seja, no nível superior a Y_{N-FC} será menor. Considerando que a interação x_1*x_2 (proteína de soja*pectina) foi significativa, para obter marinados com Y_{N-FC} menor deve-se utilizar, dentro da faixa investigada, nível de x_2 menor ($x_2=-1$ ou $X_2=0\%$ de pectina) e nível de x_3 maior ($x_3=+1$ ou $X_3= 0,075\%$ de carragena).

Com relação à análise de variância (Tabelas 5 e 6) das Y_{PSE-FC} e Y_{N-FC} , as regressões não foram significativas ($F_{calc} < F_{tab}$) e, portanto os modelos propostos não se ajustaram adequadamente aos dados experimentais. Desta forma, para avaliação das $Y_{PSE-PPC}$ e Y_{N-PPC} dos marinados foram considerados apenas os efeitos das variáveis (x_1 , x_2 e x_3) e as suas interações.

Definição da adição de hidrocolóides no preparo de salmoura e marinados com carne PSE de frango

Para o preparo de salmoura e marinado com carne PSE de frango e com melhores propriedades funcionais foi importante estabelecer previamente um marinado com maior CRA, menor L^* , menor PPC e menor FC. A proteína de soja é muito utilizada na indústria cárnea e como o efeito da variável proteína de soja (X_1) foi positivo e significativo para a Y_{PSE-FC} a nível de 10% de significância ($p < 0,1$), a adição de 0,0375% ou ausência de X_1 a Y_{PSE-FC} diminui. Para formular salmoura e marinado foi definida a adição de pectina de 0,075% (X_2) com $Y_{PSE-CRA}$ maior e Y_{PSE-L^*} melhor. Entretanto, foi definida a adição de carragena de 0,075% (X_3) para formular uma salmoura e marinado com Y_{PSE-L^*} melhor e $Y_{PSE-PPC}$ menor. Desta forma, para formular as salmouras e marinados com carnes PSE de frango e melhores propriedades funcionais foi necessário realizar dois experimentos. O primeiro experimento foi elaborado sem proteína de soja (X_1), com 0,075% de pectina (X_2) e 0,075% de carragena (X_3) e o segundo contendo 0,0375% de proteína de soja (X_1), 0,075% de pectina (X_2) e 0,075% de carragena (X_3). Os marinados preparados com carnes PSE de frango e avaliados quanto à CRA, L^* , PPC e FC não apresentaram diferença significativa entre as formulações, a nível de 5% de significância (Tabela 7). Em geral, no desenvolvimento de produtos alimentícios, com adição de proteína de soja pode ocorrer variações no pH, teor de sal ou combinação com outros ingredientes que podem afetar o processo de retenção de água devido a formação do gel (RENKEMA, 2004). Considerando que a proteína de soja não afetou as propriedades funcionais do marinado preparado com carne PSE de frango, foi definido que a primeira formulação seria mais vantajosa na qual se utilizou somente pectina e carragena. Portanto, a melhor formulação de salmoura e marinado com carne PSE de frango foi quando se utilizou 0,075% de pectina (X_2), 0,075% de carragena (X_3) e sem presença de proteína de soja (X_1) que coincidiu com o correspondente ensaio 7 (Tabela 1).

Avaliação de marinados preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

Após a definição da melhor formulação de salmoura e marinado com carnes PSE de frango e adicionados de 0,075% de pectina e 0,075% de carragena, estes foram preparados, avaliados e apresentaram a seguinte composição química: 77,61 g/100g \pm 0,68 de umidade, 18,94 g/100g \pm 0,52 de proteína, 0,82 g/100g \pm 0,01 de lipídeo, 2,54 g/100g \pm 0,08 de cinzas e 0,09 g/100g de carboidrato (estimado por diferença). De acordo com o regulamento técnico de identidade e qualidade de aves temperadas (BRASIL, 2003) é permitido que o teor máximo de umidade seja de até 78% e o teor mínimo de proteínas de 15%. Portanto, os marinados preparados com carnes PSE atenderam este regulamento técnico.

A CRA é uma propriedade importante, pois melhora a suculência em carnes PSE de frango. Os marinados preparados apresentaram CRA de 71,77% \pm 3,18, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) do ensaio 7 (Tabela 8). Uma maior CRA também foi obtida por Zhang e Barbut (2005) em marinados preparados com carne PSE de frango e adicionados de amido de batata e amido de tapioca. A luminosidade (L^*) dos marinados foi de 50,90 \pm 0,58 e diferiu significativamente ($p > 0,05$) do ensaio 7 (Tabela 8). Esta diferença pode ter ocorrido devido a interferência dos aditivos e especiarias que foram incorporados durante o processo de marinação, ocasionando variações na leitura da luminosidade quando realizadas para o mesmo ensaio. A PPC foi de 28,07% \pm 1,60 e indica que o produto final apresentou rendimento de 71,93%, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) do ensaio 7 (Tabela 8). Os ingredientes utilizados auxiliaram melhorando a PPC, devido a propriedade de reterem água no interior da rede formada pelo gel (FREITAS, *et al.*, 1997). O marinado elaborado apresentou FC de 14,42 N \pm 1,10 e adequado para o consumo, e foi confirmada também pela elevada aceitação global. A FC diferiu significativamente ($p > 0,05$) do ensaio 7, pois segundo Poste *et al.* (1993) para medir a FC há dificuldade de padronizar os parâmetros como tamanho e formato da amostra, orientação das fibras musculares, condições do tratamento térmico e temperatura das amostras no momento da análise.

As análises de Estafilococos coagulase positiva (UFC/g), Coliformes a 45°C (UFC/g), Clostridio sulfito redutor a 46°C (UFC/g) e presença ou ausência de Salmonella sp, indicaram que o produto apresentou condições higiênico sanitárias

satisfatórias e atendeu os limites estabelecidos na legislação (BRASIL, 2001b). A aceitação global média dos nuggets foi de 8,1 e conforme a escala hedônica teve uma boa aceitação pelos provadores.

Avaliação da estabilidade dos marinados preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides

A estabilidade dos marinados preparados com carnes PSE de frango e adição de hidrocolóides foi avaliada pelo índice de TBARS do produto obtido após 7 dias de congelamento (-4°C), designado como controle inicial e cujo índice foi de 0,015 mg de TBARS/kg de marinado. A avaliação da oxidação lipídica, bem como, a percentagem da oxidação dos marinados avaliados em intervalos de 30 dias à -4°C até 150 dias de armazenamento estão apresentados na figura 1. Destaca-se que o marinado é um produto elaborado a partir de peito de frango com baixo teor de gordura (0,82 g/100g) e, portanto o controle inicial e o marinado com 150 dias de armazenamento apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, com oxidação lipídica reduzida e de 0,015 mg de TBARS/kg e 0,082 mg de TBARS/kg de marinado, respectivamente. Segundo Greene e Cumuze (1982) este índice está abaixo da faixa de 0,6 a 2,0 mg TBARS/kg de amostra estabelecida como nível mínimo detectável de *off flavor* por provadores não treinados. Portanto, os marinados congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram índice de TBARS abaixo do nível mínimo detectável e aceitável.

CONCLUSÃO

O efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena aplicando o planejamento fatorial completo indicaram que estes hidrocolóides contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de marinados elaborados com carnes PSE de frango. Foi definido que a formulação do marinado com carne PSE de frango deve conter apenas 0,075% de pectina e 0,075% de carragena e sem proteína de soja. O marinado formulado apresentou composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira. A aceitação global média foi de 8,1 e conforme a escala hedônica apresentou uma boa aceitação pelos provadores. Os marinados preparados com carnes PSE de frango e adição de 0,075% de pectina e 0,075% de carragena, congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International** – v.I and II, 18 th Edition, Rev. 1, 2006.

BARBUT, S.; SOSNICKI, A. A.; LONERGAN, S. M.; KNAPP, T.; CIOBANU, D. C.; GATCLIFFE, L. J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E. W.. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat, **Meat Science**, v.79, p.46-63, 2008.

BARBUT, S. Pale, soft, and exudative poultry meat—Reviewing ways to manage at the processing plant. **Poultry Science**, v.88, p. 1506–1512, 2009.

BERNAL, V.M., SMAJDA, C.H., SMITH, J.L.; STANLEY, D.W. Interactions in protein/polysaccharide/calcium gels. **Journal of Food Science**, v.52, p. 1121–1126, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998. Atribuição de Função de Aditivos. Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 Carne e Produtos Cárneos. Diário Oficial da União, Brasília-DF.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da união, Brasília – DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n.º 89, de 17 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico de identidade e qualidade de aves temperadas. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2003.

Crackel, R.L.; Gray, J.I.; Booren, A.M.; Buckely, D.J. Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.656-657, 1988.

DETIENNE, N. A.; ZHENG, M.; BARNES, B.W.; WICKER, L.. Properties of chicken breasts injected with low methoxyl pectin. **Journal of Food Service**, v.12, p. 151-161, 2000.

FREITAS, Z.; SEBRANEK, J.G.; OLSON, D.G.; CARR, J.M. Carrageenan Effects on Salt-Soluble Meat Proteins in Model Systems. **Journal of Food Science**, v.62, p. 539- 543, 1997.

GREENE, B.A.; CUMUZE, T.H. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists. Assessments of oxidized flavour in cooked beef. **Journal of Food Science**, v.47, p. 52–58, 1982.

GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SOARES, A.; IDA, E. I.; LARA, J. A. F.; SHIMOKOMAKI, M. Bem estar animal e qualidade da carne das aves: uma exigência dos consumidores. **Revista Nacional da Carne**, v.301, p. 36-44, 2004.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, Cleveland, v.10, n.2, p. 335-443, 1960

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. **Principles of Meat Science**. 3.ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co., 1994.

HUANG, C.Y.; MIKEL, W.B.; JONES, W.R. Carrageenan influences on the characteristics of restructured normal and Pale, Soft and Exudative hams. **Journal of muscle foods**, v.8, p. 85-03, 1997.

KISSEL, C.; SOARES, A.L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Functional properties of PSE (*Pale, Soft, Exudative*) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, especial, p. 213-217, 2009.

KRIESE, P. R.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; PRUDENCIO, S. H.; IDA, E. I.; Shimokomaki, M.. Biochemical and sensorial evaluation of intact and boned broiler breast meat tenderness during ageing. **Food Chemistry**, v.104, p. 1618–1621, 2007.

LEMOS, A.L.S.C; NUNES, D.R.M.; VIANA, A.G. Optimization of the still-marinating process of chicken parts. **Meat Science**, v.52, p. 227-234, 1999.

MITTAL, G. S.; BARBUT, S. Effects of fat reduction on frankfurters physical and sensory characteristics. *Food Research International*, v.27, p. 425-431, 1994.

NORTHCUTT, J. K.; FOEGEDING, E. A.; EDENS, F. W. Water holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Science**, v.73, p. 308–316, 1994.

ODA, S.H.I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M.L.; IDA, E.I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.28, n.321, p.30-34, 2003.

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft, and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v.30, p. 157-184, 1991.

OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary Vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n.4, p.271-283, 2001.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: IMPRINT, 155 p. 2001.

POSTE, L. M.; BUTLER, G.; MACKIE, D.; AGAR, V. E.; THOMPSON, B. K.. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling technique. **Food Quality and Preference**, v.4, p. 207-214, 1993.

RENKEMA, J.M.S. Relations between rheological properties and network structure of soy protein gels. **Food Hydrocolloids**, v.18, p. 39–47, 2004.

SMITH, D.P.; ACTON, J.C. **Marination, cooking, and curing of poultry products**. Pages 257–280 in *Poultry Meat Science*. A. R. Sams, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.

SOARES, A.L.; LARA, J.A.F.; IDA, E.I.; GUARNIERI, P.D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of brazilian broiler breast fillet. Proceedings, Roma. In: **International Congress of Meat Science and Technology**, n.48, p. 540-541, 2002.

StatSoft, Inc. **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.0, 2007.

TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A.M.; DUGAN, L.R. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods - II. Formation of the TBA–malonaldehyde complex without acid–heat treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.15, p.602–604, 1964.

ZHANG, L.; BARBUT, S. Effects of Regular and Modified Starches on Cooked Pale, Soft, and Exudative; Normal; and Dry, Firm, and Dark Breast Meat Batters. **Poultry Science**, v.84, p. 789-796, 2005.

VAN LAACK, R.L.J.M; LIU, C.-H; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of Pale, Soft, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v.79, p.1057–1061, 2000.

WILHELM, A.E.; MAGANHINI, M.B.; Hernández-Blazquez, F.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. **Food Chemistry**, v.119, p. 1201-1204, 2010.

WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, Champaign, v.24, p.711-726, 1959.

Tabela 1 – Funções resposta para as propriedades funcionais de marinado preparado com carne PSE de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Variáveis Independentes			Funções Respostas			
	Proteína de Soja $x_1 (X_1)$	Pectina $x_2 (X_2)$	Carragena $x_3 (X_3)$	$Y_{PSE-CRA}$ (%)	Y_{PSE-L^*}	$Y_{PSE-PPC}$ (%)	Y_{PSE-FC} (N)
1	-1 (0%)	-1 (0%)	-1 (0%)	61,06 ($\pm 3,20$)	52,01 ($\pm 1,24$)	29,29 ($\pm 0,31$)	12,37 ($\pm 2,26$)
2	1 (0,075%)	-1 (0%)	-1 (0%)	53,07 ($\pm 3,90$)	48,8 ($\pm 2,28$)	27,66 ($\pm 2,52$)	13,04 ($\pm 1,69$)
3	-1 (0%)	1 (0,075%)	-1 (0%)	64,87 ($\pm 3,05$)	49,48 ($\pm 1,88$)	30,75 ($\pm 2,92$)	12,79 ($\pm 2,66$)
4	1 (0,075%)	1 (0,075%)	-1 (0%)	72,26 ($\pm 1,62$)	50,2 ($\pm 1,49$)	28,07 ($\pm 1,15$)	13,63 ($\pm 3,13$)
5	-1 (0%)	-1 (0%)	1 (0,075%)	61,36 ($\pm 0,64$)	49,43 ($\pm 1,57$)	23,91 ($\pm 1,33$)	12,87 ($\pm 1,23$)
6	1 (0,075%)	-1 (0%)	1 (0,075%)	72,97 ($\pm 4,52$)	50,09 ($\pm 1,40$)	27,91 ($\pm 2,02$)	13,034 ($\pm 2,24$)
7	-1 (0%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)	66,72 ($\pm 3,46$)	47,51 ($\pm 1,29$)	28,02 ($\pm 2,66$)	12,78 ($\pm 1,47$)
8	1 (0,075%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)	67,44 ($\pm 4,90$)	46,17 ($\pm 0,82$)	24,65 ($\pm 1,29$)	14,29 ($\pm 3,97$)
9	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	68,43 ($\pm 4,56$)	50,84 ($\pm 1,34$)	27,06 ($\pm 2,85$)	13,96 ($\pm 2,03$)
10	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	68,08 ($\pm 2,32$)	50,31 ($\pm 1,58$)	28,03 ($\pm 3,14$)	13,59 ($\pm 1,94$)
11	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	70,00 ($\pm 3,48$)	49,94 ($\pm 0,89$)	25,65 ($\pm 2,63$)	13,25 ($\pm 1,82$)

$Y_{PSE-CRA}$ = capacidade de retenção de água; Y_{PSE-L^*} = luminosidade (L^*); $Y_{PSE-PPC}$ = perda por cozimento; Y_{PSE-FC} = força de cisalhamento

Tabela 2 – Funções resposta para as propriedades funcionais de marinado preparado com carne Normal de frango utilizando delineamento fatorial completo 2^3

Ensaio	Variáveis Independentes			Funções Respostas			
	Proteína de Soja x_1 (X_1)	Pectina x_2 (X_2)	Carragena x_3 (X_3)	Y_{N-CRA} (%)	Y_{N-L^*}	Y_{N-PPC} (%)	Y_{N-FC} (N)
1	-1 (0%)	-1 (0%)	-1 (0%)	63,04 ($\pm 0,64$)	51,96 ($\pm 1,75$)	30,95 ($\pm 0,65$)	15,06 ($\pm 3,28$)
2	1 (0,075%)	-1 (0%)	-1 (0%)	61,51 ($\pm 4,68$)	50,2 ($\pm 2,20$)	27,31 ($\pm 2,28$)	14,17 ($\pm 3,61$)
3	-1 (0%)	1 (0,075%)	-1 (0%)	69,05 ($\pm 6,34$)	52,49 ($\pm 2,70$)	30,59 ($\pm 1,02$)	15,47 ($\pm 2,42$)
4	1 (0,075%)	1 (0,075%)	-1 (0%)	68,27 ($\pm 0,48$)	50,58 ($\pm 0,94$)	28,35 ($\pm 2,60$)	17,71 ($\pm 5,85$)
5	-1 (0%)	-1 (0%)	1 (0,075%)	68,34 ($\pm 1,28$)	51,3 ($\pm 2,14$)	28,67 ($\pm 2,06$)	13,70 ($\pm 3,83$)
6	1 (0,075%)	-1 (0%)	1 (0,075%)	73,92 ($\pm 1,43$)	49,66 ($\pm 2,41$)	23,43 ($\pm 0,12$)	10,36 ($\pm 2,95$)
7	-1 (0%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)	67,69 ($\pm 3,01$)	49,16 ($\pm 1,57$)	25,22 ($\pm 1,85$)	13,42 ($\pm 5,35$)
8	1 (0,075%)	1 (0,075%)	1 (0,075%)	68,88 ($\pm 1,24$)	50,57 ($\pm 1,97$)	26,99 ($\pm 1,54$)	16,93 ($\pm 6,75$)
9	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	71,74 ($\pm 1,77$)	47,1 ($\pm 1,15$)	30,43 ($\pm 3,58$)	14,05 ($\pm 4,11$)
10	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	70,81 ($\pm 1,40$)	48,77 ($\pm 1,74$)	21,38 ($\pm 0,75$)	15,11 ($\pm 4,17$)
11	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	0 (0,0375%)	66,46 ($\pm 0,16$)	49,16 ($\pm 2,59$)	22,88 ($\pm 1,13$)	13,36 ($\pm 3,37$)

Y_{N-CRA} = capacidade de retenção de água; Y_{N-L^*} = luminosidade (L^*); Y_{N-PPC} = perda por cozimento; Y_{N-FC} = força de cisalhamento

Tabela 3 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos marinados preparados com carne PSE de frango

Fator	Y _{PSE-CRA}			Y _{PSE-L*}			Y _{PSE-PPC}			Y _{PSE-FC}		
	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor
Média	66,02	64,35	< 0,0001*	49,52	156,49	< 0,0001*	27,36	81,719	< 0,0001*	13,24	85,425	< 0,0001*
Proteína de soja (x₁)	2,93	1,22	0,3100	-0,79	-1,07	0,3639	-0,92	-1,17	0,3260	0,796	2,19	0,1163
Pectina (x₂)	5,71	2,37	0,0983	-1,74	-2,45	0,1005	0,68	0,86	0,4503	0,547	1,50	0,2296
Carragena (x₃)	4,31	1,79	0,1713	-1,82	-2,45	0,0912	-2,82	-3,59	0,0370*	0,287	0,79	0,4872
x₁* x₂	1,12	0,47	0,6726	0,48	0,65	0,5620	-2,105	-2,68	0,0750	0,381	1,05	0,3718
x₁* x₃	3,23	1,34	0,2717	0,45	0,61	0,5851	1,235	1,57	0,2139	0,039	0,11	0,9206
x₂* x₃	-5,79	-2,41	0,0952	-1,18	-1,59	0,2108	-0,255	-0,32	0,7667	0,037	0,10	0,9247
x₁* x₂* x₃	-6,57	-2,73	0,0719	-1,48	-1,99	0,1397	-1,58	-2,01	0,1377	0,295	0,81	0,4758

Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para as funções respostas dos marinados preparados com carne Normal de frango.

Fator	Y _{N-CRA}			Y _{N-L*}			Y _{N-PPC_{.....}}			Y _{N-FC}		
	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor	Efeito	t (3)	p valor
Média	68,15	77,76	< 0,0001*	50,09	74,47	< 0,0001*	26,93	19,33	< 0,0001*	14,48	59,50	< 0,0001*
Proteína de soja (x₁)	1,11	0,54	0,6252	-0,97	-0,62	0,580	-2,34	-0,71	0,5260	0,38	0,66	0,5533
Pectina (x₂)	1,77	0,86	0,4525	-0,08	-0,05	0,963	0,20	0,06	0,9556	2,56	4,48	0,0207*
Carragena (x₃)	4,24	2,06	0,1311	-1,13	-0,72	0,524	-3,22	-0,99	0,3967	-2,00	-3,50	0,0394*
X₁ * X₂	-0,91	-0,44	0,6879	0,73	0,46	0,677	2,10	0,64	0,5657	2,49	4,37	0,0222*
X₁ * X₃	2,27	1,10	0,3500	0,86	0,54	0,623	0,60	0,18	0,8654	-0,29	-0,52	0,6410
X₂ * X₃	-4,61	-2,24	0,1104	-0,53	-0,34	0,757	-0,14	-0,04	0,9679	0,58	1,02	0,3809
X₁ * X₂ * X₃	1,28	-0,62	0,5762	0,80	0,51	0,647	1,40	0,43	0,6967	0,93	1,63	0,2018

YN-CRA = capacidade de retenção de água; YN-L* = luminosidade (L*); YN-PPC = perda por cozimento; YN-FC = Força de cisalhamento * p ≤ 0,05

Tabela 5 – Análise de variância para as propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango

Fonte de Variação	Y _{PSE-CRA}				Y _{PSE-L*}				Y _{PSE-PPC_{.....}}				Y _{PSE-FC}			
	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado
Regressão	296,248	7,000	42,321	3,655	22,02	7,000	3,145	2,855	35,558	7,000	5,080	4,118	2,500	7,000	0,357	1,352
Resíduo	34,733	3,000	11,578		3,305	3,000	1,102		3,701	3,000	1,234		0,793	3,000	0,264	
Falta de Ajuste	32,6417	1,000	32,642	31,22	2,896	1,000	2,896	14,15	0,83644	1,000	0,836	0,584	0,539064	1,000	0,539	4,252
Erro Puro	2,0913	2,000	1,046		0,409	2,000	0,205		2,86447	2,000	1,432		0,253535	2,000	0,127	
Total	330,981	10,000			25,32	10,000			39,25865	10,000			3,292115	10,000		
	R ² = 89,51%				R ² = 86,95%				R ² = 90,57%				R ² = 75,92%			

YPSE-CRA = capacidade de retenção de água; YPSE-L* = luminosidade (L*); YPSE-PPC = perda por cozimento; YPSE-FC = Força de cisalhamento Ftabelado(0,05; 7; 3) para regressão = 8,887 / Ftabelado(0,05; 1; 2) para falta de ajuste = 18,51

Tabela 6 – Análise de variância para as propriedades funcionais de marinados preparados com carne Normal de frango

Fonte de Variação	Y _{N-CRA}				Y _{N-L*}				Y _{N-PPC_{0,075%}}				Y _{N-FC}			
	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado	SQ	GL	QM	F calculado
Regressão	102,568	7,000	14,65	1,734	8,8734	7,000	1,268	0,255	45,316	7,000	6,474	0,303	36,434	7,000	5,20	7,983
Resíduo	25,351	3,000	8,450		14,9273	3,000	4,976		64,061	3,000	21,35		1,956	3,000	0,65	
Falta de Ajuste	9,4621	1,000	9,462	1,191	12,53239	1,000	12,53	10,466	17,0089	1,000	17,01	0,723	0,40186	1,000	0,40	0,517
Erro Puro	15,8886	2,000	7,944		2,39487	2,000	1,197		47,0517	2,000	23,53		1,55407	2,000	0,78	
Total	127,919	10,000			23,80065	10,00	0		109,3770	10,00	0		38,39027	10,00	0	
	R ² = 80,18%				R ² = 37,28%				R ² = 41,43%				R ² = 94,90%			

Tabela 7 – Propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango e adição de diferentes concentrações de hidrocolóides

Propriedades avaliadas	Marinado Formulação 1	Marinado Formulação 2	p
Capacidade de retenção de água (%)	73,49 ± 0,25	71,65 ± 2,17	0,2174
Luminosidade (L*)	52,15 ± 2,71	53,28 ± 0,60	0,5185
Perda por cozimento (%)	32,08 ± 1,29	31,47 ± 1,06	0,5655
Força de cisalhamento (N)	14,94 ± 0,58	15,22 ± 0,90	0,6805

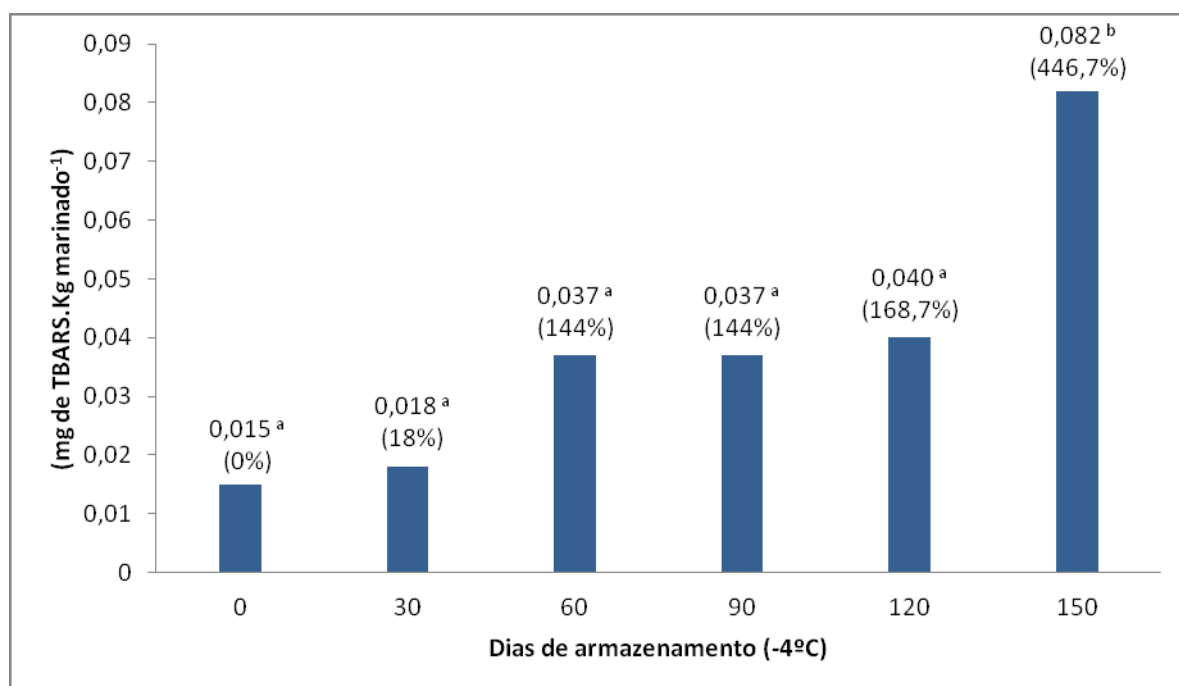
Formulação 1: 0,075% de pectina + 0,075% de carragena; **Formulação 2:** 0,0375% de proteína de soja + 0,075% de pectina + 0,075% de carragena

Tabela 8 – Propriedades funcionais de marinados preparados com carne PSE de frango e adição de diferentes concentrações de hidrocolóides

Avaliações	Marinado Formulação definida	Marinado Ensaio 7	p
Capacidade de Retenção de água (%)	71,77 ± 3,18	66,72 ± 3,46	0,0728
Luminosidade (L*)	50,90 ± 0,58	47,51 ± 1,29	0,0016
Perda por Cozimento (%)	28,07 ± 1,60	28,02 ± 2,66	0,934
Força de Cisalhamento (N)	14,42 ± 1,10	12,78 ± 1,47	0,0473

Melhor formulação definida e ensaio 7 = 0% de proteína de soja, 0,075% de pectina e 0,075% de carragena

Figura 1 – Avaliação da oxidação lipídica e percentagem da oxidação de marinados elaborados com carnes PSE de frango e adição de 0,075% de pectina e 0,075% de carragena



^{a,b} Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente (ANOVA) ao nível de 5%

6 CONCLUSÃO

O efeito da adição de proteína de soja, pectina e carragena aplicando o planejamento fatorial completo indicou que estes hidrocolóides contribuíram na melhoria das propriedades funcionais de nuggets e marinados elaborados com carnes PSE.

Foi definido que a formulação com carnes PSE deve conter 1% de proteína de soja, 1% de pectina e 0,5% de carragena para o nugget e apenas 0,075% pectina e 0,075% de carragena para o marinado.

O nugget e marinado formulados apresentaram composição química e condições higiênico sanitárias que atenderam a legislação brasileira.



A aceitação global média do nugget foi de 8,3 e do marinado de 8,1 e conforme a escala hedônica apresentaram boa aceitação pelos provadores.

Os nuggets e marinados congelados a -4°C e armazenados por 150 dias apresentaram nível mínimo detectável e aceitável de oxidação lipídica.

Portanto, a adição de proteína de soja, pectina e carragena em nuggets e marinados preparados com carnes PSE de frango são indicadas, pois melhoram as propriedades funcionais destes produtos, influenciando positivamente na qualidade final.

ANEXOS

ANEXO 1 – Termo de Aprovação do Projeto do Comitê de Ética

 UNIVERSIDADE Estadual de Londrina COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS Universidade Estadual de Londrina Registro CONEP 268	
Parecer de Aprovação nº 005/2011 CAAE nº 0008.0.268.000-11 Folha de Rosto nº 406117 Processo nº 38123/2010	Londrina, 28 de fevereiro de 2011.
PESQUISADOR(A): Danielle Cristina Barreto Honorato CCA – Departamento de Tecnologia de Alimentos Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos - Mestrado	
Prezado(a) Senhor(a): O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 268) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto: "Desenvolvimento de Produtos com Carnes de Frango PSE com Adição de Proteína de Soja, Pectina e Carragena"	
Situação do Projeto: APROVADO Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UJEL relatório final da pesquisa.	
Atenciosamente,  Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos Universidade Estadual de Londrina	
<small> Campus Universitário: Rodovia Celso Garcia Cal (PR 445), km 380 - Fone (043) 371-1000 FAX - Fax 328-4408 - Caixa Postal 6.001 - CEP 86051-990 - Internet: http://www.uel.br Hospital Universitário/Centro de Ciências da Saúde: Av. Robert Koch, 60 - Vila Operária - Fone (043) 381-2000 FAX - Fax 337-4841 e 337-7495 - Caixa Postal 791 - CEP 86038-440 LONDRINA - PARANÁ - B/ASL </small>	
<small>Form. Código 11.704 - Formato A4 (210x297mm)</small>	

ANEXO 2 – Ficha para Avaliação Sensorial: Teste de Aceitação (Escala Hedônica)

Nome:Data: / /

Avalie cada uma das amostras codificadas, da esquerda para a direita.

- 1 - Desgostei muitíssimo
- 2 - Desgostei muito
- 3 - Desgostei moderadamente
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/nem desgostei
- 6 - Gostei ligeiramente
- 7 - Gostei moderadamente
- 8 - Gostei muito
- 9 - Gostei muitíssimo

OBS: _____

ANEXO 3 – Coleta de dados do Proveedor

Desejamos avaliar sensorialmente a aceitação de produtos com carne de frango. Ser um julgador não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. A prova será realizada no Laboratório de Análise Sensorial do DCTA, leva em torno de 15 minutos. Se você deseja participar do teste, por favor, preencha este formulário.

Dados Pessoais:

Nome _____

Telefone para contato: _____

E-mail: _____

1. Faixa etária:

- 15-25
 25-35
 35-50
 acima de 50 anos

2. Sexo

- masculino
 feminino

3. Ocupação:

- aluno _____
 funcionário
 professor
 outro _____

4. Escolaridade

- 1° grau
 2° grau
 3° grau
 Pós Graduação _____

5. Gosta de produtos cárneos de frango? Sim Não

6. Frequência de consumo de produtos cárneos de frango (tipo *nuggets*, marinados, salsicha, etc.):

- Nunca
 Ocasionalmente - _____ vezes por ano
 Moderadamente - _____ vezes por mês
 Frequentemente - _____ vezes por semana

7. Produtos que costuma consumir.

8. Possui algum tipo de problema (alergia, desconforto, etc) com relação ao consumo dos seguintes itens?

- Carnes. Qual? _____
 Soja
 Condimentos . Qual? _____
 Sal
 Outros. Quais? _____

9. Está tomando algum medicamento?

Não Sim . Qual ? _____

10. Possui prótese dentária?

Sim Não

11. Faz alguma dieta especial?

Não Sim . Qual ? _____

ANEXO 4 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido na Forma de Convite para os Provedores de Produtos com carne de frango no teste de aceitação global

“DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO COM CARNE DE FRANGO E ADIÇÃO DE INGREDIENTES ALIMENTÍCIOS”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa “Desenvolvimento de produtos com carnes de frango PSE adicionado de proteína de soja, pectina e carragena”, junto ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos/UEL, LONDRINA/PR. O objetivo da pesquisa é realizar uma avaliação sensorial de produtos cárneos (empanado tipo nugget e marinados), produzidos com carne de peito de frango saudáveis, originários de diferentes espécies de frangos e adicionados de proteína de soja, pectina e carragena. A sua participação é muito importante e você participará como integrante de uma equipe de consumidores que irá avaliar a aceitabilidade de uma formulação de nugget e uma de marinado. O teste sensorial não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil, apresentando um tempo de análise estimado de 10 minutos. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é voluntária, podendo recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo pessoal. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Os benefícios esperados são informações para a continuação de um estudo sobre produto cárneo produzido com carne de frango que vem sendo realizado por um grupo na área de carnes da UEL, e isso irá ajudar a esclarecer dúvidas relevantes aos problemas de tecnologia no processamento de produtos a base de carne de frango. Informamos que você não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa. Caso dúvidas ou necessite de esclarecimentos pode nos contatar (Prof^ª. Elza Louko Ida, DCTA/UEL, elida@uel.br, (43) 3371-4987), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da

Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, nº 60, ou no telefone 3371-2490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 20 ____.

Pesquisador Responsável: Elza louko Ida (Profª Orientadora) / Danielle Cristina Barreto Honorato (Aluna de Mestrado)

_____ (**nome por extenso do sujeito de pesquisa**), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura: _____

Data: _____

ANEXO 5 – Resumo Apresentado em Congresso**RESUMO 1: 9º SLACA – Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos / 2011****INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PROTEÍNA DE SOJA, PECTINA E CARRAGENA EM PEITO DE FRANGO PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) MARINADO**

HONORATO, D.C.B.(1); CANAN, C. (2); COLLA, E. (2); SARMENTO, C.M.P. (2); SHIMOKOMAKI, M. (3); IDA, E.I. (1)

(1) Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, UEL - Caixa Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil. (2) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, PR. (3) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, PR. E-mail: danibhonorato@yahoo.com.br

A carne PSE (*Pale, Soft e Exudative*) de frango é reconhecida como um sério problema devido ao seu aspecto pálido, textura macia e baixa capacidade em reter água. Estas características comprometem as propriedades funcionais da carne de frango, influenciando diretamente na qualidade e rendimento final dos produtos industrializados. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de proteína de soja, pectina e carragena na elaboração de marinado com peito de frango PSE. Foi utilizado um planejamento fatorial completo 2³, com as seguintes variáveis e níveis: proteína de soja (0%, 0,0375% e 0,075%), pectina (0%, 0,0375% e 0,075%) e carragena (0%, 0,0375% e 0,075%). Os produtos marinados foram caracterizados por medidas de cor, capacidade de retenção de água, atividade de água, medida da perda de peso após cozimento e textura. Os peitos de frango PSE foram classificados pelos valores de pH e L* e os produtos marinados foram elaborados utilizando tumbleamento, com absorção de 20% de salmoura. A adição de hidrocolóides e proteína de soja à carne PSE, melhoraram a capacidade de retenção de água, com auxílio na absorção da água. A análise de textura confirmou o efeito dos aditivos uma vez que as maiores forças de cisalhamento ocorreram em níveis mais elevados das variáveis investigadas. As variáveis não apresentaram efeitos significativos dentro das faixas estudadas para a atividade de água dos marinados. Apenas a pectina apresentou efeito positivo, com relação a perda por cozimento, caracterizando portanto que nos níveis mais elevados desta variável, ocorreram as maiores perdas. Para a medida de cor, foram observados maiores valores de L* em menores concentrações das variáveis. Portanto, a adição de proteína de soja, pectina e carragena à carne de frango PSE melhorou as características dos marinados aprimorando a estabilidade e qualidade.

Palavras – Chave: Proteína de soja, pectina e carragena

Órgãos Financiadores: CAPES e Fundação Araucária /CNPq - PRONEX