UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Efeito das variações térmicas
na perda de umidade em carcaças de frango

Fábio de Oliveira Franco

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientador:
Prof. Dr. Rubison Olivo

São Paulo
2007

FÁBIO DE OLIVEIRA FRANCO

**Efeito das variações térmicas
na perda de umidade em carcaças de frango**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Farmacêuticas da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciência dos Alimentos

Área de concentração: Bromatologia

Orientador: Prof. Dr. Rubison Olivo

v.1

São Paulo

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Franco, Fábio de Oliveira
F825e Efeito das variações térmicas na perda de umidade em carcaças
de frango / Fábio de Oliveira Franco. -- São Paulo, 2007.
64p.

Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e
Nutrição Experimental.

Orientador: Olivo, Rubison

1. Carne de frango : Ciência dos alimentos 2. Congelamento :
Preservação : Tecnologia de alimentos 3. Alimento : Inspeção :
Saúde pública I. T. II. Olivo, Rubison, orientador.

641.365 CDD

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Relatório de Defesa

Relatório de defesa pública de Dissertação do(a) Senhor(a) Fabio de Oliveira Franco no Programa: Ciência dos Alimentos, do(a) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

Aos 24 dias do mês de agosto de 2007, no(a) Auditório Paulo de C. Ferreira realizou-se a Defesa da Dissertação do(a) Senhor(a) Fabio de Oliveira Franco, apresentada para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos - Área: Bromatologia, intitulada:

"Efeito das variações térmicas na perda de umidade em carcaças de frango"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Vínculo do Docente	Sigla da Unidade	Resultado
Rubison Olivo	Presidente	IAL - Externo	APROVADO
Flavio Finardi Filho	Suplente	FCF - USP	APROVADO
Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres	Suplente	FSP - USP	APROVADO
Resultado Final: APROVADO			
Parecer da Comissão Julgadora *			

Comentários da Defesa (opcional)

Eu, Monica Dealis Perussi , Secretária, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 24 dias do mês de agosto de 2007.

Flavio Finardi Filho

Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres

Rubison Olivo
Orientador(a)

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

Nos termos do artigo 110, do RG-USP, encaminhe-se o presente relatório à CPG, para homologação.

Impresso em: 24/08/2007

Fábio de Oliveira Franco

Efeito das variações térmicas na perda
de umidade em carcaças de frango

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof. Dr. Rubison Olivo
Orientador/Presidente

Profª Drª Elizabeth A. Ferraz da Silva Torres

Prof. Dr. Flávio Finardi Filho

São Paulo, 24 de Agosto de 2007.

DEDICATÓRIA

A Nosso Senhor Jesus Cristo, cujo amor incondicional inunda meu coração e me motiva dia a dia.

A minha esposa Marysa e a minha filha Carolina, meus eternos amores.

Ao Sr. Manoel Alves de Carvalho pelo exemplo de vida e de amor ao próximo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

A minha esposa Marysa pelo apoio, incentivo e carinho durante a realização deste trabalho e a Carolina que, em seus seis meses de vida e com seus pequenos balbucios, me deu a força e amparo nesta caminhada.

Aos meus pais por terem escolhido minha vida como preciosa e por todo amor dedicado a minha pessoa.

Ao Dr. Rubison Olivo, que sempre foi mais que um amigo e sempre soube dar apoio e ajuda nas horas difíceis durante todos estes anos de trabalho em conjunto. Agradeço por me dar as melhores oportunidades da minha carreira e por ser patrono dela. Obrigado.

A Eng^a Juliane Schneider, por todo apoio, paciência, amizade e ajuda, sem a qual este trabalho seria impossível.

Ao Sr. Claudedir Santos Santiago, por todo o apoio, ajuda e companheirismo no trabalho de coleta das amostras.

Ao Sr. Rodinei Augusto Rabelo, pelos preciosos apoio e ajuda na fase comercial deste trabalho, sem os quais este seria impraticável.

A Globalfood, na figura de seu Presidente, Sr. Klaus Gerard Hasserodt, cujo apoio tornou possível este sonho.

Ao Abatedouro Santa Fé, na figura do Sr. Renzo Sacaro Barbosa, pela doação de seu tempo e das amostras.

Ao Abatedouro Zanchetta Alimentos, na figura do Sr. José Domingues Zanchetta, pela doação das amostras.

A Agrovêneto, na figura do Dr. Ângelo Demartini, pelo apoio e ajuda na realização dos ensaios comerciais e pelas amostras.

A Cooperavi, na figura da Eng^a Miryam Raquel Ortolani, pelo contínuo apoio e pelas amostras.

Ao Prof^o Dr. Flavio Finardi Filho, pela ajuda, apoio e aprendizado nas análises de proteínas junto ao Laboratório de Biotecnologia de Alimentos.

As doutorandas Sra. Cíntia Gisela Bezuti Giora pela inestimável ajuda na realização das análises de eletroforese e a Srta. Gerby Giovanna Rondán Sanabria pela preciosa ajuda com a coluna de separação.

Ao Prof^o Dr. Francisco Javier Hernandez Blazquez, do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, pelo apoio, ajuda e tempo despendidos nas análises histológicas.

Ao Sr. Diogo Nader Palermo, Técnico do Laboratório de Histologia do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, pela inestimável ajuda na realização das análises histológicas e na obtenção das microfotografias.

Ao corpo docente do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, pelas importantes lições aprendidas.

Aos funcionários do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, cujo profissionalismo impar e dedicação muito ajudaram na concretização deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram na elaboração deste trabalho.

“Vocês são a luz do mundo. Não pode ficar escondida uma cidade construída sobre um monte. Ninguém acende uma lâmpada para colocá-la debaixo de uma vasilha, e sim para colocá-la, no candeeiro, onde ela brilha para todos os que estão em casa. Assim também: que a luz de vocês brilhe diante dos homens, para que eles vejam as boas obras que vocês fazem, e louvem o Pai de vocês que está no céu.” Mateus 5, 14-16.

RESUMO

O presente trabalho objetivou estudar o impacto das variações térmicas durante o armazenamento de carcaças de frango sobre as propriedades funcionais, especialmente a perda de umidade no descongelamento (*Drip Loss*).

Para avaliação destas condições, foram simuladas duas situações: uma comercial, onde um lote de aves abatidas, evisceradas e resfriadas em *chiller* foram congeladas até $-15 (\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e sofreram variações térmicas em ciclos de 8 horas com retirada das mesmas da câmara de estocagem, passando de $-15 (\pm 2)^{\circ}\text{C}$ a $-3 (\pm 2)^{\circ}\text{C}$, momento em que eram novamente devolvidas a câmara de congelamento (situação “crítica”) e outro lote mantido congelado a $-15 (\pm 2)^{\circ}\text{C}$ (situação “ideal”). Outra condição, chamada de ensaio modelo, foram simuladas 7 faixas de temperatura de armazenamento (0°C , -3°C , -6°C , -9°C , -12°C , -15°C e -18°C) visando definir faixas críticas, baseadas em valores de *Drip Loss*. Foram definidas 2 faixas: -3°C e -6°C , baseadas em sua proximidade a faixa mais crítica e com valores maiores de *Drip Loss* (0°C).

Para estudo das propriedades funcionais no ensaio comercial, amostra ($n=120$) de carcaças, divididas em situação “ideal” ($n=60$) e situação “crítica” ($n=60$) foram descongeladas e submetidas às análises de pH, cor e perda de umidade por descongelamento (*Drip Test*). Os resultados encontrados mostraram uma tendência ($p<0,05$) de aumento do *Drip Loss* com o aumento do tempo de armazenamento na situação “crítica”, com valores de $4,77 (\pm 1,24)\%$ para 3 dias e $10,28 (\pm 0,87)\%$ para 120 dias. A situação “ideal” não apresentou diferenças significativas entre os resultados encontrados, que foram de $5,19 (\pm 1,13)\%$ para 3 dias e $4,86 (\pm 0,84)\%$ para 120 dias.

Para estudo das propriedades funcionais no ensaio modelo, amostras ($n=70$), em triplicata, de carcaças foram descongeladas e, após a definição das faixas críticas, submetidas às análises de perda de umidade por descongelamento (*Drip Test*), capacidade de retenção de água, análise de perda de umidade no cozimento, quantificação do gel protéico, análise do teor de proteínas no exsudato,

análise do perfil protéico do exsudato e análise histológica. Os resultados demonstraram não haver diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as faixas críticas estudadas (-3°C e -6°C) em relação às propriedades funcionais, com exceção das análises de perda de umidade por descongelamento (*Drip Test*), onde a mesma tendência de aumento do *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento foi encontrada, com valores de 5,85 ($\pm 1,16$)% para 0 dia e 12,33 ($\pm 1,12$)% para 70 dias na faixa -3°C e 5,83 ($\pm 1,93$)% para 0 dia e 10,15 ($\pm 0,15$)% para 70 dias na faixa -6°C .

Concluindo, existem evidências de que as variações térmicas promovem o aumento do *Drip Loss* em relação a um maior tempo de armazenamento. A constatação deste fato serve como base para estudos mais aprofundados sobre o impacto das condições de armazenamento sobre as propriedades funcionais da carne de frango, bem como para padronizar os processos de congelamento, transporte, distribuição e venda de carne de frango congelada.

Palavras chave: carne de frango, congelamento de carne, estocagem de alimentos, propriedades funcionais da carne, controle de qualidade da carne.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the impact of thermal variations during the storage of broiler carcasses on its functional properties, especially the moisture loss during thawing (*Drip Loss*).

In order to evaluate these conditions, two situations were simulated: one called commercial, where a batch of slaughtered, eviscerated and chilled on water system broilers were frozen to $-15(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ and divided in two equal batches: one of these batches was called “Critical Condition” and was maintained in a 8 hour cycle of thermal variation ranging from $-15(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ to $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ while the other, called “Ideal Condition” was maintained at $-15(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ during all the storage time. In another situation, named Model, seven ranges of storage temperature ($0\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-3\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-6\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-9\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-12\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-15\pm 2^{\circ}\text{C}$, $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$) were simulated in order to obtain the critical ranges based on the *Drip Loss* values. Two ranges were found based on its proximity to the most critical range and bigger *Drip Loss* values: $-3\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $-6\pm 2^{\circ}\text{C}$.

For the functional properties studies on the commercial situation, a sample ($n=120$) of broiler carcasses, equally divided in “Critical” and “Ideal” were unfrozen and pH, color and *Drip Loss* analyzed. The results showed a statistical trend ($p<0,05$) of increase of *Drip Loss* values as time of storage increases in the critical condition, with values of $4,77\pm 1,24\%$ for 3 days of storage and $10,28\pm 0,87\%$ for 120 days of storage. The ideal condition didn't showed significant differences among the obtained results that were from $5,19\pm 1,13\%$ for 3 days of storage to $4,86\pm 0,84\%$ for 120 days.

For the functional properties studies on the model situation, a sample ($n=70$), in triplicate, of broiler carcasses was thawed and, after the definition of the critical ranges, it was analyzed for *Drip Loss*, water holding capacity, moisture loss during cooking, Exudative cooking gel quantification, protein quantification on the exsudate, protein profile on the exudate and histological evaluation. The results showed that there were no statistical differences ($p<0,05$) between the studied

critical ranges ($-3\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $-6\pm 2^{\circ}\text{C}$) in relation to its functional properties, except for *Drip Loss* values, where a trend of increase in *Drip Loss* as the time of storage increases was found, with values from $5,85\pm 1,16\%$ for 0 days to $12,33\pm 1,12\%$ for 70 days in range $-3\pm 2^{\circ}\text{C}$ and from $5,83\pm 1,93\%$ for 0 days to $10,15\pm 0,15\%$ for 70 days in range $-6\pm 2^{\circ}\text{C}$.

In conclusion, there's some evidence that the thermal variation can cause the increase of *Drip Loss* values in relation to an increase of the storage time. All these data can be useful as basis for new studies on functional properties of broiler meat regard to thermal variation during storage, as well as, to standard the processes of freezing, transport, distribution, and retail of frozen broiler meat.

Key words: broiler meat, meat freezing, food storage, meat functional properties, meat quality control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diagrama dos principais mecanismos de retenção de água pelas proteínas cárneas.....	5
Figura 2: Pigmento heme em sua forma oximioglobina, com o átomo de ferro reduzido (Fe^{2+}) e ligado ao oxigênio, gerando cor vermelha viva atrativa, encontrada em carnes frescas expostas ao ar.....	7
Figura 3: Representação didática da percepção da cor vermelha da carne pela visão humana. Ao incidir em uma peça de carne, o feixe de luz é difracionado. Os comprimentos de onda menores são absorvidos e a faixa dos 630 a 780 nanômetros, corresponde ao vermelho, é refletido para o meio, sendo captado pelos olhos humanos.....	8
Figura 4: Fluxograma dos procedimentos realizados nos ensaios experimentais.....	20
Figura 5: Comportamento das temperaturas das carcaças durante o período de armazenamento.....	31
Figura 6: Comportamento dos valores de <i>Drip Loss</i> em relação ao tempo de armazenamento para o Ensaio Comercial.....	34
Figura 7: Comparativo entre o comportamento dos valores de <i>Drip Loss</i> em relação ao tempo de armazenamento entre as faixas críticas (-3°C e -6°C) no ensaio modelo.....	43

Figura 8: Comparativo entre o comportamento dos valores de *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento para as faixas críticas (-3°C e -6°C) no ensaio modelo e o Grupo Crítico no ensaio comercial. Os valores em destaque dentro do quadro representam o *Drip Loss* no 73º dia de armazenamento..... 44

Figura 9: Variações térmicas durante o período de armazenamento para o ensaio comercial. A área no quadro em destaque mostra a região de temperatura ocupada pelas amostras no ensaio modelo para faixas críticas (-3°C e -6°C)..... 45

Figura 10: Cromatograma de separação de frações protéicas para as amostras nas faixas críticas. As letras indicam os picos escolhidos para a eletroforese..... 51

Figura 11: Eletroforegrama das proteínas presentes no exudato obtido das amostras nas faixas -3°C e -6°C..... 51

Figura 12: Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 14 dias a -6°C. As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular e vácuos no citoplasma celular..... 53

Figura 13: Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 14 dias a -3°C. As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular e vácuos no citoplasma celular..... 53

Figura 14: Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 59 dias a -6°C. As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular com presença de núcleos..... 54

Figura 15: Microfotografia (aumento 100x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 59 dias a -3°C. Verifica-se uma ampla destruição do tecido e grandes vácuos..... 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de água e proteína em carne magra.....	4
Tabela 2 - Relação entre temperatura de congelamento e a porcentagem de cristais de gelo, em uma carne.....	15
Tabela 3: Grupos e respectivas faixas de temperaturas de conservação das carcaças de frango, adotadas para o ensaio modelo.....	23
Tabela 4 - Composição da salmoura.....	26
Tabela 5 - Variações térmicas durante o processo de armazenamento.....	30
Tabela 6 - Resultados de análises - Grupo crítico (A).....	32
Tabela 7 - Resultados de análises - Grupo ideal (B).....	32
Tabela 8 - Correlações entre tempo de armazenamento e valores de <i>Drip Loss</i>	35
Tabela 9 – Correlações entre pH e <i>Drip Loss</i> nos grupos crítico (A) e ideal (B).....	37
Tabela 10 - Correlações entre o tempo de armazenamento, razão a/b, L*, a* e b* para o Grupo crítico (A).....	38
Tabela 11 - Resultados de perda de água por descongelamento (<i>Drip Loss</i>) - ensaio de faixa de temperatura.....	40
Tabela 12 - Resultados de <i>Drip Loss</i> para faixas críticas de armazenamento.....	41

Tabela 13 - Correlações entre o tempo de armazenamento e o *Drip Loss* nas faixas críticas..... 46

Tabela 14 - Capacidade de retenção de água para as amostras nas faixas críticas..... 47

Tabela 15 - Perda de umidade no cozimento para amostras nas faixas críticas..... 48

Tabela 16 - Valores de gel protéico para amostras nas faixas críticas..... 49

Tabela 17 - Teor de proteína solúvel no exsudato das amostras nas faixas críticas..... 50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	3
2.1.1 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	3
2.1.2 COR.....	6
2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO..	9
2.2.1 BEM ESTAR ANIMAL.....	9
2.2.2 PH MUSCULAR FINAL.....	10
2.2.3 PRÉ-RESFRIAMENTO.....	12
2.2.4 EFEITOS DO CONGELAMENTO SOBRE A CARNE.....	13
2.2.5 CADEIA DE FRIO NO BRASIL.....	16
3 OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GERAL.....	18
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 AMOSTRAGEM.....	19
4.2 MODELOS EXPERIMENTAIS.....	19
4.2.1 ENSAIO COMERCIAL.....	21
4.2.1.1 SOB CONDIÇÕES “IDEAIS” DE ARMAZENAMENTO.....	21

4.2.1.2 SOB CONDIÇÕES “CRÍTICAS” DE ARMAZENAMENTO.....	21
4.2.2 ENSAIO MODELO.....	22
4.2.2.1 DETERMINAR AS FAIXAS CRÍTICAS DE CONSERVAÇÃO.....	22
4.2.2.2 ESTUDO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA AS FAIXAS CRÍTICAS.....	23
4.3 ANALISES REALIZADAS.....	24
4.3.1 ANÁLISE DE pH.....	24
4.3.2 ANÁLISE DE COR.....	24
4.3.3 RAZÃO a^*/b^*	25
4.3.4 ANÁLISE PERDA DE UMIDADE POR DESCONGELAMENTO (<i>DRIP TEST</i>) EM CARCAÇAS.....	25
4.3.5 ANÁLISE DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	25
4.3.6 ANÁLISE DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO.....	26
4.3.7 QUANTIFICAÇÃO DE GEL PROTÉICO.....	27
4.3.8 ANÁLISE DO TEOR DE PROTEÍNA SOLÚVEL DO EXSUDATO.....	28
4.3.9 ANALISE DO PERFIL PROTÉICO DO EXSUDATO.....	28
4.3.10 ANÁLISE HISTOLÓGICA.....	28
4.3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 ENSAIO COMERCIAL.....	30
5.1.1 VARIAÇÕES TERMICAS.....	30

5.1.2 ANÁLISES APÓS O DESCONGELAMENTO.....	32
5.1.2.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (<i>DRIP LOSS</i>).....	32
5.1.2.2 pH.....	36
5.1.2.3 COR.....	37
5.2 ENSAIO MODELO.....	39
5.2.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (<i>DRIP TEST</i>).....	39
5.2.1.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (<i>DRIP TEST</i>) PARA FAIXAS CRÍTICAS.....	40
5.2.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	46
5.2.3 MEDIDA DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO.....	47
5.2.4 QUANTIFICAÇÃO DE GEL PROTEICO.....	48
5.2.5 ANÁLISE DO TEOR DE PROTEÍNA DO EXSUDATO.....	49
5.2.6 ANÁLISE DO PERFIL PROTEICO DO EXSUDATO.....	50
5.2.7 ANÁLISE HISTOLÓGICA.....	52
6 CONCLUSÕES.....	55
7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem apresentado um desempenho invejável nas últimas décadas, representando uma importante fonte econômica ao país. O consumo interno de carne de frango saltou dos 4kg *per capita* na década de 60 para 36,7kg em 2006, constituindo-se numa importante fonte protéica à população. O Brasil é o maior produtor mundial de frangos, com volume aproximado de 9,4 milhões toneladas e, pelo terceiro ano consecutivo, o maior exportador mundial, com volume de 2,7 milhões de toneladas (ABEF, 2003; UBA, 2005; AVISITE, 2007).

Desta forma, a carne de aves tem participação de peso no mercado consumidor, necessitando de cuidados quanto a sua qualidade, desde a granja até o consumidor final. Esta tem sido uma grande preocupação de produtores, abatedouros e processadores, o que foi um dos grandes motivadores dos resultados obtidos (UBA, 2005).

A carne de frango está sujeita a muitas variações de qualidade, sejam elas ligadas ao estresse (BARBUT, 1998; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002) e/ou às condições de processamento e armazenamento empregadas (OLIVO, 2006).

Dentre os diversos aspectos da qualidade, tem sido preocupação por parte dos órgãos reguladores, as características físico-químicas e higiênico-sanitárias das aves abatidas. Em especial, a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), elaborou métodos visando um melhor controle das operações de abate, processamento e higienização (BRASIL, 1998). Entre esses métodos, um de grande relevância é o controle da absorção de umidade pelas carcaças, que ocorre durante a etapa de pré-resfriamento por água, em tanques contínuos (*chillers*). Para esse controle, é adotada a análise de *Drip Test*, conforme descrita na Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998), que quantifica a umidade absorvida pelas carcaças durante a etapa de pré-resfriamento e posterior descongelamento. Resultados superiores a 6% de *Drip Test*, são

indicadores de eventual excesso de absorção de umidade, sendo nesse caso considerado, por legislação, uma irregularidade (BRASIL, 2002).

Porém, freqüentemente ocorrem variações na quantidade da umidade, detectada em carcaças de frango, durante a sua comercialização, com valores acima do aceitável, mesmo quando a absorção de água ocorreu dentro dos níveis legais (SAMS, 2001). Conforme trabalhos preliminares (DEMARTINI; FRANCO; OLIVO, 2004), uma explicação para tal fato, poderia ser as variações de temperatura de armazenamento, que costumeiramente ocorrem durante a estocagem sob congelamento. Estas variações podem causar a formação de cristais de gelo irregulares (BEVILACQUA; ZARITZKY, 1982), promovendo a injúria das fibras e demais estruturas da carne, possibilitando assim, a migração de sua umidade natural, quando do descongelamento.

A cadeia de frio no Brasil apresenta situações que comprometem a qualidade da carne de frango, como a logística de armazenagem e distribuição, associado às questões culturais dos consumidores brasileiros com relação à conservação dos alimentos (MALIVERNI, 2004). Tais situações afetam as propriedades funcionais, entre elas a capacidade de retenção de água, uma importante propriedade ligada à estabilidade hidrostática das proteínas.

Estes fatores podem contribuir para variações não intencionais com relação a perdas de umidade durante o descongelamento de carcaças de frango, comprometendo assim, não somente aspectos de qualidade, mas também os legais. Nesse caso, conforme Brasil (2007), as empresas processadoras são autuadas e responsabilizadas pelos desvios apresentados.

Desta forma, torna-se importante conhecer, em carcaças de frango, com base no estudo das propriedades funcionais, a influência das variações térmicas que ocorrem durante o armazenamento sob congelamento e a sua influência na capacidade de retenção de água e no resultado da análise de *Drip Test*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

As propriedades funcionais são aspectos físico-químicos que caracterizam os alimentos e influenciam a utilização dos mesmos. Elas estão relacionadas a questões sensoriais e não necessariamente nutricionais. Têm implicações tecnológicas diretas e afetam decisivamente os aspectos econômicos dos produtos (FOEGEDING, 1989).

Em geral, todas as propriedades funcionais sofrem influência das interações de proteínas com a água (ABERLE et al., 2001).

2.1.1 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Dentre as propriedades funcionais, a capacidade de retenção de água (CRA) é uma das mais relevantes para a indústria de carnes (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

A CRA é definida como a habilidade da carne em reter a sua água durante a aplicação de forças externas tais como corte, aquecimento, moagem ou pressão (ABERLE et al., 2001).

A umidade natural da carne é essencial para a obtenção do rendimento e qualidade final dos produtos. Contribui para a textura, suculência, sabor e palatabilidade da carne como alimento. A sua eventual perda compromete a qualidade deste importante alimento, conferindo textura dura, seca e fibrosa, bem como, predispõe a rancificação e outras alterações físico-químicas indesejáveis. Assim, a habilidade de reter água é uma importante propriedade da carne, principalmente sob o aspecto econômico e sensorial (OLIVO, 2005).

A umidade representa de 60 a 80% do total da massa muscular. A distribuição de água e de proteína em uma carne magra é apresentada na Tabela 1. Apesar de não haver uma divisão clara entre as localizações da mesma no músculo, pode-se considerar que a água existe na forma ligada, imobilizada e livre. Devido à distribuição de seus elétrons, as moléculas de

água não são eletricamente neutras, mas tem dipolos negativamente e positivamente induzidos, ou seja, são polares. Assim, as mesmas estão associadas, por meio de pontes de hidrogênio, com grupos reativos eletricamente carregados das proteínas musculares (ABERLE et al., 2001).

Tabela 1 – Distribuição de água e proteína em carne magra

Componentes	Fibras ou Células		Espaço Extracelular e Tecido Conjuntivo	Total
	Fibrilas	Sarcoplasma		
Água	45	19	11	75
Proteína	10	06	02	18
Outras Substâncias	05	-	02	07
TOTAL	60	25	15	100

Fonte: RANKEN (2000).

Do total da umidade da carne, aproximadamente 45% está firmemente presa às proteínas, ligada por forças hidrofílicas; 30% está em estado intermediário e o restante 25% está em estado livre, preso apenas por fracas barreiras físicas, constituídas pelas membranas e capilares (ABERLE et al., 2001). A Figura 1, adaptada por Olivo (2002) do previamente apresentado por Aberle et al. (2001), mostra didaticamente essas porcentagens, bem como, o mecanismo pelo qual a água liga-se às proteínas da carne.

Figura 1: Diagrama dos principais mecanismos de retenção de água pelas proteínas cárneas (Adaptado por Olivo (2002), com base em Aberle et al., 2001).

Se as proteínas não estão desnaturadas, elas continuam a ligar a água durante a conversão do músculo em carne e, por extensão, durante as diversas fases da cadeia do produto. Por outro lado, a porcentagem de água considerada livre, pode exsudar sob pressão ou durante os processos tecnológicos e/ou durante a cadeia de armazenamento e distribuição do produto (OLIVO, 2002).

Variações no pH da carne também influenciam a CRA. A formação de ácido láctico e a queda resultante no pH no período *post-mortem* são responsáveis pela redução geral dos grupos reativos nas proteínas disponíveis para retenção de água. Esta redução no número de grupos reativos ocorre devido ao pH aproximar-se do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares. Conseqüentemente, estes grupos tendem a se ligar uns aos outros e apenas os não ligados estarão disponíveis para atrair a água (ABERLE et al., 2001).

2.1.2 COR

A cor tem papel de destaque entre as propriedades funcionais e é um importante atributo de qualidade, pois é um dos primeiros aspectos a serem avaliados na linha de fabricação e pelos consumidores nas gôndolas de supermercados (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

Para um produto cárneo, a tonalidade de cor é um indicativo da sua condição, permitindo a avaliação, de forma direta, da sua condição de frescor, influenciando na sua aquisição e no seu consumo. E, para as matérias-primas destinadas ao processamento, a cor é indicadora das condições das demais propriedades funcionais (OLIVO, 2002, 2006).

A cor observada na superfície da carne é o resultado da absorção seletiva dos comprimentos de onda (*lambda*) da luz, pelos pigmentos naturais e pelas fibras cárneas. Depende de diversas condições internas e externas e principalmente da quantidade de pigmentos, denominados heme (SWATLAND, 1993; CORNFORTH, 1994).

Os pigmentos heme são três: mioglobina, hemoglobina e citocromo C. A Figura 2 apresenta de forma didática o pigmento heme em sua forma oximioglobina (com o átomo de ferro reduzido, Fe^{2+}).

Os pigmentos heme absorvem todas as faixas de cores, com exceção da faixa 630 a 780 nanômetros, correspondente ao vermelho. Esta faixa é então refletida aos nossos olhos, conforme representado na Figura 3. Por esta razão enxergamos a cor das carnes como sendo vermelha. A intensidade desta cor na carne e seus derivados é diretamente proporcional à quantidade destes pigmentos, sendo a mioglobina o principal deles.

Quanto maior for a presença de pigmento heme, mais intensa será a tonalidade vermelha da carne, conforme Ranken (2000). Um exemplo é a coxa-sobrecoxa (carne vermelha) com 2 a 3mg/g de mioglobina que é mais vermelha que o peito (carne branca) com apenas 0 a 0,25mg/g.

Figura 2: Pigmento heme em sua forma oximioglobina, com o átomo de ferro reduzido (Fe^{2+}) e ligado ao oxigênio, gerando cor vermelha viva atrativa, encontrada em carnes frescas expostas ao ar. *Copyright: Rubison Olivo, com permissão (OLIVO, 2006).*

Outros fatores, além da espécie animal, como raça, idade, sexo, função muscular e variações fisiológicas, influenciam na concentração do pigmento heme. Este pigmento, conforme apresentado na Figura 2, é uma molécula complexa, altamente reativa, consistindo de um núcleo de hematina, o qual também pode ser chamado de anel hemínico ou anel da porfirina, ligado a uma proteína do tipo globular. O núcleo de hematina consiste de quatro anéis pirrólicos coordenados, tendo em seu centro um átomo de ferro. O átomo de ferro tem seis ligações de coordenação, podendo ocorrer na forma reduzida (Fe^{2+}) ou oxidada (Fe^{3+}). Quatro ligações estão ocupadas com átomos de nitrogênio de quatro anéis pirrólicos e uma ligação com o aminoácido histidina da proteína globular. A sexta posição é livre para ligar-se a outros átomos ou pequenas moléculas, como oxigênio, água, entre outros.

Figura 3: Representação didática da percepção da cor vermelha da carne pela visão humana. Ao incidir em uma peça de carne, o feixe de luz é difracado. Os comprimentos de onda menores são absorvidos e a faixa dos 630 a 780 nanômetros, corresponde ao vermelho, é refletido para o meio, sendo captado pelos olhos humanos. *Copyright: Rubison Olivo, com permissão (OLIVO, 2006).*

Pequenas ou grandes mudanças químicas no pigmento heme, principalmente aquelas relacionadas com a desnaturação da proteína globular, fazem com que o mesmo altere a sua capacidade de absorver ou refletir o raio luminoso incidente na carne. Como o pigmento heme é muito instável quimicamente, permite assim, uma vasta possibilidade de tonalidades de cores nas carnes e em seus derivados (LAWRIE, 1998; OLIVO, 2006).

O músculo *Pectoralis major* (peito) é comumente utilizado como indicador de alterações de cor em aves. Isto porque esse músculo compreende uma porção representativa do peso inteiro da ave (aproximadamente 10%), bem como é o mais sensível aos fatores fisiológicos e bioquímicos que

contribuem para a descoloração. Sua coloração, naturalmente mais clara, também faz com que pequenas alterações na cor tornem-se mais visíveis (NORTHCUTT, 1997; SAMS, 2001).

2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

2.2.1 BEM ESTAR ANIMAL

Em se tratando de abate, há um conjunto de procedimentos e técnicas denominados abate humanitário, que visa garantir a redução do sofrimento dos animais, redução das perdas no abate ocasionadas pelas contusões nas carcaças e a diminuição dos problemas de qualidade. Os produtos finais oriundos destes animais estão ganhando diferenciação sob o aspecto de marketing, atendendo a um nicho de mercado composto por pessoas preocupadas com o abate sem sofrimento. Assim, torna-se cada vez mais freqüente a preocupação em garantir o bem estar dos animais e aves em toda a cadeia produtiva (MONDELLI; VIDRIK; ROÇA, 2002; MENDES; PAZ, 2006).

A indústria avícola brasileira tem dedicado especial atenção à qualidade do manejo dos frangos durante as fases de desenvolvimento, coleta nas granjas, transporte e na recepção no abatedouro. A razão é porque os cuidados dispensados no manejo durante estas etapas influenciam diretamente na qualidade final dos produtos. Os métodos apropriados de manejo compreendem a sua captura, adequada alocação de indivíduos por gaiola, espaçamento das gaiolas no caminhão para permitir boa ventilação, ducha de água na granja, cobertura da carga com lonas quando o transporte é realizado sob sol, opções de transporte em períodos de clima ameno e, finalmente, aspersão de água e ventilação na recepção do abatedouro. Estes métodos necessitam rigoroso acompanhamento, dependendo das condições climáticas regionais e, principalmente, no verão (GUARNIERI et al, 2002, 2005).

2.2.2 pH MUSCULAR FINAL

No momento do sacrifício da ave, o pH fisiológico inicia a sua queda, como resultado da instalação do *rigor mortis*. Durante este processo, com a produção de ácido láctico, devido a glicólise anaeróbica, o pH normalmente diminui para 5,8. Valores de pH final 24h *post mortem* (pH24h) menores ou maiores que este valor são considerados anormais, pois influenciarão na qualidade funcional da carne (LAWRIE, 1998). Este baixo pH pode causar desnaturação das proteínas, levando ao comprometimento das propriedades funcionais da carne, conferindo assim, pobres características de processamento, com redução dos rendimentos dos produtos (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

Tal fenômeno bioquímico é conhecido e estudado a mais de 40 anos em suínos, sendo denominado PSE, da sigla em Inglês para *Pale, Soft and Exudative*, que descreve as condições principais notadas na carne que sofre este fenômeno: pálida (*pale*), macia ou mole (*soft*) e exsudativa (*exudative*). O seu surgimento em suínos é detectado quando o pH atinge valor menor que 5,8 a 5,7, no período 45 minutos *post mortem*. Neste período, a carcaça ainda se encontra quente, por volta de 35°C, e estas condições favorecem a desnaturação das proteínas (BENDAL; WISMER-PEDERSEN, 1962; BENDALL; SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1995; WISMER-PEDERSEN, 1959). Em frangos, as carnes tornam-se PSE quando o pH atinge 5,7 após 15 minutos *post mortem* (KIJOWSKI; NIEWIAROWICZ, 1978; OLIVO, 1999; OLIVO et al., 2001; WOELFEL; SAMS, 2001; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

A causa primordial do fenômeno PSE é o estresse *ante mortem* sofrido pelo animal ocasionando uma maior produção dos hormônios do sistema de luta e defesa, com maior liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático (RS). Este cálcio unirá as proteínas da contração muscular (actina e miosina), produzindo maior esforço de contração e, conseqüentemente mais ácido láctico muscular. Em alguns casos o ácido láctico é formado ainda no momento *ante mortem* (OLIVO et al., 2001; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

No ser vivo, quando sob homeostase, a liberação de cálcio é inibida quando o pH atinge 6,6 (LOUIS; REMPEL; MICKELSON, 1993). A inclusão da vitamina E na dieta diminui sensivelmente sua incidência (OLIVO et al., 2001; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002) provavelmente inibindo a atividade da fosfolipase A2 estabilizando dessa maneira a membrana celular. A ação desta enzima tem sido apregoada como gatilho indicador das manifestações dos sintomas bioquímicos e fisiológicos resultando no PSE (SOARES et al., 2003b). Ademais, o manejo no momento que antecede ao abate é de grande importância bioquímica com reflexos na estrutura muscular, como é o caso de temperaturas ambientais extremas que promovem o estresse *ante-mortem* e podem causar a descoloração da carne de peito de frango (NORTHCUTT, 1997). Por outro lado, o emprego de banho por chuveiro de água fria em conjunto com a ventilação, oferece o bem estar às aves, colaborando no controle do PSE (GUARNIERI, 2003; GUARNIERI, et al. 2005).

De acordo com seus trabalhos, Barbut (1993, 1996, 1998) fez uso do sistema *Hunter L*a*b** (especialmente a variável L^*) como forma não destrutiva de determinar variações na qualidade da carne de frango, especialmente aquelas ligadas à síndrome PSE. Em trabalho recente, Olivo e Shimokomaki (2002) também utilizaram o valor L^* , demonstrando que o mesmo é um indicativo estatisticamente válido para determinação de PSE em carne de frango.

Um outro desvio de qualidade, é o denominado *DFD*, da sigla em Inglês para *Dark, Firm and Dry*, descrevendo as principais características encontradas neste tipo de carne: cor escura (*Dark*), textura firme (*Firm*) e seca (*Dry*). Ela é resultante das condições estressantes do manejo pré-abate. A diferença entre *PSE* e *DFD* é que o primeiro está associado ao estresse rápido, que ocorre imediatamente antes do abate, enquanto que o *DFD* está intimamente ligado ao estresse de longo período antes do abate (HEDRICK et al., 1993; LAWRIE, 1998; OWENS; SAMS, 2000). Animais que tenham sofrido estresse prolongado, exercícios físicos, exaustão durante o transporte, falta de alimentação, comportamento agressivo ou medo, causam depleção do glicogênio. A falta de glicogênio muscular, no momento da morte do animal, impedirá a formação quantitativa proporcional de ácido láctico. Por

consequente, o declínio do pH e a velocidade de instalação do *rigor mortis*, dar-se-ão de forma mais lenta do que o normal. O pH final da carne permanecerá relativamente elevado, em geral maior do que 6,0 ou até próximo aos valores fisiológicos (LAWRIE, 1998).

2.2.3 PRÉ-RESFRIAMENTO

Além das questões anteriormente citadas, as operações envolvidas no processamento da carne de frango, especialmente aquelas ligadas ao resfriamento *post mortem* são muito importantes para a sua qualidade final. A temperatura *post mortem* é um fator crítico para a obtenção da qualidade, sendo absolutamente necessário iniciar a redução da temperatura da carcaça tão logo possível após o sacrifício da ave. Com este procedimento, as reações bioquímicas *post mortem* ocorrem de forma compassada, evitando a rápida queda do pH muscular e a ação descontrolada das enzimas naturais proteolíticas, além de inibir o crescimento microbiológico (MASTROGIACOMO, 2006).

Existem dois métodos industrialmente utilizados para o pré-resfriamento de carcaças (MASTROGIACOMO, 2006):

- Imersão em tanques contínuos com água gelada (*chillers*): sistema adotado pelas empresas brasileiras e americanas, consistindo na passagem das carcaças em tanques contínuos com água gelada alimentada em contra-fluxo ao das carcaças. Divide-se em *pré-chiller* e *chiller*.
- Passagem em câmara com ventilação de ar forçado e gelado (*air chiller*): sistema utilizado na Europa, onde as carcaças passam por uma câmara refrigerada com ar gelado em contra-fluxo as mesmas.

No caso do pré-resfriamento por *chiller* (um anglicismo para resfriamento), que é o adotado no Brasil, as carcaças são suspensas em um sistema de transporte por trilhos (conhecido como *norea*) que as leva para o *pré-chiller*. Neste tanque, as mesmas entram com temperatura variando entre

38°C a 40°C e, através de movimento helicoidal contínuo, com auxílio de rosca sem fim dotada de pás auxiliares, recebem o primeiro choque térmico e lavagem, com água sob temperatura ambiental. Em continuidade, são automaticamente transportadas ao *chiller* resfriador com temperatura de 0°C, saindo do mesmo com temperatura de 4°C no centro do músculo peito. A seguir, as carcaças são novamente penduradas na norea, para possibilitar a perda do eventual excesso de água aderida e desta forma, garantir a absorção de umidade ao máximo de 8% (BRASIL, 1998).

2.2.4 EFEITOS DO CONGELAMENTO SOBRE A CARNE

O processo de congelamento tem importância crucial na preservação dos alimentos. Este processo é baseado no conceito de que, sob temperaturas inferiores, a maioria das reações químicas e microbiológicas apresenta baixas velocidades de reação, com a tendência a um aumento na vida-de-prateleira dos alimentos (MACKIE, 1993).

Quando uma carne sofre congelamento, este nada mais é que a transformação do estado físico líquido da umidade e de outros componentes coloidais, para o estado sólido, com remoção de energia do sistema e formação de cristais de água. Assim, as reações bioquímicas e os eventos físicos não cessam na carne, apenas diminuem de velocidade. Este conceito é muito importante, pois o processo de congelamento conserva a carne com qualidade por certo período de tempo, porém, não indefinidamente. Mesmo sob congelamento, muitas alterações podem ocorrer, como as físico-químicas (alterações oxidativas, entre outras) (MACKIE, 1993; TAUB; SINGH, 1998).

Como anteriormente discutido, aproximadamente 2/3 da massa da carne é constituída de água, o que influencia grandemente o processo de congelamento (FREIRE; FRANCO; OLIVO, 2006). A água, sob pressão de 1 atmosfera, congela a 0°C. No entanto, a carne é um sistema complexo, no qual a água não se apresenta pura, mas em solução com diversos solutos (sais, proteínas, entre outros). Por esta razão, seu ponto de congelamento é inferior ao da água pura. Então, mesmo a temperaturas mais baixas, nem toda água está completamente congelada, pois durante o processo de congelamento,

existem frações que ainda permanecem líquidas. Estas frações diminuem à medida que a temperatura se reduz e podem separar misturas eutéticas do fluído não congelado (NGAPO et al., 1999a).

É bem conhecido que a cristalização do gelo compreende dois passos: o primeiro é a formação do núcleo (nucleação) e a segunda é o posterior crescimento do mesmo a um cristal de tamanho específico (NGAPO et al., 1999b).

A Tabela 2, originalmente apresentada por Freire, Franco e Olivo (2006), mostra a relação entre a temperatura negativa e a respectiva percentagem de cristais, presentes em uma carne.

Quando a umidade do sistema cárneo sofre resfriamento abaixo do ponto de congelamento da água, os solutos presentes no sistema (proteínas, sais, entre outros) servem como base para a formação dos núcleos de cristalização, constituídos basicamente de um aglomerado nanométrico de moléculas de água (ZIAUDDIN et al., 1993).

Mantendo-se as condições de redução de temperatura, os núcleos formados tendem a sofrer arranjos espaciais que possibilitam a aglomeração de mais moléculas de água de forma ordenada, promovendo a formação de estruturas conhecidas como cristais. Este processo de cristalização ocorre até que ocorra o equilíbrio final entre sólidos-líquidos no sistema cárneo (MARTINO et al., 1998).

O aumento do tamanho dos cristais de gelo pode ocorrer durante o subsequente período de estocagem, devido à flutuação de temperatura de conservação, permitindo parcial descongelamento seguido de recongelamento (MACKIE, 1993). Estas flutuações na temperatura originam o fenómeno da recristalização (BEVILACQUA; ZARITZKY, 1982).

A palavra recristalização envolve qualquer mudança no número, tamanho, forma, orientação ou perfeição dos cristais em seguida ao término da solidificação inicial. Esta pode ser explicada com base nos princípios da termodinâmica de que todo o sistema tende a um estado mínimo de energia.

No caso de um agregado policristalino, o princípio da energia livre mínima indica uma tendência à redução do número de cristais seja pela absorção dos cristais menores de maior curvatura pelos cristais maiores (recristalização migratória) ou devido à agregação de cristais por contato (recristalização de acréscimo ou sinterização) (BEVILACQUA; ZARITZKY, 1982).

Tabela 2 - Relação entre temperatura de congelamento e a porcentagem de cristais de gelo, em uma carne.

Temperatura (°C)	Cristais de gelo (%)
-18	100
-10	75
-9	74
-8	72
-7	70
-6	67
-5	62
-4	57
-3	47
-2	25
-1,5	11
-1	0

Fonte: Olivo (2006), com permissão.

Conforme os fenômenos de cristalização acima discutidos, é esperado que a estocagem por congelamento produza efeitos profundos nas propriedades estruturais e químicas dos músculos, incluindo mudanças nas fibras musculares, lipídeos e proteínas, influenciando significativamente os atributos de qualidade de carnes e produtos cárneos (MILLER; ACKERMAN; PALUMBO, 1980).

Outros fatores como velocidade de congelamento e descongelamento também afetam a qualidade final da carne. Em geral, velocidades de

congelamento muito baixas resultam em danos às proteínas (MACKIE, 1993) e maiores perdas de exsudatos (AÑON; CALVELO, 1980), bem como, velocidades de descongelamento muito baixas (NGAPO et al., 1999a). Sob tais condições, cristais de gelo formam núcleos no fluido extracelular das fibras musculares. Havendo tempo, a água se difunde do interior da célula para o exterior, no sentido do cristal de gelo, que está em crescimento. Com isso, podem se formar estruturas grandes, ou seja, com tamanhos suficientes para perfurar e causar injúria às membranas (BEVILACQUA; ZARITZKY, 1982).

A formação destes cristais devido a variações térmicas na estocagem, velocidade de congelamento e descongelamento apresenta grande impacto sobre a qualidade final da carne, por induzir a perda de fluídos (exsudatos), principalmente quando do descongelamento final. A perda dos fluídos resultantes da injúria pelo frio, em geral, reduz a capacidade de retenção de umidade, a qualidade sensorial e nutricional, bem como o peso da carne (NGAPO et al., 1999b).

2.2.5 CADEIA DE FRIO NO BRASIL

Nos últimos anos, especialmente devido ao aumento das exportações de carne de frango, houve um desenvolvimento da logística frigorificada no país. Porém, esta ainda apresenta sérios problemas que vão desde os estruturais até os culturais (BORRÉ; AGITO, 2005).

A existência de uma malha rodo-ferroviária deficitária e em péssimas condições de conservação, equipamentos obsoletos e mal utilizados, além de uma cultura da “má informação” sobre as corretas formas de conservação da carne de frango, tanto da parte dos transportadores e armazenadores quanto dos consumidores gera situações críticas a qualidade (MALIVERNI, 2004).

Além disso, a localização geográfica do Brasil, com clima tropical aonde no verão as temperaturas chegam facilmente aos 35°C, dificulta ainda mais a manutenção das condições de frio necessárias à manutenção dos aspectos de qualidade da carne de frango (BORRÉ; AGITO, 2005).

A soma de todos os fatores descritos gera um ambiente propício ao aparecimento de desvios de qualidade ligados a variações térmicas na manutenção da carne de frango (MALIVERNI, 2004).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o efeito das variações térmicas, durante o armazenamento sob congelamento, na perda de umidade em carcaças de frango.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar, em carcaças de frango, as conseqüências das oscilações de temperatura, durante o congelamento, na capacidade de retenção de água pela carne e no subsequente resultado de *Drip Test*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AMOSTRAGEM

Todas as amostras de carcaças de frango utilizadas nesta pesquisa foram das linhagens Cobb e Ross, com idade entre seis a sete semanas de vida e de peso vivo entre 2,4 a 2,7 kg. Foram coletadas em abatedouros-frigoríficos devidamente registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e processadas conforme normas estabelecidas na Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998).

Portanto, as amostras de frangos foram sacrificadas, sofrendo os processos industriais rotineiros, como o atordoamento elétrico, sangria, escalda, depenagem e evisceração. Após a etapa de evisceração, foram selecionados carcaças com peso entre 1,8 a 2,2 kg, as quais foram introduzidas no sistema de pré-resfriamento contínuo por água (*chillers*), resultando em temperatura final de $3^{\circ}\text{C}(\pm 2)$ e com absorção de umidade, em média, não superior a 6%, conforme determinado por BRASIL (1998). A absorção real média obtida foi de $5,63 (\pm 1,63)\%$.

4.2 MODELOS EXPERIMENTAIS

Esta pesquisa foi realizada sob duas condições experimentais de armazenamento sob congelamento: **a)** Ensaio Comercial e **b)** Ensaio Modelo. A Figura 4 apresenta um fluxograma dos procedimentos adotados.

Figura 4: Fluxograma dos procedimentos realizados nos ensaios experimentais

4.2.1 ENSAIO COMERCIAL

Este estudo foi realizado no período compreendido entre Janeiro de 2005 a Janeiro de 2006, na região Sul do Estado de Santa Catarina, com o objetivo de simular condições comerciais. As carcaças (n=120) obtidas conforme item 4.1 foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno e imediatamente submetidas ao processo de congelamento em túnel estático, com temperatura de $-30(\pm 5)^{\circ}\text{C}$, pelo tempo de $15(\pm 2)$ horas, até atingirem a temperatura de $-15(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ no centro do músculo *Pectoralis major* (peito). Foram então transferidas a uma câmara de estocagem, com temperatura controlada de $-15(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ e divididas em dois Grupos Experimentais: **a)** Sob condições críticas de armazenamento e **b)** Sob condições ideais de armazenamento.

O tempo de acompanhamento de ambos os grupos de amostras foi de 120 dias e a temperatura das mesmas foi monitorada por registrador termográfico (Modelo VIP 5, Qualitem). As análises (descritas nos itens 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4) foram realizadas com periodicidade aproximada de 30 dias.

4.2.1.1 SOB CONDIÇÕES “IDEAIS” DE ARMAZENAMENTO

As amostras (n=60) sob esta condição foram mantidas sob pequena variação térmica, tendo sido armazenadas ininterruptamente sob temperatura controlada de $-15(\pm 3)^{\circ}\text{C}$, por 120 dias.

4.2.1.2 SOB CONDIÇÕES “CRÍTICAS” DE ARMAZENAMENTO

As amostras (n=60) sob esta condição sofreram grande variação térmica, procurando simular condições críticas comerciais que normalmente ocorrem no armazenamento, transporte e exposição no varejo. Para o referido efeito, as carcaças foram em intervalos de 7 (sete) dias, retiradas da câmara de estocagem. Permaneceram em área de antecâmara com temperatura de $5(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ pelo tempo de aproximadamente 8 horas até atingirem $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ no centro do músculo *P. major* (peito). Após este procedimento, as amostras voltaram à condição ideal de conservação, completando, no final de 120 dias, o

total de 16 ciclos de simulação de condição crítica, com a elevação e abaixamento de temperatura.

4.2.2 ENSAIO MODELO

O estudo modelo foi realizado em laboratório, no período compreendido entre Fevereiro de 2006 a Outubro de 2006, com dois objetivos: **a)** Determinar a(s) faixa(s) de temperaturas críticas de conservação, com base nos resultados de *Drip Test*, conforme técnica descrita no item 4.3.4 e, **b)** Estudar os parâmetros de qualidade nas amostras conservadas na(s) faixa(s) de temperaturas crítica(s).

4.2.2.1 DETERMINAR AS FAIXAS CRÍTICAS DE CONSERVAÇÃO

Foram realizadas três repetições, com amostragem de 70 carcaças de frango por repetição (n=210). As amostras foram obtidas na região Noroeste do Estado de São Paulo, conforme item 4.1, onde foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno e imediatamente submetidas ao processo de congelamento em túnel estático, com temperatura de $-30(\pm 5)^{\circ}\text{C}$, pelo tempo de $15(\pm 2)$ horas, até atingirem a temperatura de $-15(\pm 3)^{\circ}\text{C}$ no centro do músculo *P. major* (peito). Então foram imediatamente transportadas, em sistema isotérmico constituído de caixas de isopor devidamente fechadas, pelo tempo máximo de 3 horas, ao laboratório situado na cidade de São Paulo.

As amostras foram então divididas em sete grupos, sendo cada grupo conservado numa determinada faixa de temperatura, que variou de 0 a $-18(\pm 2)^{\circ}\text{C}$, a intervalos de três graus centígrados, conforme apresentado na Tabela 3.

Cada grupo de amostras foi ininterruptamente mantido em congelador (*freezer*) convencional (Modelo 240-horizontal, Cònsul), ajustado à temperatura estabelecida, conforme Tabela 3, e monitorado por controlador eletrônico (Modelo MCS235N, Tholz).

A cada intervalo regular de 7 dias, ao total de 28 dias, amostras de carcaças (n=6) de cada grupo foram descongeladas de acordo com o método de *Drip Test* (BRASIL, 1998) descrito no item 4.3.4.

Tabela 3: Grupos e respectivas faixas de temperaturas de conservação das carcaças de frango, adotadas para o ensaio modelo.

Grupos de Amostras	Faixas de Temperaturas de Conservação (°C)
1	0 (± 2)°C
2	-3 (± 2)°C
3	-6 (± 2)°C
4	-9 (± 2)°C
5	-12 (± 2)°C
6	-15 (± 2)°C
7	-18 (± 2)°C

Com base nos resultados obtidos, foram selecionadas as faixas de temperatura onde ocorreu a perda de líquido (*Drip Test*) próximo ou superior ao nível de 6%, considerado crítico para fins deste estudo. Os grupos que se enquadraram neste caso foram $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e o $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

4.2.2.2 ESTUDO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE PARA AS FAIXAS CRÍTICAS

A partir do conhecimento das faixas críticas de conservação sob congelamento, ou seja, os Grupos $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$, que geraram resultados de *Drip Test* (conforme técnica descrita no item 4.3.4) próximo ou

superior a 6%, novas amostras foram estudadas. Em três repetições (n=40 por repetição), carcaças de frango foram coletas conforme item 4.2.2.1 e conservadas pelo período de 70 dias em suas respectivas faixas de temperaturas, a saber, $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

A cada intervalo médio de 7 dias, ao total de 28 dias, amostras de carcaças (n=6) de cada grupo foram descongeladas de acordo com o método de *Drip Test* (BRASIL, 1998) descrito no item 4.3.4.

Foram coletados os exsudatos resultantes dessa análise de *Drip Test* e destinados à análise de perfil protéico (descrito no item 4.3.8).

Após o descongelamento (*Drip Test*) das carcaças, foi anatomicamente retirado o músculo *Pectoralis major* (peito) para a elaboração da análise de capacidade de retenção de água (CRA) (descrita no item 4.3.5), análise de perda de umidade no cozimento (descrita no item 4.3.6), quantificação de gel protéico (descrita no item 4.3.7), análise do teor de proteína no exsudato (descrita no item 4.3.8), análise do perfil protéico do exsudato (descrita no item 4.3.9) e análise histológica (descrita no item 4.3.10).

4.3 ANÁLISES REALIZADAS

4.3.1 ANÁLISE DE pH

A medida do pH foi realizada por meio de potenciômetro (pHmetro Modelo 230, Testo) com eletrodo de vidro adaptado ao uso em carnes. O eletrodo foi inserido diretamente no músculo *Pectoralis major* (peito), mais precisamente na região cranial do mesmo, conforme procedimento adotado por OLIVO et al. (2001).

4.3.2 ANÁLISE DE COR

Para determinação objetiva da cor foi usado o colorímetro (Modelo CR-10, Minolta), programado com o Sistema $L^*.a^*.b^*$ de acordo com a CIALAB (do

francês: *Commission Internationale de L'éclairage*: Comissão Internacional de Iluminação/Cor), sendo L* a medida da luminosidade, a* a intensidade da cor vermelha e b* a intensidade da cor amarela. O feixe de luz foi emitido na região reversa do músculo *P. major*, conforme procedimento adotado por OLIVO et al. (2001).

4.3.3 RAZÃO a*/b*

A razão entre valores positivos do componente a* e os valores positivos do componente b*, foram usados para estimar o teor de oximioglobina e de metamioglobina presentes na superfície reversa das amostras do músculo *Pectoralis major*, conforme proposto por Stewart, Zipser e Watts (1965) e adotado por Wanous, Olson e Kraft (1989), Liu, Lanari e Schaefer (1995) e Garber et al. (1996). Com este procedimento, valores que apresentaram tendência igual a 1 (um) continham maior teor de oximioglobina, em detrimento aos valores com tendência a zero, com maior teor de metamioglobina.

4.3.4 ANÁLISE PERDA DE UMIDADE POR DESCONGELAMENTO (DRIP TEST) EM CARCAÇAS

A perda por descongelamento foi realizada conforme método determinado pela Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998). As carcaças embaladas em sacos plásticos de polietileno foram descongeladas por tempo determinado pela técnica, em banho-maria aquecido e padronizado a 45°C. A perda foi calculada com base no peso inicial e final da amostra. O exsudado resultante do descongelamento foi armazenado sob congelamento a -18°C, para a realização das análises de teor de proteína e perfil protéico, conforme descritas, respectivamente, nos itens 4.3.8 e 4.3.9.

4.3.5 ANÁLISE DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Foi empregada a técnica descrita por Barbut (1993), com modificações. Uma fração do músculo *Pectoralis major* foi moído e misturado, sob agitação leve e constante por 2 minutos, na proporção de 20% de seu peso, à salmoura

resfriada a 5°C, cuja composição está apresentada na Tabela 4. O homogenato obtido foi mantido em refrigerador tipo doméstico (Modelo Compacto 120, Cònsul) por 30 minutos a 5°C e posteriormente adicionado a tubos de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml e centrifugados (Modelo Multi-RF, IEC Thermo Electron Corporation) por 10 minutos a 10.000 rpm. O sobrenadante foi descartado e o material centrifugado foi pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa em porcentagem de água retida.

Tabela 4 - Composição da salmoura

INGREDIENTES	%
Água destilada (3°C)	93,4
Cloreto de sódio (PA)	4,3
Tripolifosfato de sódio (PA)	2,3
TOTAL	100,0

4.3.6 ANÁLISE DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO

Para a medida da perda de umidade no cozimento foi utilizada a técnica descrita por Olivo e Barbut (2004). Amostras íntegras de filé de peito (*Pectoralis major*) retiradas de carcaças previamente submetidas à análise de *Drip Test* (item 4.3.4) foram moídas e misturadas, sob agitação leve e constante por 2 minutos, na proporção de 20% de seu peso, à salmoura resfriada a 5°C, cuja composição está apresentada na Tabela 4.

O homogenato obtido foi mantido em refrigerador (Modelo Compacto-120, Cònsul) por 30 minutos a 5°C e adicionado a tubos de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml. Estes foram centrifugados (Modelo MultiRF, IEC Thermo Electron Corporation) a 1000 rpm

por 5 segundos, como forma de retirar as eventuais bolhas formadas. Os tubos assim preparados foram fechados e levados ao cozimento em banho-maria (Modelo RM20, Lauda), cuja temperatura inicial foi ajustada para 30°C, com incrementos de 10°C a cada 10 minutos, até a temperatura final de 85°C. Ao atingirem, em seu centro geométrico a temperatura de 75°C, os tubos foram retirados do banho-maria e abertos. Seu eventual sobrenadante foi reservado. Os tubos foram invertidos sobre papel absorvente e após 15 minutos, foram pesados (sem tampa). A perda de umidade no cozimento, expressa em porcentagem, foi calculada conforme formula abaixo:

$$\text{PUC} = \frac{(\text{Phi} - \text{Phf}) \times 100}{\text{Phi}}, \text{ onde:}$$

PUC: Perda de umidade no cozimento (%)

Phi: Peso inicial (antes do cozimento) do homogenato (g)

Phf: Peso final (após cozimento) do homogenato (g)

4.3.7 QUANTIFICAÇÃO DE GEL PROTÉICO

A quantificação de gel protéico foi realizada conforme técnica proposta por Olivo e Barbut (2004). O exsudado e as amostras cozidas obtidas na medida de perda de umidade no cozimento (item 4.3.6) foram mantidas em refrigeração por 12 horas a 3(±2)°C. Após este período, o gel protéico exsudado foi cuidadosamente raspado da superfície das amostras cozidas. O gel obtido foi adicionado ao exsudado e todo o material foi centrifugado (Modelo MultiRF, IEC Thermo Electron Corporation) a 10.000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e o gel obtido foi quantificado. A porcentagem de gel protéico exsudado foi calculada considerando o peso inicial (não cozido) das amostras.

4.3.8 ANÁLISE DO TEOR DE PROTEÍNA SOLÚVEL DO EXSUDATO

O exsudato obtido após a análise de *Drip Test* das carcaças (item 4.3.4), foi centrifugado (IEC MultiRF – fabricante: Thermo Electron Corporation) por 10 minutos a 10.000 rpm e o sobrenadante obtido foi submetido à análise do teor de proteína, por meio da reação colorimétrica com reagente de Biureto, conforme técnica descrita por AOAC (1995).

4.3.9 ANALISE DO PERFIL PROTÉICO DO EXSUDATO

O exsudado obtido após a análise de *Drip Test* das carcaças (item 4.3.4) foi submetido à separação por cromatografia de coluna de gel, sendo utilizado como meio o gel de filtração (Modelo Sephacryl S-100 HR, GE Healthcare) em coluna de vidro 670 x 30 mm (Pharmacia Biotech Co.), previamente empacotada. Uma alíquota de 1 ml da amostra foi adicionada à coluna, sendo utilizado como fase móvel tampão 0,1M Tris-HCl (pH 7,5), a uma taxa de 4 ml/h, conforme instruções do fabricante do gel. As frações resultantes da separação foram recolhidas em tubos de ensaio, por meio de fracionador (Modelo LKB-FRAC-100, Pharmacia Biotech), submetidas à leitura em espectrofotômetro (Modelo B582, Micronal) ajustado para absorbância em comprimento de onda de 280 nm. Dos resultados obtidos, foram montados os cromatogramas e os perfis de separação das frações. As frações foram posteriormente submetidas à eletroforese em gel de poliacrilamida a 15% (SDS-PAGE), conforme técnica descrita por Laemmli (1970), visando comparar os eletroforegramas.

4.3.10 ANÁLISE HISTOLÓGICA

Foram realizadas análises histológicas das estruturas celulares do tecido muscular do *Pectoralis major*, com adoção de técnicas descritas por Bancroft e Stevens (1996) e Junqueira (2004). Foram realizados cortes histológicos (n=120) de 10mm, no sentido das fibras do músculo, da sua região crânio-ventral, desprezando 5 mm na região da superfície. Os cortes foram fixados em solução de Bouin (solução de ácido pícrico, formol e ácido acético) por 24 horas, sendo posteriormente submetidos ao tratamento por banhos sucessivos

em etanol e xilol, visando a sua desidratação e fixação das estruturas histológicas. Em seguida, foi realizada a emblocagem dos cortes em parafina e seu posterior corte em micrótomo (N35, American Optical Co.) ajustado para espessura de 5 μ m. Os cortes foram desparafinizados e coloridos com Hematoxilina e Eosina. As estruturas coradas foram observadas em microscópio ótico (Modelo BX 60, Olympus), dotado de câmara digital.

4.3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para efeitos de comparação entre as médias dos resultados, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) por meio de seu teste *Post hoc* Tukey (HSD). Para correlação entre os resultados obtidos, foi utilizado o teste de correlação de matrizes. Ambos testes foram efetuados através do programa Statistica, versão 6.0 (STATSOFT, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENSAIO COMERCIAL

5.1.1 VARIAÇÕES TÉRMICAS

Os resultados das variações térmicas às quais as carcaças de frango (n=120) foram submetidas durante período de armazenamento por 120 dias, sob condições comerciais simuladas, denominadas de Ensaio Comercial, estão apresentados na Tabela 5.

O Grupo Crítico (A) apresentou larga faixa de variação de temperatura, oscilando -2,45°C a -20,2°C, com um Δt de 17,75°C, caracterizando as condições de variação térmica consideravelmente extrema.

Tabela 5 - Variações térmicas durante o processo de armazenamento

Tratamento	T°C (x)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	$\Delta T^{\circ}C$
Grupo Crítico (A)	-13,14 ($\pm 4,52$) ^a	-20,2	-2,45	17,75
Grupo ideal (B)	-15,02 ($\pm 1,19$) ^b	-19,08	-11,28	7,8

n=110 Médias por linhas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

As carcaças do grupo ideal (B) foram submetidas a uma variação térmica não crítica, com Δt de apenas 7,8°C. Este grupo B simulou condição de conservação ideal, pois na prática industrial e comercial internacional se admite a temperatura de -12°C como a limiar superior para o transporte e conservação de carcaças de frango. Como pode ser observada na Figura 5, mostrando os gráficos de controle, a temperatura de conservação não ultrapassou o -12°C durante o maior tempo do experimento, atingindo o extremo de -11,28°C somente no período final de conservação.

Figura 5: Comportamento das temperaturas das carcaças durante o período de armazenamento

5.1.2 ANÁLISES APÓS O DESCONGELAMENTO.

Os resultados dos ensaios de propriedades funcionais (*Drip Loss*, pH e L^* , a^* , b^*), realizadas em amostras de carcaças dos Grupos Crítico (A) e Ideal (B) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Resultados de análises - Grupo Crítico (A)

Tempo (dias)	<i>Drip Loss</i> (%)	pH	L^*	a^*	b^*	a^*/b^*
3	4,77 ($\pm 1,24$) ^a	5,97 ($\pm 0,26$) ^a	48,19 ($\pm 2,31$) ^a	1,94 ($\pm 0,78$) ^a	17,29 ($\pm 1,45$) ^a	0,11 ($\pm 0,045$) ^a
30	5,38 ($\pm 1,12$) ^{a,b}	6,07 ($\pm 0,25$) ^a	47,66 ($\pm 3,00$) ^a	2,69 ($\pm 1,07$) ^{a,b,c}	18,63 ($\pm 1,57$) ^{a,b}	0,14 ($\pm 0,056$) ^a
60	6,85 ($\pm 1,81$) ^c	6,04 ($\pm 0,17$) ^a	49,98 ($\pm 2,90$) ^{a,b}	3,61 ($\pm 1,47$) ^{c,d,e}	20,17 ($\pm 1,88$) ^c	0,18 ($\pm 0,066$) ^b
90	8,31 ($\pm 1,97$) ^d	6,01 ($\pm 0,14$) ^a	52,35 ($\pm 3,04$) ^b	4,28 ($\pm 1,64$) ^{d,e}	12,58 ($\pm 2,12$) ^{d,e}	0,34 ($\pm 0,116$) ^{c,d}
120	10,26 ($\pm 0,87$) ^e	6,07 ($\pm 0,29$) ^a	52,94 ($\pm 4,37$) ^b	4,57 ($\pm 1,13$) ^e	13,18 ($\pm 1,72$) ^e	0,35 ($\pm 0,087$) ^d

n=24 Médias por linhas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

Tabela 7 - Resultados de análises - Grupo ideal (B)

Tempo (dias)	<i>Drip Loss</i> (%)	pH	L^*	a^*	b^*	a^*/b^*
3	5,19 ($\pm 1,13$) ^a	5,89 ($\pm 0,14$) ^a	47,22 ($\pm 7,53$) ^a	4,72 ($\pm 1,94$) ^a	13,43 ($\pm 1,61$) ^a	0,35 ($\pm 0,14$) ^a
30	4,68 ($\pm 1,12$) ^a	5,94 ($\pm 0,28$) ^a	49,74 ($\pm 3,39$) ^a	4,22 ($\pm 1,08$) ^a	13,94 ($\pm 1,79$) ^a	0,30 ($\pm 0,06$) ^a
60	4,88 ($\pm 1,27$) ^a	5,73 ($\pm 0,17$) ^b	49,08 ($\pm 3,41$) ^a	3,92 ($\pm 1,03$) ^a	13,30 ($\pm 1,86$) ^a	0,30 ($\pm 0,07$) ^a
90	4,99 ($\pm 0,85$) ^a	5,70 ($\pm 0,20$) ^b	49,12 ($\pm 2,76$) ^a	4,31 ($\pm 0,77$) ^a	14,11 ($\pm 1,52$) ^a	0,31 ($\pm 0,06$) ^a
120	4,86 ($\pm 0,84$) ^a	5,81 ($\pm 0,16$) ^{a,b}	47,51 ($\pm 2,79$) ^a	4,54 ($\pm 1,21$) ^a	13,08 ($\pm 1,41$) ^a	0,34 ($\pm 0,08$) ^a

n=24 Médias por linhas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

5.1.2.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (*DRIP LOSS*)

Foi encontrada correlação positiva ($R^2=0,76$ e $p<0,05$), conforme pode ser visto na Tabela 8, entre o aumento do tempo de armazenamento e a perda de água no descongelamento (*Drip Loss*) para o Grupo Crítico (A). Para este grupo, a perda de umidade no descongelamento a partir dos 60 dias de armazenamento,

foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) e superior quando comparada com as perdas encontradas no Grupo ideal (B) (Tabela 7).

Na Figura 6 também se verifica que, a partir dos 90 dias de armazenamento, os valores de *Drip Loss* foram superiores aos determinados pela Portaria nº 210 (BRASIL, 1998). Os resultados foram 8,31 ($\pm 1,97$)% e 10,26 ($\pm 0,87$)%, respectivamente para o 90º dia (3 meses) e 120º dia (4 meses) de armazenamento.

Estes resultados encontrados e em desacordo com a legislação vigente, possivelmente ocorreram devido às variações extremas na temperatura de armazenamento sob congelamento. É bem claro na literatura que as variações extremas provocam recristalizações e conforme Huber e Stadelman (1970), quanto mais elevada for a temperatura (mais próxima do ponto de fusão do gelo) mais intensa será a recristalização. Este fenômeno pode promover o rompimento das fibras e outros constituintes da carne, possibilitando maior perda da umidade quando do descongelamento.

O grupo ideal (B) não apresentou diferenças significativas entre os valores de perda por descongelamento (*Drip Loss*) em relação ao tempo de armazenamento, conforme pode ser visto na Tabela 7. Tal fato é corroborado por Bevilacqua e Zaritzky (1982), que afirmaram que quando a temperatura é constante, a recristalização migratória ocorre a uma taxa significante apenas quando a amostra apresenta cristais de gelo com diâmetros menores que 2μ . Por outro lado, temperaturas flutuantes aumentam a recristalização migratória mesmo se os cristais tiverem tamanhos maiores.

Figura 6: Comportamento dos valores de *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento para o Ensaio Comercial.

As velocidades de congelamento e descongelamento também influenciam os valores de *Drip Loss*. Vários trabalhos estudaram as velocidades de congelamento e existe um consenso de que o congelamento rápido diminui os valores de *Drip Loss*, devido a formação de pequenos cristais de gelo (CRIGLER; DAWSON, 1968; PETROVIĆ, GRUJIĆ, PETROVIĆ, 1993; NGAPO et al, 1999a). Este fenômeno foi possivelmente uma das causas do aumento gradativo dos valores de *Drip Loss* para as amostras do Grupo Crítico (A). Neste Grupo Crítico as amostras foram retiradas do ambiente de congelamento (-25°C) e mantidas em área com temperatura em torno de 10°C durante períodos aproximados de 8 horas, em intervalos de 2 dias, durante todo o período de estudo. Ao retornarem à câmara, o tempo necessário para o recongelamento das áreas descongeladas foi muito lento, como pode ser visto na Figura 5, possibilitando assim a recristalização.

Tabela 8 - Correlações entre tempo de armazenamento e valores de *Drip Loss*

	Tempo Armazenamento	<i>Drip</i> Crítico (A)	<i>Drip</i> Ideal (B)
Tempo Armazenamento	-	0,76	-0,089ns
<i>Drip</i> Crítico (A)	0,76	-	-
<i>Drip</i> Ideal (B)	-0,089ns	-	-

ns - correlações não significativas ($p > 0,05$)

Conforme trabalho de Sahagian e Goff (1996), durante o congelamento lento, a temperatura da carne está igual ou próxima à isoterma de congelamento decrescente e, como consequência, poucos núcleos são formados, porém cada um deles cresce extensivamente.

De acordo com Ngapo et al. (1999b), existe uma tendência de que velocidades menores de descongelamento produzam valores maiores de *Drip Loss*, em carne suína, devido à recristalização que pode ocorrer nas diferentes camadas da carne. Porém, Yu et al. (2005), trabalhando com peito de frango,

obteve maiores valores de *Drip Loss* para descongelamento a 18°C do que em temperaturas de 2°C e 0°C. Ziauddin, et al. (1993), estudando carne de búfalo, também encontrou valores maiores de *Drip Loss* em processos de descongelamento mais rápidos. Nos ensaios de descongelamento realizados no presente trabalho, foram seguidas as determinações da Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998), onde as carcaças de aves foram mantidas em banho isotérmico controlado a 42°C, até que a temperatura no centro da ave atingisse 4°C. Este tempo de residência no banho-maria variou entre 120 a 150 minutos, podendo este método ser considerado rápido quando comparado com os métodos utilizados pelos autores citados anteriormente. A velocidade de descongelamento parece não ter afetado os resultados de *Drip Loss* nos ensaios realizados, uma vez que as condições de descongelamento foram as mesmas para ambos grupos.

5.1.2.2 pH

Os valores de pH obtidos não apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos estudados (Tabela 9). Tal fato demonstra não ter ocorrido influência do pH em relação às perdas no descongelamento nas amostras estudadas, especialmente aquelas encontradas no Grupo Crítico (A), como era esperado. De acordo com experimentos realizados por Olivo et al. (2001), valores de pH inferiores a 5,7 dentro de tempo *post mortem* de 15 minutos e valores de L* superiores a 53 acarretam o desenvolvimento de carnes de frango com características PSE. Por outro lado, em experimentos realizados por Schneider (2004) e Soares et al. (2003a, 2003b), valores de pH superiores a 6,05 e valores de L* inferiores a 44, levam a carnes de frango com características DFD. Apesar de certos valores de pH do Grupo Crítico (A) apresentarem-se dentro da faixa de DFD, os respectivos valores de L* não corroboram a hipótese da influência deste fenômeno nos valores de *Drip Loss*.

Contudo, como os resultados de pH foram obtidos após o armazenamento e descongelamento das carcaças, este fato pode explicar a ausência de valores significativos, uma vez que todas as principais reações

bioquímicas que ocorrem no músculo foram paralisadas pela ação do congelamento imediato.

Tabela 9 – Correlações entre pH e *Drip Loss* nos grupos crítico (A) e ideal (B)

	pH – Crítico (A)	pH – Ideal (B)	<i>Drip</i> Crítico (A)	<i>Drip</i> Ideal (B)
pH – Crítico (A)	-	-0,1041 ^{ns}	-0,0856 ^{ns}	-
pH – Ideal (B)	-0,1041 ^{ns}	-	-	0,02007 ^{ns}
<i>Drip</i> Crítico (A)	-0,0856 ^{ns}	-	-	-
<i>Drip</i> Ideal (B)	-	0,02007 ^{ns}	-	-

ns - correlações não significativas (p>0,05)

5.1.2.3 COR

Os resultados de L* (luminosidade), a* (intensidade da cor vermelha), b* (intensidade da cor amarela) e razão a*/b* (equilíbrio entre formação de oximioglobina/metamioglobina), para as amostras do Grupo ideal (B), não apresentaram alteração em relação ao tempo de armazenamento, mantendo-se praticamente inalterados (Tabela 7). As pequenas variações térmicas as quais o Grupo B foi submetido não influenciaram seu aspecto de cor, uma vez que não ocorrendo recristalização, as estruturas das fibras mantiveram-se intactas, não expondo os pigmentos à ação do oxigênio e não promovendo desnaturação protéica significativa (MACDOUGALL, 1982). Por outro lado o Grupo Crítico (A) apresentou correlações muito significativas em relação tempo de armazenamento (Tabela 10). Na referida tabela, verifica-se um aumento dos valores de a* ($R^2=0,60$) e L* ($R^2=0,33$) com o passar do tempo, demonstrando uma maior formação de coloração vermelha, apesar do aumento da palidez (valor de L*). Também se observa uma forte correlação na razão a*/b* ($R^2=0,74$), demonstrando uma maior formação de oximioglobina em relação ao tempo de armazenamento. Existem evidências de que a carne bovina

apresenta aumento nos valores de L^* e de a^* durante seu armazenamento, quando submetida a altas temperaturas durante o *rigor mortis*. (FAROUK; SWAN, 1998).

Todas as amostras do presente trabalho foram colhidas sob a mesma condição de temperatura de *rigor mortis*, além de serem de espécie animal diferente.

Tabela 10 - Correlações entre o tempo de armazenamento, razão a/b, L^* , a^* e b^* para o Grupo Crítico (A)

	Tempo de armazenamento	Razão a/b	L^*	a^*	b^*
Tempo de armazenamento	-	0,74	0,33	0,60	-0,54
Razão a/b	0,74	-	0,09 ^{ns}	0,89	-0,57
L^*	0,33	0,09 ^{ns}	-	0,09 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
a^*	0,60	0,89	0,09 ^{ns}	-	-0,15 ^{ns}
b^*	-0,54	-0,57	-0,06 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-

ns - correlações não significativas ($p > 0,05$)

Uma hipótese para explicar o aumento da razão a^*/b^* e os valores de a^* seria o acúmulo de pigmentos heme nas regiões entre as fibras musculares devido à perda de líquido intracelular e intersticial, resultado dos danos causados às células pelas variações térmicas. Uma vez que, a perda de líquido com o passar do tempo de armazenamento foi se tornando maior, denotando um maior dano celular, este acúmulo de pigmento heme foi sendo progressivamente maior. Como as medidas de cor foram realizadas imediatamente após o descongelamento da carne, o oxigênio do ar em contato com as estruturas celulares danificadas causou um progressivo aumento no teor de oximioglobina.

Os danos causados às estruturas celulares e a eventual desnaturação do pigmento heme, também podem explicar o aumento, mesmo que mais discreto, dos valores de L^* . Com o aumento da presença de líquido intracelular na superfície muscular, ocorre uma maior birrefringência, fazendo com que o raio luminoso incidente não seja absorvido, mas refletido ao meio externo, aumentando os valores de L^* . Vários autores (OLIVO, 2006; MCKEE; SAMS, 1998, BARBUT, 1998) têm associado este aumento na palidez da carne de frango a fenômenos ligados ao pH da carne, principalmente o PSE. Os danos celulares podem explicar os valores de L^* nos tempos 90 e 120 dias para o Grupo Crítico (A) como próximos daqueles normalmente encontrados em carnes PSE.

5.2 ENSAIO MODELO

Após a obtenção dos resultados do item: 5.1 Ensaio Comercial foram realizados os Ensaio considerados Modelo, em escala laboratorial e sob condições experimentais controladas. Para este caso, amostras de carcaças de frango foram conservadas sob faixas de temperatura previamente determinadas, conforme apresentado na Tabela 3. O objetivo desta fase da pesquisa foi o de encontrar eventuais faixas de temperaturas, sob congelamento, que pudessem mostrar-se como críticas em termos de causar injúria às membranas da carne. Em consequência, possibilitar resultados de *Drip Test* em desacordo ao estabelecido pela legislação, levando a valores irreais e perdas nutricionais e econômicas.

5.2.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (*DRIP TEST*)

A Tabela 11 traz os resultados do ensaio de determinação de faixas de temperatura crítica baseado nos valores de *Drip Loss*. Não existem diferenças estatísticas entre as faixas estudadas, com exceção do Grupo 0(± 2)°C que se apresentou diferente em relação às demais. Tal resultado era esperado, uma vez que sua temperatura era muito próxima da temperatura de fusão do gelo e o efeito da recristalização muito intenso (HUBER; STADELMAN, 1970). Esse fato pode ser explicado pelo curto tempo de armazenamento, ao qual esse

grupo foi acompanhado, pois ocorreu deterioração microbiana, nas respectivas amostras, as quais apresentaram odor e cor característicos dessa alteração.

Tabela 11 - Resultados de perda de água por descongelamento (*Drip Loss*) - ensaio de faixa de temperatura

Armazenamento (dias)	0(±2)°C	-3(±2)°C	-6(±2)°C	-9(±2)°C	-12(±2)°C	-15(±2)°C	-18(±2)°C
Perda por descongelamento (%)							
0	8,81(±1,93) ^a	7,18(±2,38) ^b	5,77(±2,46) ^b	5,03(±0,89) ^b	5,83(±1,33) ^b	4,49(±0,15) ^b	4,06(±1,59) ^b
7	12,90(±3,71) ^a	7,72(±3,96) ^b	5,92(±1,18) ^b	5,00(±0,01) ^b	5,76(±1,16) ^b	5,34(±2,09) ^b	6,25(±1,13) ^b
14	8,39(±0,79) ^a	6,23(±2,64) ^b	5,00(±0,00) ^b	4,89(±1,68) ^b	4,98(±1,11) ^b	5,39(±2,02) ^b	6,96(±4,95) ^b
21	9,95(±2,12) ^a	7,76(±3,91) ^b	5,58(±0,41) ^b	3,57(±0,58) ^b	5,23(±0,56) ^b	6,26(±1,30) ^b	4,96(±0,96) ^b
28	7,47(±5,91) ^a	6,22(±1,05) ^b	3,94(±0,96) ^b	4,94(±1,21) ^b	6,73(±2,85) ^b	4,71(±0,01) ^b	4,09(±0,94) ^b
Médias	9,50(±2,10)	7,02 (±0,76)	5,24 (±0,81)	4,69 (±0,63)	5,71 (±0,67)	5,24 (±0,69)	5,26 (±1,30)

n=6 Médias por colunas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

5.2.1.1 PERDA POR DESCONGELAMENTO (*DRIP TEST*) PARA FAIXAS CRÍTICAS

Com base nas médias obtidas para cada faixa e na proximidade com o valor extremo do grupo 0(±2)°C, foram determinados os Grupos -3(±2)°C e -6(±2)°C, para fins de simulação das condições de armazenamento críticas.

Os resultados obtidos de *Drip Loss* para as faixas críticas de armazenamento escolhidas (Grupos $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$) estão expressos na Tabela 12 e na Figura 7. Verifica-se uma correlação significativa ($R^2=0,55$ e $p<0,05$) entre o tempo de armazenamento e os valores de *Drip Loss* (Tabela 13). Este fato corrobora os dados obtidos no ensaio comercial para o Grupo Crítico (A) ($R^2=0,76$), onde a alta variação térmica provocou o fenômeno da recristalização. Este fenômeno pode ter se repetido nas amostras da faixa $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$, apesar da baixa variação térmica encontrada. Ao se comparar os resultados de *Drip Loss* obtidos no ensaio comercial para o Grupo Crítico (A) com os obtidos no ensaio modelo para as faixas $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ (Figura 8), verifica-se uma grande similaridade no comportamento da perda de água em relação ao tempo de armazenamento.

Tabela 12 - Resultados de *Drip Loss* para faixas críticas de armazenamento

Armazenamento (dias)	-3°C	-6°C
5	4,71 ($\pm 1,03$) ^a	5,04 ($\pm 1,82$) ^b
7	4,08 ($\pm 0,45$) ^a	5,26 ($\pm 0,25$) ^b
8	4,13 ($\pm 0,30$) ^a	4,89 ($\pm 0,19$) ^b
11	5,87 ($\pm 1,37$) ^a	5,69 ($\pm 1,03$) ^b
14	5,81 ($\pm 0,36$) ^a	5,06 ($\pm 0,30$) ^b
15	4,71 ($\pm 0,57$) ^a	4,44 ($\pm 1,17$) ^b
18	5,09 ($\pm 0,10$) ^a	3,47 ($\pm 0,25$) ^b
21	4,22 ($\pm 1,09$) ^a	4,60 ($\pm 0,40$) ^b
22	4,40 ($\pm 0,75$) ^a	5,03 ($\pm 0,43$) ^b
28	5,33 ($\pm 0,78$) ^a	4,99 ($\pm 0,96$) ^b
32	6,95 ($\pm 1,88$) ^a	5,44 ($\pm 3,43$) ^b
35	6,09 ($\pm 0,35$) ^a	5,82 ($\pm 0,38$) ^b
38	9,66 ($\pm 0,34$) ^a	4,31 ($\pm 0,76$) ^b
40	6,41 ($\pm 1,05$) ^a	4,49 ($\pm 1,35$) ^b
43	6,00 ($\pm 1,04$) ^a	5,87 ($\pm 0,72$) ^b
46	6,33 ($\pm 1,35$) ^a	3,90 ($\pm 0,79$) ^b
53	7,66 ($\pm 0,26$) ^a	6,05 ($\pm 0,04$) ^b
59	10,72 ($\pm 1,12$) ^a	6,05 ($\pm 1,34$) ^b
60	5,59 ($\pm 0,78$) ^a	3,79 ($\pm 0,34$) ^b
66	8,14 ($\pm 3,32$) ^a	3,47 ($\pm 0,60$) ^b
73	8,81 ($\pm 0,04$) ^a	6,69 ($\pm 1,86$) ^b

n=6 Colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p<0,05$)

Verifica-se, também, que os valores encontrados de *Drip Loss* para os mesmos tempos de estudo (73 dias) apresentaram-se maiores para a faixa crítica de $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ no ensaio modelo quando comparados com o Grupo Crítico (A) no ensaio comercial. Tal fato indica que esta faixa de temperatura estudada apresenta grande influência nos valores de *Drip Loss*, o que poderia explicar o aumento gradativo destes valores no ensaio comercial para o Grupo Crítico (A). As amostras neste grupo foram armazenadas sob um regime de variação de temperatura que as manteve durante vários dias na região das faixas críticas utilizadas no ensaio modelo (Figura 9). De acordo com dados do trabalho conduzido por Ngapo et al. (1999a) em amostras congeladas de carne suína estocadas por 4 semanas a -18°C , houve além da formação e crescimento de cristais de gelo durante o período de estocagem, um complexo sistema de aumento dos mesmos que não poderia ser explicado unicamente pela recristalização. Ziauddin et al. (1993), trabalhando com carne de búfalo, também encontrou tendências de crescimento de valores de *Drip Loss* em amostras armazenadas a -15°C por 3 meses.

Portanto, os dados obtidos na faixa $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ mostram que esta temperatura é crítica para manutenção dos valores de *Drip Loss*.

Figura 7: Comparativo entre o comportamento dos valores de *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento entre as faixas críticas (-3°C e -6°C) no ensaio modelo.

Figura 8: Comparativo entre o comportamento dos valores de *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento entre as faixas críticas (-3°C e -6°C) no ensaio modelo e o Grupo Crítico no ensaio comercial. Os valores em destaque dentro do quadro representam o *Drip Loss* no 73º dia de armazenamento.

Figura 9 - Variações térmicas durante o período de armazenamento para o ensaio comercial. A área no quadro em destaque mostra a região de temperatura ocupada pelas amostras no ensaio modelo para faixas críticas (-3°C e -6°C).

A faixa $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ não apresentou tendência significativa de aumento de *Drip Loss* em relação ao tempo de armazenamento quando comparada com a faixa $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$, como pode ser visto na Tabela 13. A redução da temperatura de armazenamento parece ter reduzido o efeito deletério causado pela recristalização.

Tabela 13 - Correlações entre o tempo de armazenamento e o *Drip Loss* nas faixas críticas

	Tempo Armazenamento	<i>Drip</i> Faixa -3°C	<i>Drip</i> Faixa -6°C
Tempo Armazenamento	-	0,55	0,01 ^{ns}
<i>Drip</i> Faixa -3°C	0,55	-	-
<i>Drip</i> Faixa -6°C	0,01 ^{ns}	-	-

ns - correlações não significativas ($p > 0,05$)

5.2.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Na Tabela 14, encontram-se os resultados da capacidade de retenção de água (CRA) para as faixas em estudo. Não houve diferenças significativas entre as faixas e nem em relação ao tempo de armazenamento. A possível causa deste fato seria a pequena diferença em termos de temperatura entre as faixas, a baixa variabilidade de temperatura durante o armazenamento e os valores de *Drip Loss* para cada faixa. Mesmo assim, pode-se verificar que alguns valores de CRA apresentam valores baixos inicialmente (especialmente no tempo 0 dia) e aumentam até atingirem valores máximos no final do estudo. Este pode ter sido o resultado de uma possível reabsorção da água perdida pelas proteínas miofibrilares, em resposta às perdas observadas no *Drip Loss*, uma vez que os ensaios funcionais foram realizados após o descongelamento das amostras. No trabalho de Petrović, Grujić e Petrović (1993) a CRA foi

considerada como um indicador da quantidade de água fracamente ligada e que poderia ser explicada pelas alterações nas proteínas miofibrilares.

Tabela 14 - Capacidade de retenção de água para as amostras nas faixas críticas

Armazenamento (dias)	-3°C (%)	-6°C (%)
0	77,54 ($\pm 1,40$) ^a	76,29 ($\pm 1,50$) ^a
7	79,18 ($\pm 2,00$) ^a	86,14 ($\pm 0,50$) ^a
14	86,04 ($\pm 0,80$) ^a	91,33 ($\pm 0,80$) ^a
21	83,23 ($\pm 2,30$) ^a	69,26 ($\pm 0,60$) ^a
28	87,74 ($\pm 0,30$) ^a	77,08 ($\pm 0,60$) ^a
35	64,40 ($\pm 2,60$) ^a	65,55 ($\pm 1,00$) ^a
42	77,82 ($\pm 4,03$) ^a	79,47 ($\pm 3,00$) ^a
49	84,75 ($\pm 1,70$) ^a	70,38 ($\pm 1,30$) ^a
56	84,22 ($\pm 0,90$) ^a	83,66 ($\pm 0,80$) ^a
63	91,57 ($\pm 0,32$) ^a	89,69 ($\pm 0,12$) ^a
70	93,83 ($\pm 1,10$) ^a	92,02 ($\pm 0,45$) ^a
Média	82,76 ($\pm 8,02$)	80,08 ($\pm 9,26$)

n=4 Colunas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

5.2.3 MEDIDA DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO

Os resultados da perda de umidade no cozimento são apresentados na Tabela 15. Verifica-se que não ocorreram diferenças significativas entre as faixas estudadas e nem em relação ao tempo de estocagem. Este fato pode ser atribuído às perdas de líquido (*Drip Loss*) que ambas faixas apresentaram e a sua proximidade em termos de temperatura. De acordo com Farouk e Swan (1998), amostras de carne bovina que perderam água durante seu descongelamento apresentaram menor perda de umidade no cozimento. Da mesma forma, Yu et al (2005) não encontrou diferenças significativas nesta

análise entre amostras de carne bovina congelada a -20°C por 48 horas e descongelada sob diversas temperaturas.

Tabela 15 - Perda de umidade no cozimento para amostras nas faixas críticas

Armazenamento (dias)	-3°C (%)	-6°C (%)
0	25,84 ($\pm 1,50$) ^a	25,45 ($\pm 0,50$) ^a
7	23,22 ($\pm 1,20$) ^a	28,37 ($\pm 0,50$) ^a
14	23,73 ($\pm 1,80$) ^a	25,61 ($\pm 1,40$) ^a
21	21,16 ($\pm 0,90$) ^a	18,48 ($\pm 1,30$) ^a
28	17,97 ($\pm 2,10$) ^a	19,21 ($\pm 1,30$) ^a
35	36,23 ($\pm 1,70$) ^a	34,87 ($\pm 2,40$) ^a
42	24,50 ($\pm 0,60$) ^a	23,45 ($\pm 0,70$) ^a
49	27,55 ($\pm 0,90$) ^a	29,15 ($\pm 0,10$) ^a
56	18,79 ($\pm 1,00$) ^a	22,27 ($\pm 1,00$) ^a
63	31,80 ($\pm 0,50$) ^a	30,35 ($\pm 0,52$) ^a
70	19,46 ($\pm 0,12$) ^a	23,72 ($\pm 0,32$) ^a

n=4 Colunas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

5.2.4 QUANTIFICAÇÃO DE GEL PROTEICO

A Tabela 16 apresenta os resultados da quantificação do gel protéico para ambas faixas críticas estudadas ($-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$).

Existem algumas diferenças significativas, especialmente nos tempos 21, 35, 49 e 63 dias de armazenamento. Com exceção do 63º dia, os demais apresentaram valores maiores de gel protéico para a faixa de -6°C . Estas diferenças podem estar relacionadas ao dano pelo frio. De acordo com Farouk e Swan (1998) as proteínas sarcoplasmáticas são mais sensíveis a este dano.

O gel protéico, também conhecido pela sigla Inglesa ECG – *Exudative Cooking Gel* (Gel Exsudato no Cozimento), conforme trabalho de Olivo e Barbut (2004), é um exsudato protéico normalmente encontrado em produtos

cozidos processados e em músculos inteiros cozidos, como o *Pectoralis major* (peito). Ele representa a perda de importantes proteínas, entre elas as sarcoplasmáticas (FAROUK; SWAN, 1998). A presença em maior quantidade do ECG denotaria uma carne com menores propriedades funcionais, especialmente aquelas ligadas à textura, uma vez que sua ausência diminuiria a eficiência de proteínas estruturais como a miosina (MACFARLANE; SCHMIDT; TURNER, 1977). Olivo e Barbut (2004), demonstraram em seu trabalho com peitos de frango a existência uma forte relação entre o ECG e a perda de umidade por cozimento e a redução do ECG melhora as características de textura do produto final. Contudo, não foi possível correlacionar neste trabalho textura e perda de ECG, porém os valores de ECG obtidos podem ser considerados altos em relação ao total de proteína bruta média presente no *Pectoralis major*.

Tabela 16 - Valores de gel protéico para amostras nas faixas críticas

Armazenamento (dias)	-3°C (%)	-6°C (%)
0	1,80 ($\pm 0,01$) ^a	1,65 ($\pm 0,33$) ^a
7	1,51 ($\pm 0,44$) ^a	1,02 ($\pm 0,27$) ^a
14	1,21 ($\pm 0,27$) ^a	0,43 ($\pm 0,03$) ^a
21	1,57 ($\pm 0,25$) ^a	3,65 ($\pm 0,36$) ^b
28	1,09 ($\pm 0,23$) ^a	1,50 ($\pm 0,04$) ^a
35	0,92 ($\pm 0,43$) ^a	1,91 ($\pm 0,41$) ^b
42	2,66 ($\pm 0,64$) ^a	2,74 ($\pm 0,62$) ^a
49	0,50 ($\pm 0,07$) ^a	1,46 ($\pm 0,37$) ^b
56	1,16 ($\pm 0,15$) ^a	1,77 ($\pm 0,12$) ^a
63	3,75 ($\pm 0,42$) ^a	0,72 ($\pm 0,80$) ^b
70	2,34 ($\pm 0,53$) ^a	3,16 ($\pm 0,12$) ^a

n=4 Colunas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

5.2.5 ANÁLISE DO TEOR DE PROTEÍNA SOLÚVEL NO EXSUDATO

O teor de proteína solúvel presente no exsudato oriundo das carcaças mantidas nas faixas críticas estudadas pode ser encontrado na Tabela 17. Não

houve diferenças significativas entre os valores encontrados para as faixas estudadas. Isto mostra que ambas faixas de temperatura produziram perdas de proteínas semelhantes. Estes resultados podem ser explicados pela baixa solubilidade das proteínas, especialmente as miofibrilares, quando desnaturadas pela ação da recristalização, resultando em *Drip Loss* com baixos valores de proteínas solúveis (PETROVIĆ; GRUJIĆ; PETROVIĆ, 1993).

Tabela 17 - Teor de proteína no exsudato das amostras nas faixas críticas

Armazenamento dias	-3°C (%)	-6°C (%)
0	1,22 ($\pm 0,01$) ^a	1,20 ($\pm 0,07$) ^a
35	1,19 ($\pm 0,08$) ^a	1,15 ($\pm 0,02$) ^a
70	1,15 ($\pm 0,03$) ^a	1,12 ($\pm 0,02$) ^a

n=3 Colunas com letras diferentes são significativamente diferentes (p<0,05)

5.2.6 ANÁLISE DO PERFIL PROTEICO DO EXSUDATO

O cromatograma contendo a separação em frações pode ser visto na Figura 10. Observa-se que o perfil do exsudato para a faixa $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ apresentou bastante similaridade ao da faixa $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Ambos apresentaram grandes picos iniciais em regiões próximas, seguidos de regiões com picos menores. Foram escolhidos 3 picos de cada faixa, considerados os mais representativos e identificados como : A, B e C para a faixa $-3(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e D, E e F para a faixa $-6(\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Figura 10: Cromatograma de separação de frações protéicas para as amostras nas faixas críticas. As letras indicam os picos escolhidos para a eletroforese.

Figura 11 - Eletroforegrama das proteínas presentes no exsudato obtido das amostras nas faixas -3°C e -6°C

Pode-se verificar no eletroforegrama (Figura 11) que os picos A (-3°C) e D (-6°C) apresentam grande similaridade em composição, apresentando bandas de pesos moleculares idênticos. O mesmo pode ser dito dos picos B (-3°C) e E (-6°C). Já os picos C (-3°C) e F (-6°C) apresentam uma dificuldade de visualização devido à baixa concentração de proteínas no pico F. Esta similaridade também foi encontrada por Ngapo et al. (1999a, 1999b), que analisou o exsudato de carne de suíno por SDS PAGE sem encontrar diferenças significativas entre as amostras estudadas. Uma explicação seria a proximidade das faixas de tratamento das amostras, resultando em exsudatos com composição semelhante.

5.2.7 ANÁLISE HISTOLÓGICA

A análise histológica apresentou algumas alterações na estrutura muscular do tecido estudado. Estas alterações estão possivelmente ligadas ao fenômeno da recristalização e ao crescimento e expansão dos cristais de gelo nos espaços intra e extracelulares. As Figuras 12,13,14 e 15 mostram regiões onde possivelmente os cristais de gelo se depositaram durante o congelamento, deixando alterações estruturais resultantes de sua expansão, tais como separação de fibras, lacunas intracelulares e liberação de material celular. Ao compararmos as imagens obtidas não se notam diferenças significativas entre as amostras nas faixas críticas estudadas (-3°C e -6°C). O tempo de armazenamento e a diferença de temperatura entre as faixas parecem não ter afetado significativamente as estruturas celulares, uma vez que, todas as alterações observadas ocorreram em ambos tratamentos. Possivelmente, devido à baixa diferença térmica encontrada entre as faixas estudadas não foi possível observar grandes diferenças. Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Ngapo et al (1999b), onde as estruturas musculares de carne bovina, após o descongelamento, apresentavam ter se recuperado da expansão ocasionada pelo gelo. Porém, Sakata et al. (1995), demonstrou em seu trabalho com carne suína congelada a -20°C por 30 dias, grandes danos causados as miofibrilas pelos cristais de gelo.

Figura 12 – Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 14 dias a -6°C . As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular e vácuos no citoplasma celular

Figura 13 - Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 14 dias a -3°C . As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular e vácuos no citoplasma celular.

Figura 14 - Microfotografia (aumento 60x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 59 dias a -6°C . As setas indicam regiões onde houve perda de líquido intracelular com presença de núcleos.

Figura 15 - Microfotografia (aumento 100x) de corte histológico transversal de *Pectoralis major* mantido sob armazenamento por 59 dias a -3°C . Verifica-se uma ampla destruição do tecido e grandes vácuos.

6 CONCLUSÕES

- 6.1 Carcaças de frango conservadas sob congelamento, quando sofrem elevadas oscilações de temperatura de conservação, podem apresentar resultado de *drip test* acima do estabelecido por lei.
- 6.2 A faixa de temperatura de conservação considerada crítica por proporcionar resultados de *drip test* acima do preconizado pela legislação, sob as condições do presente trabalho, está em aproximadamente -3°C.
- 6.3 A observação dos cortes histológicos revelou sinais de danos causados pelos cristais de gelo na estrutura muscular do *Pectoralis major* (peito) nos tratamentos -3°C e -6°C
- 6.4 Os resultados obtidos nas análises funcionais das amostras de *Pectoralis major* (peito) não apresentaram diferenças estatísticas entre as faixas -3°C e -6°C, denotando a pequena influência desta diferença de temperatura em relação as propriedades funcionais

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of meat science**. 4ª ed. Londres: Kendal/Hunt, 2001. 354 p.

ABEF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPORTADORES DE FRANGO. **Relatório ABEF 2002**. São Paulo: Gab´Design, 2003. 48 p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16ª ed. Gaithersburg: Association of official analytical chemists, 1995.

AÑON, M. C., CALVELO, A. Freezing rate effects on the *Drip Loss* of frozen beef. **Meat Science**, v.4, p. 1-14, 1980.

AVISITE. Em 2006, consumo per capita de carne de frango registrou novo (mas nada comemorável) recorde. Disponível em:
<http://www.avisite.com.br/noticias/maisnotss.asp?codnoticia=7532&codCategoria=&Mes=1&Ano=2007>. Acesso em: 19 jan. 2007.

AVISITE. Brasil mantém liderança mundial na exportação de carne de frango pelo terceiro ano consecutivo. Disponível em:
<http://www.avisite.com.br/noticias/maisnotss.asp?codnoticia=7532&codCategoria=&Mes=1&Ano=2007>. Acesso em: 23 jan. 2007.

BANCROFT, J.D., STEVENS, A., M. **Theory and practice of histological techniques**. 4ª ed. New York: Churchill Livingstone, 1996. 766 p.

BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale, soft, exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, v.26, p. 39-43, 1993.

BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, p. 455-457, 1996.

BARBUT, S. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. **J. Muscle Foods**, Trumbull, v.9, p. 35-49, 1998.

BENDALL, J.R., WISMER-PEDERSEN, J. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. **Journal of Food Science**, Champaign, v.27, p.144-157, 1962.

BENDALL, J.R., SWATLAND, H. J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Amsterdam, v.24, p.85-126, 1988.

BEVILACQUA, A. E., ZARITZKY, N. E. Ice recrystallization in frozen beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1410-1414, 1982.

BORRÉ, M.H., AGITO, N. Operadores logísticos frigorificados. Grupo de estudos logísticos. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. Disponível em:

www.gelog.ufsc.br/Publicacoes/20061/Operadores%20Logisticos%20Frigorificas.pdf . Acesso em: 26 Abr 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves, Portaria n. 210, de 10 de novembro de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1998. Disponível em: www.agricultura.gov.br . Acesso em: 24 Jun 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Resolução n. 4, de 29 de Outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2002. Disponível em: : www.agricultura.gov.br . Acesso em: 24 Abr 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Aves Temperadas. Instrução Normativa nº 89, de 17 de Dezembro de 2003. **Diário**

Oficial da União, Brasília, 18 Dez 2003. Seção 1, p. 7. Disponível em: www.agricultura.gov.br . Acesso em: 27 Abr 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Nota técnica – Relação de estabelecimentos autuados por excederem o limite estabelecido na legislação, para absorção de água em carcaça de aves. **Ministério da Agricultura**, Brasília, 2007. Disponível em: www.agricultura.gov.br . Acesso em: 24 Abr 2007.

CORNFORTH, D. Color – its basis and importance. In: PEARSON, A.M., DUTSON, T.R. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Glasgow: Academic & Professional, 1994. p. 34 – 78.

CRIGLER, J. C., DAWSON, L. E. Cell disruption in broiler breast muscle related to freezing time. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 248 – 250, 1968.

DEMARTINI, A., FRANCO, F.O., OLIVO, R. Efeito do tempo de congelamento sobre a perda de umidade no descongelamento em carcaças de frango. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19; 2004, Recife. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Estratégia para o Desenvolvimento**, 2004.

FAROUK, M.M., SWAN, J.E. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. **Meat Science**, v.49, nº 2, p. 233-247, 1998.

FREIRE, A.M., FRANCO, F.O., OLIVO, R. Refrigeração. In: OLIVO, R. **O Mundo do Frango**. Criciúma: do Autor, 2006. Cap. 24, 305 – 313.

FOEGEDING, E.A. Gelation in meat batters. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 41, 1988, Laramie. **Proceedings**. Chicago: National Live Stock and Meat Board; American Meat Science Association, 1989, p. 44 – 47.

GARBER, M.J., ROEDER, R.A., DAVIDON, P.M., PUMFREY, W.M., SCHELLING, G.T. Dose-response effects of vitamin E supplementation on

growth performance and meat characteristics in beef and dairy steers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.76, p.63-72, 1996.

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

GUARNIERI, P.D. **Manejo pré-abate em aves. Efeito do banho no grau de estresse em frangos e qualidade da carne**. 2003. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GUARNIERI, P.D., SOARES, A.L., OLIVO, R., SCHNEIDER, J.P., MACEDO, R.M., IDA, E.I., SHIMOKOMAKI, M. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (pale, soft, exudative) broiler breast meat in a commercial plant. Biochemical and ultra structural observations. **Journal of Food Biochemistry**, v. 28, n° 6, p. 513-517, 2005.

HEDRICK, H.B., ABERLE, E.D., FOREST, J.C., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 3.ed. Dubuque: Kendal/Hunt, 1993. 354p.

HUBER, C. S., STADELMAN, W. J. Effect of freezing rate and freeze drying on the soluble proteins of muscles. 1. Chicken muscles. **Journal of Food Science**, v.35, p. 229 –232, 1970.

JUNQUEIRA, L. C. U. **Histologia básica**: texto e Atlas. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2004. 488 p.

KIJOWSKI, J., NIEWIAROWICZ, A. Emulsifying properties of proteins end meat from broiler breast muscles as affect by their initial pH values. **Journal of Food Technology**, Dorking, v.13, n.5, p.451-459, 1978.

LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, n.259, p.680-685, 1970.

LAWRIE, R.A. **Lawrie`s Meat Science**. 6ª edição. Lancaster-Basel: Technomic, 1998. 336 p.

LIU, Q., LANARI, M.C., SCHAEFER, D.M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p.3131-3140, 1995.

LOUIS, C.F., REMPEL, W.E., MICKELSON, J.R. Porcine stress syndrome: biochemical and genetic basis of this inherited syndrome of skeletal muscle. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 46., 1993, Chicago. **Proceedings**. Chicago: American Meat Science Association, 1993. p. 89-96.

MACDOUGALL, D.B. Changes in the color and opacity of meat. **Food Chemistry**, v. 9, p. 75-88, 1982.

MACFARLANE, J.J., SCHMIDT, G.R., TURNER, R.G. Binding of meat pieces: a comparison of myosin, actomyosin and sarcoplasmic proteins as binding agents. **Journal of Food Science**, v. 42. p. 1603-1605, 1977.

MACKIE, I.M. The effects of freezing on flesh proteins. **Food Reviews International**, v. 9, nº 4, p. 575-610, 1993.

MALIVERNI, C. A logística e seus desafios. Revista Tecnológica. 2004.

Disponível em:

http://www.cvlog.net/Arquivos/Logistica_Frigorificada_Apagao.htm. Acesso em: 21 Maio 2004.

MARTINO, M.N., OTERO, L., SANZ, P.D., ZARITZKY, N.E. Size and location of ice crystals in pork frozen by high-pressure-assisted freezing as compared to classical methods. **Meat Science**. v. 50, nº3, p. 303-313, 1998.

MASTROGIACOMO, V. Pré-resfriamento. In: OLIVO, R. **O Mundo do frango**. Criciúma : do Autor, 2006. Cap. 19, p. 231-237.

MCKEE, S.R., SAMS, A.R. Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale, exudative turkey meat characteristics. **Poultry Science**, Champaign, v.77, p.169-174, 1998.

MENDES, A.A., PAZ, I.C.L.A. Bem-estar animal. In: OLIVO, R. **O mundo do frango**. Criciúma: do Autor, 2006. Cap. 10, p. 119-126.

MILLER, A.J., ACKERMAN S.A., PALUMBO, S.A. Effects of frozen storage on functionality of meat for processing. **Journal of Food Science**, v.45, p. 1466 – 1471, 1980.

MONDELLI, G., VIDRIK, V.R., ROÇA, R.O. Importância do emprego das técnicas de abate humanitário para os consumidores de carne e frigoríficos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, nº 299, p.59-64, 2002.

NGAPO, T.M., BABARE, I.H., REYNOLDS, J., MAWSON, R.F. A preliminary investigation of the effects of frozen storage on samples of pork. **Meat Science**, v. 53, p. 169-177, 1999a.

NGAPO, T.M., BABARE, I.H., REYNOLDS, J., MAWSON, R.F. Freezing and thawing rate effects on *Drip Loss* from samples of pork. **Meat Science**, v. 53, p. 149-158, 1999b.

NORTHCUTT, J.K. Factors affecting poultry meat quality. Bulletin of Cooperative Extension Service. The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences, Bulletin 1157, June, 1997. Disponível em: <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/b1157-w.html>.

OLIVO, R. **Carne PSE em Frangos**. 1999. 97 f. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, nº 307, p. 72-83, 2002.

OLIVO, R. Atualidades na qualidade da carne de aves. In: OLIVO, R. **O mundo das carnes**. Criciúma: do Autor, 2005. p. 99 – 121.

OLIVO, R. Estrutura, composição e funcionalidade do tecido muscular. In: OLIVO, R. **O mundo do frango**. Criciúma: do Autor, 2006. p. 239-272.

OLIVO, R., SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 2 ed. Cocal do Sul: Imprint, 2002. 155 p.

OLIVO, R., BARBUT, S. Exudative cooked gel in chicken breast meat products. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (CBCTA), 19., 2004, Recife. **Programa final**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia em Alimentos, 2004, p.89.

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

OWENS, C.M., SAMS, A. R. The influence of transportation on turkey meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v.79, p.1204-1207, 2000.

PETROVIĆ, L., GRUJIĆ, R., PETROVIĆ, M. Definition of the Optimal Freezing Rate - 2. Investigation of the Physic-chemical Properties of Beef *M. longissimus dorsi* Frozen at Different Freezing Rates. **Meat Science**, v.33, p. 319-331, 1993.

RANKEN, M.D. **Handbook of meat product technology**. Oxford: Blackwell Science, 2000. 212 p.

SAHAGIAN, M. E., GOFF, H. D. Fundamental aspects of the freezing process. In: JEREMIAH, L. E. **Freezing Effects on Food Quality**. New York: Marcel Dekker, Inc. 1996. p. 1-50.

SAKATA, R., OSHIDA, T., MORITA, H., NAGATA, Y. Physic-Chemical and Processing Quality of Porcine *M. longissimus dorsi* Frozen at Different Temperatures. **Meat Science**, v. 39, p. 277-284, 1995.

SAMS, A.R. First processing: slaughter through chilling. In: SAMS, A.R. **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press, p. 19 – 34, 2001.

SCHNEIDER, J.P. **Carne DFD em Frangos**. 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SOARES, A. L., LARA, J. A. F., IDA, E. I., GUARNIERI, P. D., OLIVO, R., SHIMOKOMAKI, M. Influence of preslaughter handling practices on broiler meat color in a commercial plant. In: IFT ANNUAL MEETING. **Proceedings: IFT Annual Meeting Book of Abstracts**. Chicago: Institute of Food Technologists, 2003a. p. 201.

SOARES, A.L. IDA, E.I., MIYAMOTO, S., HERNÁNDEZ-BLAZQUEZ, F.J., OLIVOR, R., PINHEIRO, J.W., SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, pale, soft, exudative meat. **Journal of Food Biochemistry**, v.27, p. 309-319, 2003b.

STATSOFT. Statistica: software estatístico. Versão 6.0. Stat Soft Inc., 2001. 1 CD-ROM.

STEWART, M.R., ZIPSER, M.W., WATTS, B.M. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v.30, p. 464-469, 1965.

SWATLAND, H.J. Explaining the P in PSE. **Meat Focus Int.**, Wallingford, v.2, n.8, p.362-367, 1993.

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

TAUB, I.A., SINGH, R.P. Freezing preservation of fresh foods: quality aspects. In: TAUB, I.A., SINGH, R.P. **Food Storage Stability**. Boca Raton : CRC Press, 1998.

UBA - UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual 2005/2006**. São Paulo : UBA, 2005. 76 p.

WANOUS, M.P., OLSON, D.G., KRAFT, A.A. Pallet location and freezing rate effects on the oxidation of lipids on myoglobin in commercial fresh pork sausage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n° 3, p. 549-552, 1989.

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

WOELFEL, R.L.; SAMS, A.R. Marination performance of pale broiler meat. **Poultry Science**, Savoy, n° 80, p.1519-1522, 2001.

YU, L.H., LEE, E.S., JEONG, J.Y., PAIK, H.D., CHOI, J.H., KIM, C.J. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. **Meat Science**, Seoul, v.71, p. 375 – 382, 2005.

ZIAUDDIN, K. S., MAHENDRAKAR, N. S., RAO, D. N., AMLA, B. L. Effect of freezing, thawing and frozen storage on physic-chemical and sensory characteristics of buffalo meat. **Meat Science**, Bangalore, v.35, p. 331 – 340, 1993.