Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação

Camila Brossi

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2007

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Camila Brossi
Bacharel em Ciências dos Alimentos

Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação

Orientadora:
Profa. Dra. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS CASTILLO**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Brossi, Camila
Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação / Camila Brossi. - - Piracicaba, 2007.
107 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Carnes e derivados 2. Fisiologia animal 3. Frangos de corte 4. Processamento de alimentos 5. Qualidade dos alimentos 6. Salmoura I. Título

CDD 664.93

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Marcos e Maria Elisa,
por todo apoio, confiança, compreensão e amor.
DEDICO

À minha querida avó Rosa, por todo carinho.
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Carmen J. Contreras Castillo pela orientação, por toda disposição, dedicação e amizade.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pela excelência para minha formação.

Ao professor Dr. José Fernando M. Menten, por todo auxílio.

Às professoras Dra. Marília Oetterer e Dra. Marisa A. B. Regitano d`Arce, por seus valiosos conselhos e amizade.

Ao professor Dr. Eduardo F. Delgado, pela colaboração e pelos esclarecimentos.

Aos professores Dr. Silvio S. Zocchi e Dra. Nilda V. Doris, pela ajuda com as análises estatísticas.

À FAPESP, pelo auxílio financeiro dado ao projeto.

Aos funcionários do LAN, em especial à Beatriz H. Giongo, Regina C. C. Marafon, Fábio B. Rodrigues, Rubens C. Pereira, Luiz C. Rodrigues e Luciana K. Savay da Silva, por todo apoio e paciência.

Ao Eng. Agrônomo Maurício Pedreira e à Fricock, pela contribuição no fornecimento das aves.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e Matadouro Escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP de Pirassununga, pela criação das aves e execução dos abates.

À equipe *Las Carmencetes,* Ana Paula, Laynkza, Pôtra, Damasko, Babalú, Afogada e Ortalissa, especialmente à Ligianne, Dóry e Raq, por toda ajuda, companheirismo e verdadeira amizade.

Ao meu querido Fernando, por me incentivar em todos os momentos e ser tão dedicado companheiro.

SUMÁRIO

RESUMO....8
ABSTRACT....9
1 Introdução....10
1.1 Revisão Bibliográfica....12
1.1.1 Estresse....12
1.1.2 Estresse Térmico....13
1.1.3 Parâmetros de Qualidade de Carne....16
1.1.3.1 Aparência....16
1.1.3.1.1 Sistemas de Medição de Cor....18
1.1.3.1.2 Uso do Parâmetro Cor para Classificação ou Seleção de Carne....19
1.1.3.2 Capacidade de Retenção de Água....20
1.1.3.3 pH....23
1.1.3.4 Textura....25
1.1.3.5 Oxidação Lipídica....26
1.1.4 Anomalias da Carne....28
1.1.4.1 Carnes Pálidas, Flácidas e Exsudativas (PSE)....28
1.1.4.2 Carnes Escuras, Rígidas e Secas (DFD)....28
1.1.5 Processamento: Marinação....29
1.1.5.1 Sal....30
1.1.5.2 Fosfatos....30
1.1.5.3 Métodos de Marinação....31
Referências....32
2 IMPLICAÇÕES DO ESTRESSE TÉRMICO SEVERO PRÉ-ABATE SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE CARNE DE FRANGO E DESEMPENHO APÓS PROCESSO DE MARINAÇÃO....45
Resumo....45
Abstract....46
2.1 Introdução....47
2.2 Material e Métodos....49

2.2.1 Tratamentos Experimentais.....50
2.2.2 Unidades Experimentais.....50
2.2.3 Condições Experimentais.....50
2.2.3.1 Estresse Térmico em Câmara Climática.....51
2.2.3.2 Abates.....52
2.2.3.3 Análises.....52
2.2.3.4 Marinação.....53
2.2.4 Métodos Experimentais.....54
2.2.4.1 Cor.....55
2.2.4.2 pH.....55
2.2.4.3 Perda de Peso por Cocção (PPC).....55
2.2.4.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG).....56
2.2.4.5 Capacidade de Retenção de Água por Centrifugação (CRAc).....56
2.2.4.6 Força de Cisalhamento (FC).....56
2.2.4.7 Composição Centesimal (CC).....56
2.2.4.8 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS).....57
2.2.5 Análise Estatística.....58
2.3 Resultados e Discussão.....58
2.3.1 Mortalidade dos Frangos.....58
2.3.2 Avaliações Físico-Químicas da Carne *in Natura*.....60
2.3.2.1 Cor e pH.....60
2.3.2.2 Capacidade de Retenção de Água por Centrifugação (CRAc), Perda de Peso por Gotejamento (PPG) e Perda de Peso por Cocção (PPC).....64
2.3.2.3 Força de Cisalhamento (FC).....65
2.3.2.4 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS).....66
2.3.2.5 Composição Centesimal (CC).....68
2.3.3 Avaliações Físico-Químicas da Carne Marinada.....68
2.3.3.1 Cor.....69
2.3.3.2 pH.....70
2.3.3.3 Porcentagem de Absorção da Solução Usada no Processo de Marinação (%ABS).....70
2.3.3.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG).....71

2.4 Conclusões.....72
Referências.....73
3 USO DA COR PARA A CLASSIFICAÇÃO DE CARNES PÁLIDAS, SUA RELAÇÃO COM OUTROS ATRIBUTOS DE QUALIDADE E DESEMPENHO APÓS PROCESSO DE MARINAÇÃO.....82
Resumo.....82
Abstract.....83
3.1 Introdução.....84
3.2 Material e Métodos.....86
3.2.1 Condições Experimentais.....86
3.2.2 Delineamento Experimental.....87
3.2.3 Unidades Experimentais.....88
3.2.4 Métodos Experimentais.....88
3.2.4.1 Cor.....88
3.2.4.2 pH.....88
3.2.4.3 Capacidade de Retenção de Água por Centrifugação (CRAc).....89
3.2.4.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG).....89
3.2.5 Análise Estatística.....89
3.3 Resultados e Discussão.....90
3.3.1 Avaliações Físico-Químicas da Carne *in Natura*.....90
3.3.2 Classificação: “Normais” e “Pálidas”.....93
3.3.3 Marinação.....97
3.4 Conclusões.....102
Referências.....102

Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação

RESUMO

Ao avaliar parâmetros de qualidade de carne de peito de frango com a intenção de verificar se são afetados pelo estresse térmico severo pré-abate (35°C, 75% umidade relativa, por 2 horas), observou-se que o gasto intenso de energia do animal, no momento do estresse, resultou em pequena extensão da glicólise, gerando como respostas na carne, principalmente, características de escurecimento e alto valor de pH. O uso da marinação com o objetivo de restaurar carnes com propriedades funcionais prejudicadas pelo estresse resultou na padronização da aparência e em pH igualado entre os tratamentos (carnes de animais "estressados" e "não estressados"). No capítulo referente à classificação de carnes pelo uso da cor, foi possível observar a existência de alta correlação entre a luminosidade e outros atributos de qualidade e que o valor L* pode ser usado como uma ferramenta de classificação (com nota de corte L*=53, mensurada 24 horas *post mortem*). Com relação ao processo de marinação, observou-se que a técnica restaura parcialmente a qualidade da carne pálida, promovendo uma melhora visual da cor, contudo, sem corrigir a funcionalidade das proteínas em reter água ao nível de carnes normais.

Palavras-chave: Alterações fisiológicas; Glicólise *post mortem*; Propriedades funcionais; Luminosidade da cor; Marinação

Chicken meat quality: effects of pré-slaughter severe heat stress, color classification and marination

ABSTRACT

In evaluating the quality of chicken breast meat regarding the effects of pre-slaughter severe heat stress (35°C, 75% relative humidity, for 2 hours), it was observed that the intense energy expenditure of the animal at the moment of stress resulted in a slight extension of glicolysis, generating as a consequence, mainly, characteristics of darkening and high levels of pH, on the meat. The use of marination in an attempt to restore meat with damaged functional properties due to stress resulted in the standardization of appearance and in leveling of pH between the treatments (stressed and non-stressed animal meat). In the last chapter, it was possible to observe the existence of strong correlation between the color and the other quality attributes and that the lightness can be used as a classification tool (minimum level L*=53, measured 24 hours *postmortem*). As for the marination process, it was observed that the technique partly restores the quality of pale meat, promoting a visual improvement of the color, however, it does not correct the proteins functionality to retain water at the same level of normal meat.

Keywords: Physiological changes; *Post mortem* glycolysis; Functional properties; Lightness color values; Marination

1 Introdução

O comércio brasileiro de carne de frango se expande a cada ano de forma consistente, configurando uma cadeia produtiva bem sucedida, não só no mercado interno, mas também no cenário mundial. Essa condição de liderança e a competitividade do setor exigem constante aprimoramento tecnológico, padronização e principalmente rígido controle de qualidade dos produtos.

A qualidade da carne de peito de frango é dependente de características inerentes ao animal, da influência ambiental de curto ou longo prazo, de variáveis relacionadas ao manejo de produção e de práticas da planta processadora. Todos estes fatores podem alterar o metabolismo *post mortem,* responsável por determinar as características e o desempenho da carne no momento do processamento (SAMS, 1999).

As alterações nos parâmetros de qualidade, entre animais do mesmo lote, idade e sexo, são atribuídas, na maioria das vezes, ao estresse pré-abate, que desencadeia transtornos fisiológicos responsáveis por causar alterações bioquímicas anômalas durante a transformação do músculo em carne, afetando sua estrutura miofibrilar (FLETCHER, 1991), dessa forma, pesquisadores se dedicam a compreender como as células são capazes de elaborar respostas frente aos desafios impostos por fatores de estresse, a fim de compreender suas implicações sobre a qualidade de carne e contornar seus efeitos negativos.

Com relação aos fatores que geram estresse, as condições climáticas, representadas principalmente pela temperatura e umidade relativa (UR) do ar são as que mais diretamente afetam as aves, por comprometer uma função vital que é a manutenção da homeotermia, (OLIVEIRA et al., 2006). Além da influência ambiental, a duração do jejum alimentar pré-abate, dieta hídrica, circunstância de apanha, quantidade de aves por gaiola, distância do transporte, condições do período de espera na planta de abate, pendura, excitação, imobilização e atordoamento das aves, entre outros aspectos, apresentam efeito sobre as reservas de glicogênio muscular responsáveis pelo desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* (SAMS; MILLS, 1993; PAPINAHO, et al., 1995; McCURDY et al., 1996; KANNAN et al., 1997; WARRISS et al., 1999; PETRACCI et al., 2001), determinando alterações nas propriedades funcionais das proteínas e, conseqüentemente, nos atributos de qualidade da carne (CHEFTEL et al., 1989).

As propriedades funcionais são características físico-químicas de alimentos que influenciam a utilização dos mesmos. Estão relacionadas com questões sensoriais e não necessariamente nutricionais, têm implicações tecnológicas diretas e afetam decisivamente os aspectos econômicos dos produtos, principalmente com relação ao rendimento indusrial (BIANCHI et al., 2005).

Os atributos de qualidade tecnológica e sensorial da carne de um animal estressado podem ser afetados de maneira irreversível para o processamento e consumo *in natura*. A perda de funcionalidade da carne do peito de frango está, quase sempre, associada às síndromes PSE (*palid, soft, exsudative*), com características de palidez, flacidez e perfil exsudativo ou DFD (*dark, firm, dry*), com características de coloração escura, rigidez e perfil ressecado, que são anomalias consideradas como as maiores causas da falta de padronização dos filés, resultando em perdas irreparáveis, prejuízo para a indústria e conseqüentemente para toda a cadeia produtiva.

Recentemente muitos pesquisadores têm estudado a relação entre a cor da carne de peito de frango crua e as demais propriedades funcionais (BOULIANNE; KING, 1995; QIAO et al., 2001; PETRACCI et al., 2004; BIANCHI et al., 2005), sugerindo que medidas de luminosidade (L*) possam ser utilizadas como indicador de qualidade de carne de peito para processamento posterior (BARBUT, 1993; BARBUT, 1997; OWENS et al., 2000a; WILKINS et al., 2000; BARBUT, 2002; WOELFEL et al., 2002; PETRACCI et al., 2004).

O processamento de carne por meio da marinação é uma prática antiga usada para diferenciar sabor, melhorar a textura de músculos mais rígidos e aumentar a conservação dos produtos. Segundo Smith e Acton (2001), o sal e os fosfatos são ingredientes que possuem um efeito sinérgico em alterar as propriedades de carne, mesmo aquelas com a funcionalidade comprometida, com o intuito de reduzir as perdas de exsudado durante o armazenamento e cocção do produto final.

Com isso, os objetivos deste experimento foram:

Capítulo 2:

- Avaliar os parâmetros de qualidade de carne de peito de frango: (a) Físicos - cor (L*, a*, b*), capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc), perda de peso por gotejamento (PPG), perda de peso por cocção (PPC), maciez (FC) e; (b) Químicos - pH, nível de oxidação (TBARS) e composição centesimal (CC), com a intenção de verificar se são afetados pelo estresse térmico severo pré-abate;

- Verificar se carnes procedentes de animais estressados, com propriedades funcionais prejudicadas, podem ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, através do processamento dos filés com o uso da marinação.

Capítulo 3:

- Conhecer o nível de correlação existente entre a cor e os demais parâmetros de qualidade de carne analisados: pH, capacidade de retenção de água (CRAc) e perda de peso por gotejamento (PPG) e estabelecer uma nota de corte própria, a fim de saber se a luminosidade da cor (L*) pode ser utilizada como ferramenta classificadora, indicadora de funcionalidade, a partir da separação das amostras em dois grupos distintos (carnes "pálidas" e "normais");
- Saber se as carnes classificadas como pálidas podem ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, através do processamento dos filés com o uso da marinação.

1.1. Revisão Bibliográfica

1.1.1 Estresse

O conceito de estresse é um tema controverso entre as pessoas envolvidas com animais de produção, desde trabalhadores até a comunidade científica, talvez pela relação normalmente estabelecida entre estresse e bem-estar animal. Segundo Hedrick et al. (1994), o termo estresse é uma expressão genérica referente a ajustes fisiológicos tais como ritmo cardíaco e respiratório, temperatura corporal e pressão sanguínea, que ocorrem durante a exposição do animal a condições adversas. Carrasco e van de Kar (2003) definiram estresse como "respostas organizadas na tentativa de aumentar a sobrevivência do indivíduo que são representadas por alterações das funções autônomas, secreção de múltiplos hormônios e mudanças de comportamento".

Os principais fatores responsáveis por desencadear liberações de catecolaminas e alterações fisiológicas características do estresse, no período pré-abate são: intervalo de jejum e dieta hídrica (SAMS; MILLS, 1993), transporte (WARRISS et al., 1993) e temperatura ambiental (NORTHCUTT et al., 1994; SANDERCOCK et al., 2001; BRESSAN; BERAQUET, 2002; DEBUT et al., 2003).

1.1.2 Estresse Térmico

Segundo Macari et al. (1994), a temperatura corporal dos homeotermos é regulada através de mecanismos fisiológicos e respostas comportamentais, sendo que o primeiro é coordenado pelo sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático), controlado pelo hipotálamo e o segundo, controlado pelo sistema motor.

Para a manutenção da homeostase térmica em frangos, em temperaturas ambientais de até 21ºC, os principais mecanismos ativados são a radiação, a condução e a convecção. Já em altas temperaturas, a produção de calor diminui, enquanto que a dissipação aumenta, sendo a evaporação (quase que exclusivamente pela respiração, visto que esses animais não possuem glândulas sudoríparas) a principal rota de dissipação de calor (HILLMAN et al., 1985).

Segundo Lin et al. (2005), há um aumento significativo da temperatura retal, da plumagem nas costas e da pele do peito, em frangos com 4 semanas de idade, expostos à alta temperatura (35°C), corroborando o trabalho anterior de Yahav et al. (1997), que indicaram aumento de carga de calor e distúrbio no balanço térmico das aves. A elevação da temperatura da superfície corporal sugere, portanto, redução da capacidade em perder calor de forma não evaporativa (BELAY; TEETER, 1993).

Quando a temperatura ambiente se eleva acima da zona de neutralidade, o frango inicia um processo de hiperventilação, com o objetivo de aumentar a perda de calor pelos mecanismos evaporativos, nas vias aéreas superiores. Ocorre, simultaneamente, vasodilatação periférica com maior fluxo de sangue nas extremidades e conseqüente perda de calor evaporativa cutânea. Esta perda de calor é fisicamente dependente do gradiente de pressão de vapor, ou seja, a gotícula de água somente irá evaporar-se se a pressão de vapor do meio for menor do que a da via aérea superior ou superfície da pele (MACARI et al., 1994). Segundo Valério (2000) e Oliveira et al. (2006), a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de UR do ar. De acordo com North e Bell (1990) e Belay e Teeter (1993), a temperatura ambiental e a UR influenciam a perda de calor sensível e latente do corpo do animal. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem em remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da freqüência respiratória. Tal condição pode levar a uma conseqüente alteração do balanço ácido-básico metabólico, causando efeitos negativos sobre a taxa de crescimento, conversão alimentar, apetite, desenvolvimento ósseo (PATIENCE, 1990), imunidade e sobrevivência de frangos (RAUP; BOTTJE, 1990; MACARI et al., 1994).

Quando a ave é exposta a um estresse térmico, sua temperatura corporal aumenta, ocorrendo elevação na taxa de respiração, o que conduz a uma redução na pressão parcial de gás carbônico (pCO_2, mmHg=49,34 em condições termoneutras e 46,03 sob estresse térmico, BORGES et al., 2003) e de bicarbonato (HCO_3^-) devido ao aumento de sua excreção, com conseqüente redução de excreção de hidrogênio (H^+) pelos rins, para que se mantenha o balanço ácido-básico no sangue, aumentando, dessa forma, o pH sanguíneo, o que caracteriza a alcalose metabólica (ODOM et al., 1986).

Alcalose é uma condição patogênica resultante do acúmulo de base por ingestão ou perda de ácido pelo corpo por excreção e é caracterizada por um decréscimo na concentração de íons de hidrogênio ou acréscimo no pH do sangue. A alcalose respiratória é um estado que se deve ao excesso de perda de CO_2 do corpo. Já a alcalose metabólica é um distúrbio no qual o equilíbrio ácido-básico do sangue está deslocado para a alcalinidade por causa das alterações nos ácidos e bases fixas, ou seja, não voláteis (DORLAND, 1965).

Dentro do quadro de alcalose metabólica, causada por estresse térmico, ocorre também redução de sódio (Na) e potássio (K) no sangue (BELAY; TEETER, 1993; SANDERCOCK et al., 2006), afetando o balanço mineral e a concentração plasmática nas aves, devido à alteração na permeabilidade das membranas. Nos seres vivos, a água e o balanço de eletrólitos possuem limites estritos, teoricamente ótimos, sob condições termoneutras. Esses minerais monovalentes são essenciais para a síntese de tecido protéico, manutenção da homeostase intra e extracelular e potencial elétrico das membranas celulares, reações enzimáticas, pressão osmótica e balanço ácido-básico. Em uma reação de *feedback*, os fatores ácido-básicos, especialmente o pH, afetam os processos metabólicos e são importantes, principalmente, para a cadeia de produção e estoque de energia (OLANREWAJU et al., 2006).

O estresse fisiológico associa-se às alterações do perfil ácido-básico (SANDERCOCK et al., 2001; BORGES et al., 2003; 2004), no entanto, a interpretação das desordens, durante o estresse é complicada, já que muitas variáveis relevantes são alteradas simultaneamente e em muitas instâncias em direções opostas, dependendo da espécie e tipo de estressor (OLANREWAJU et al., 2006). A hipertermia aguda e a alcalose respiratória em frangos são, de certa forma, associadas a miopatias induzidas por estresse térmico, patologias que podem incorrer em subseqüentes problemas com a qualidade de carne (SANDERCOCK et al., 2001). A exposição a ambientes muito quentes de forma aguda ou crônica é considerada causadora de

efeitos deletérios para a produção eficiente de carne de frango e para um rendimento industrial satisfatório (SMITH; TEETER, 1987; HOWLINDER; ROSE, 1989).

Estresse Térmico Crônico: Em um estresse crônico, quando os limites de conforto são ultrapassados, podem ocorrer síndromes classificadas como: neurogênica (estágio de reação de alarme), endócrina (estágio de resistência à adaptação) e depleção metabólica (estágio de exaustão). A presença de corticosterona em aves, liberada em função do estresse de longo prazo produz muitos sintomas como doenças cardiovasculares (arteriosclerose), ascite e modificações nas funções imunológicas (GRANDIN, 1998). A exposição ao calor sazonal tem sido apontada como a causadora de alterações indesejáveis nas características de carnes de perus, produzindo anomalias como PSE (McCURDY et al., 1996; McKEE; SAMS, 1997).

O verão, por causa da alta umidade sempre acompanhada de altas temperaturas do ar, é um desafio para a termoregulação e bem estar animal dos frangos de corte, podendo interferir negativamente na produtividade e qualidade da criação, devido principalmente ao aumento da mortalidade, diminuição da ingestão de água e de alimento e conseqüentemente piora na conversão alimentar. Portanto, produtores de frangos devem estar atentos em controlar esses fatores estressantes, para que as aves possam manter suas funções fisiológicas normais e produzam carne com qualidade e eficiência. Segundo Tinôco (1998), um ambiente é considerado confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 16 a 23ºC e UR do ar de 50 a 70%.

Estresse Térmico Agudo: Segundo Northcutt et al. (1994), frangos expostos a um estresse térmico agudo ou de curto prazo, imediatamente antes do abate, apresentam alterações na qualidade de carne. Episódios de estresse agudo podem ser vivenciados em uma produção comercial de frango, ou durante algumas das etapas da cadeia produtiva como o transporte ou o tempo de espera no frigorífico antes do abate (WARRISS et al., 1993), em que podem ocorrer episódios de calor ou frio intensos (WEBSTER et al., 1993; MITCHELL; KETTLEWELL, 1998), desafios estressantes que podem causar efeitos negativos na eficiência de produção, taxa de mortalidade e qualidade de carne.

A primeira reação de frangos submetidos a um ambiente de temperatura extremamente alta é a elevação de sua temperatura corporal, que pode ser usada como um indicador da extensão do esforço termoregulatório (HOCKING et al., 1994). De acordo com Edens (1978), frangos expostos a altas temperaturas (43°C) mostram, logo no início (antes de 90 minutos), um aumento

na concentração de corticosterona, depois, uma significante queda, caracterizando a síndrome de insuficiência cortical adrenal aguda, que está associada à perda de glicose, colesterol, cálcio total, fosfato inorgânico e diminuição da razão sódio/potássio do plasma sanguíneo. Finalmente, as aves desenvolvem hipertermia severa, caracterizada por aumento do pH sanguíneo, indicando presença de alcalose respiratória (HOCKING et al., 1994; SANDERCOCK et al., 2001).

Furlan et al. (1999) associaram o aumento da taxa respiratória com o resfriamento corporal por evaporação, ou seja, em situações de hipertermia, as aves aumentam a taxa respiratória para elevar a evaporação e, conseqüentemente, resfriar melhor o corpo. É possível que o estresse agudo pré-abate cause ao mesmo tempo, alterações na permeabilidade das membranas e mudanças no metabolismo do músculo de frangos, influenciando a qualidade de carne no período *post mortem* (SANDERCOCK et al., 2001).

Assim, entre os fatores ambientais, os fatores térmicos, representados principalmente pela temperatura e pela UR do ar, são os que afetam mais diretamente as aves, pois comprometem a manutenção da homeotermia, uma função vital alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de perda de calor (OLIVEIRA et al., 2006).

1.1.3 Parâmetros de Qualidade de Carne

Segundo Fletcher (2002), os principais atributos de qualidade da carne de aves são aparência, textura, suculência, sabor e propriedades funcionais e entre esses, a aparência e a textura são os parâmetros mais importantes que influenciam o consumidor na seleção inicial e na satisfação final do produto.

1.1.3.1 Aparência

A aparência da carne é uma das primeiras características observadas pelos consumidores, sendo a cor um importante atributo de qualidade que influencia a aceitação no momento da compra. Os consumidores geralmente rejeitam produtos que não apresentam a cor considerada normal e desejada por eles (QIAO et al., 2002; FANATICO et al., 2005).

As diferenças regulares de cor encontradas entre os cortes de carne de frango (peito, coxa, sobrecoxa) são conseqüência do tipo de fibra e do metabolismo predominante em cada porção muscular. No peito, por exemplo, prevalecem fibras brancas de metabolismo anaeróbico que possuem baixo teor de citocromo e mioglobina (OBANU, 1984). Porém, quando se trata de

outras alterações o consumidor associa a cor com o frescor da carne e baseia sua decisão de compra na atratividade do produto (YANG; JIANG, 2005). Um exemplo é a relação que o consumidor faz com carne escura e carne de menor maciez, que nem sempre é verdadeira, como no caso de um animal abatido com pouca reserva de glicogênio. Nesse caso, a carne não atinge o pH suficientemente baixo para produzir uma coloração normal, independente de sua idade ou maciez (SAINZ, 1996). Quando o animal é submetido a um estresse pré-abate, ocorre redução na quantidade de glicogênio muscular, resultando em pH final elevado com conseqüente escurecimento da carne.

As alterações de cor constituem, portanto, o maior problema do varejo de carne de frango, porque os consumidores são mais sensíveis às variações de cor, do que às cores absolutas e, portanto, tendem a rejeitar embalagens contendo vários filés, com notáveis diferenças de coloração entre eles (FLETCHER, 1999a).

Os principais componentes que contribuem para a coloração da carne de aves são os teores de mioglobina e hemoglobina, o estado químico desses pigmentos e o pH (FLETCHER, 2002; YANG; JIANG, 2005). A mioglobina presente está primariamente relacionada às espécies, músculos e idade do animal. Já o pH está relacionado ao estado bioquímico do músculo no momento do abate e no desenvolvimento do *rigor mortis* (FLETCHER, 2002).

O efeito do pH sobre a cor da carne é complexo. Um dos efeitos dessa relação se deve ao fato de que todas as reações associadas aos pigmentos heme são pH dependentes. Além disso, o pH do músculo afeta a natureza da ligação de água das proteínas, e por isso atinge diretamente a estrutura física da carne e suas propriedades de reflexão da luz (BRISKEY, 1964 apud FLETCHER, 2002). Isso acontece porque a cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne.

A cor da carne de frango pode ser afetada por diversos fatores, como idade, sexo, linhagem, dieta, gordura intramuscular, localização anatômica do músculo, atividade física, condições de manejo pré-abate como estresse térmico e também em decorrência de problemas no processamento, como temperatura de escaldagem e condições de armazenamento e congelamento (CONTRERAS-CASTILLO, 2001; FLETCHER, 2002).

As condições climáticas durante o transporte e período de espera na planta de abate também têm mostrado afetar o rendimento e a qualidade de carne e, conseqüentemente, sua aparência (NORTHCUTT et al., 1994; McKEE; SAMS, 1997; PETRACCI et al., 2001; BIANCHI et al., 2004).

1.1.3.1.1 Sistemas de Medição de Cor

Com o aumento do interesse na relação entre a cor e as propriedades funcionais da carne fresca, houve um aumento também na utilização de equipamentos visuais e instrumentos selecionadores computadorizados, como os colorímetros e espectrofotômetros.

Qualquer aparelho destinado à medida da cor deve levar em consideração os três elementos da observação visual (luz, objeto e observador) e projetá-los em valores numéricos que expressem a percepção humana da cor sob condições específicas de iluminação (HUNT, 1980).

Vários sistemas de cor (Hunter, CIE-triestímulus, Munsell) foram desenvolvidos para descrição física da cor da carne. Os parâmetros utilizados na avaliação, baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab, sigla composta pelas iniciais da comissão que estabeleceu o sistema (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE, 1978) e suas escalas de cor (luminosidade, representada por L*, teor de vermelho, representado por a* e teor de amarelo, representado por b*).

Segundo MacDougall (1994), os cinco parâmetros mais importantes para especificação da cor obtida instrumentalmente, para que possa ser universalmente interpretada são: (a) tipo de escala (Hunter, CIELab); (b) campo de visão do observador (2°, 10°); (c) tipo de iluminante (A, C, D65, F2); (d) geometria do instrumento (abertura, especular incluído/excluído) e; (e) procedimentos utilizados nas avaliações (medidas, espessura da carne, temperatura, umidade, pH). Bianchi e Fletcher (2002) demonstraram que a espessura da amostra e o anteparo posicionado abaixo da carne do peito podem afetar drasticamente as leituras instrumentais de cor, dessa forma, a preparação da amostra requer procedimentos padronizados para que haja repetibilidade e reprodutibilidade das medidas. Além disso, para que se façam medidas de forma correta, é preciso estar ciente que há uma variação na cor da carne de peito, medida no dia do abate e 24 horas depois, assim como muitos autores têm demonstrado (LE BIHAN-DUVAL et al., 1999; ALVARADO; SAMS, 2000; MALLIA et al., 2000; OWENS et al., 2000a, 2000b, 2000c; OWENS; SAMS, 2000; QIAO et al., 2001).

Em uma série de estudos, a cor foi avaliada no curto prazo (0-12 horas) e no longo prazo (1-7 dias), e os resultados mostraram que ambos valores de cor, da pele e da carne, se alteram decisivamente nas primeiras várias horas pós-abate, e assim continuam, porém em uma taxa mais lenta, até o sétimo dia de armazenamento (PETRACCI; FLETCHER, 2002). Por conseqüência, os sistemas instrumentais de leitura de cor, incluindo aqueles utilizados nas plantas de processamento para selecionar carcaças ou carnes, devem considerar o tempo *post mortem* da carne, a espessura das amostras, o material usado sob a carne como anteparo e também seguir todas as especificações do CIE.

1.1.3.1.2 Uso do Parâmetro Cor para Classificação ou Seleção de Carne

Recentemente, muitos pesquisadores têm estudado a relação entre a cor da carne de peito de frango crua e as demais propriedades funcionais (BOULIANNE; KING, 1995; QIAO et al., 2001; PETRACCI et al., 2004; BIANCHI et al., 2005), sugerindo que as medidas de luminosidade (L*) podem ser usadas como indicador de qualidade de carne para processamento, assim como para se estimar a incidência da condição PSE (BARBUT, 1993, 1997, 2002; OWENS et al., 2000a; WILKINS et al., 2000; WOELFEL et al., 2002; PETRACCI et al., 2004).

Existem algumas diferenças entre pesquisas, com relação ao valor de luminosidade (L*) necessário para que se caracterize carne com propriedades funcionais prejudicadas (FLETCHER, 2002), porém muitos pesquisadores têm examinado as diferenças entre as características da carne normal, pálida e escura, selecionando-as visualmente ou utilizando medidas objetivas de L*. No entanto, há muita divergência entre os estudos, com relação aos valores de L* adotados como sendo "notas de corte" para a identificação e caracterização de condições pré-determinadas como a PSE e a DFD.

Boulianne e King (1995) encontraram valores de L*=52,3 para carnes normais e L*=59,2 para carnes pálidas, mensurados após o resfriamento entre 24 e 72 horas após o abate. Em outro estudo, filés escuros e pálidos foram selecionados com base em notas visuais de cor, em três replicações. Os valores médios de L* para filés escuros e pálidos foram 43,7 *versus* 51,6, 48,5 *versus* 53,4 e 43,2 *versus* 49,6, mensurados 2 horas após o resfriamento e desossa (ALLEN et al., 1997). Fletcher (1999b) dividiu visualmente filés de peito de frangos em grupos "mais escuros que o normal", "normais" e "mais pálidos que o normal" em cinco plantas de abate e encontrou valores médios de L*=43,1, 45,6 e 48,8 para os três grupos de cores, respectivamente, não

indicando quanto tempo pós-abate foram feitas as análises. Van Laack et al. (2000) coletaram peitos de frango normais e pálidos, baseados em avaliação visual e encontraram valores de L*=55,1 e 60,0 para normais e pálidos respectivamente, mensurados aproximadamente 24 horas após o abate. Woelfel e Sams (2001) selecionaram peitos normais e pálidos por classificação visual subjetiva e encontraram valores de L*=52,43 para o grupo de peitos com coloração classificada como normal e 60,26 para o grupo com coloração classificada como pálida, mensurados 3 horas pós-abate. Qiao et al. (2002), a fim de estudarem se a variação de cor pode afetar as propriedades da carne marinada, classificaram três grupos de cores com os seguintes valores: filés pálidos L*>53, normais 48<L*>51, e escuros L*<46, mensurados logo após a desossa, na planta de abate. Barbut (1997) estabeleceu que valores de L* acima de 53 e pH abaixo de 5,7, define carne de peito de frango pálida com características de PSE e L* abaixo de 46 e pH acima de 6,1, define carne de peito escura, característica de DFD, sendo os valores mensurados antes de 24 horas *post mortem*.

Devido a essa enorme variação entre metodologias e entre os próprios resultados Barbut (1997), Wilkins et al. (2000) e Woelfel et al. (2002) sugeriram que cada planta de processamento deva determinar seus próprios valores de L* (nota de corte) para classificcação, dependendo do tipo de frango, fatores de processamento e especificações finais do produto.

1.1.3.2 Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade de importância fundamental em termos de qualidade para a carne. É o termo utilizado para descrever a habilidade do músculo em se ligar à água sob diversas condições, ou seja, a capacidade da carne em reter a água contida em sua estrutura mesmo sob a aplicação de uma força (TROUT, 1988). O interesse pelo estudo da CRA do músculo decorre de sua influência no aspecto da carne crua e de seu comportamento durante o processo de cocção, tendo como objetivo avaliar a importância da sua participação na palatabilidade do produto.

A água presente no músculo encontra-se sob três formas distintas: (1) ligada - fortemente conectada aos grupos hidrófilos das proteínas, possui baixa mobilidade e sofre poucas alterações após a instalação do *rigor mortis*; (2) retida ou imobilizada - presa por atração às demais moléculas de água ligada. É a forma de água mais afetada durante o processo de *rigor mortis* e

manter essa fração na carne é o maior objetivo dos processadores e; (3) livre - localizada superficialmente (OFFER; KNIGHT, 1988b).

Aproximadamente 95% da água do músculo é classificada como livre. Presente no espaço sarcoplasmático, estas moléculas se encontram fracamente ligadas entre si, podem migrar entre as estruturas musculares e são mantidas pela membrana celular (TROUT, 1988; HONIKEL; HAMM, 1994).

Quanto à água quimicamente ligada às proteínas (fortemente ligada ou retida), pode ocorrer de várias formas: (a) quimicamente ligada aos grupos polares dos aminoácidos das cadeias miofibrilares; (b) atraída pelos grupos hidrófilos das proteínas presentes nas estruturas filamentosas, em que força de ligação diminui à medida que aumenta a distância entre a proteína e a água e; (c) moléculas de água que podem ser imobilizadas pela configuração protéica, mas não se ligam diretamente a ela (LAWRIE, 2005).

As moléculas de água fixadas aos filamentos podem estar presentes em maior ou menor quantidade, dependendo das condições da fibra muscular. Se a estrutura se encontra contraída, de tal modo que a actina e a miosina se sobrepõem, o espaço estrutural diminui e a quantidade de água imobilizada é reduzida. Por outro lado, o afrouxamento da fibra provoca o aumento do espaço e possibilita maior imobilização de água (HAMM, 1982). Segundo Offer e Trinick (1983), o espaço do interfilamento varia entre 320 a 570 ângstrons, sendo este influenciado pelo pH, força iônica, pressão osmótica, comprimento do sarcômero e se o músculo está em pré ou *post-rigor,* cujos efeitos são detalhados a seguir;

pH: O pH modifica a ionização e as cargas da estrutura das proteínas. O ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares é aproximadamente pH 5,0 em que as cargas positivas e negativas se igualam, ocorrendo atração entre si, não se tornando disponíveis para ligação com as moléculas de água. No entanto, um aumento ou redução nesse valor faz com que predomine proteínas com maior quantidade de cargas negativas ou positivas respectivamente, provocando dessa forma, um aumento na repulsão dos miofilamentos e com isso maior espaçamento entre as ligações cruzadas, que resulta em maior CRA (BERTRAM et al., 2004).

Warris e Brown (1987) reportaram que o rápido declínio do pH *post mortem*, enquanto a temperatura da carcaça ainda está elevada, pode resultar numa extensiva desnaturação protéica do músculo sarcoplásmico, que afeta a cor e a CRA da carne, indicando características de carne PSE. Porém, se o pH da carne estiver alto (>6,0), no estabelecimento do *rigor*, como resultado da

depleção do glicogênio antes do abate, causado pelo estresse pré-abate, inanição, exercício ou tratamento com remédios, a carne se torna DFD. O conteúdo de fluido exsudado de músculos não congelados com pH 6,4 é aproximadamente 1/3 daquele com pH 5,2 (OFFER; KNIGHT, 1988b).

Força iônica: Em carnes cruas, a única estrutura muscular que segura firmemente á água é a miofibrila. Porém, em produtos cárneos cozidos obtidos após o tratamento da carne com sal, uma estrutura adicional para reter a água pode estar presente. Em produtos adicionados de solução salina, os filamentos grossos são despolimerizados em moléculas de miosina, e em pH elevado o sal faz com que a carne retenha sua própria água e absorva a água adicionada. Quando o produto é aquecido, as moléculas de miosina se juntam para formar um gel, o qual serve para juntar as porções de carne. Ao interpretar o efeito da adição de NaCl e polifosfatos, é importante verificar que a carne contém muitas espécies iônicas de baixo peso molecular, as quais contribuem com a força iônica total e podem ter efeitos específicos adicionais na estrutura muscular (OFFER; KNIGHT, 1988a).

Comprimento do sarcômero: Os músculos encurtam quando entram em estado de *rigor* e esse encurtamento é mais intenso com a redução da temperatura. Em cortes resfriados, com redução do volume do sarcômero e das regiões internodais, ou seja, encurtados pelo frio, ocorre aumento de quantidade de gotejamento. O encolhimento lateral dos filamentos expele água das miofibrilas e, desde que essa água esteja fracamente presa, ela pode ser perdida mais facilmente (OFFER; KNIGHT, 1988b).

Rigor mortis: Assim que o músculo entra em *rigor mortis*, as ligações cruzadas se formam entre os filamentos largos e estreitos formando uma rede espessa, reduzindo assim, os espaços disponíveis para a água retida (OFFER; TRINICK, 1983). Esse declínio no espaçamento entre os filamentos força o movimento do fluido sarcoplasmático do espaço entre os miofilamentos para o espaço extramiofibrilar (BENDALL; SWATLAND, 1988).

Nas situações em que a instalação do *rigor mortis* é acelerada, ocorre um aumento na velocidade das reações glicolíticas e acúmulo de ácido láctico. A procedente rápida redução do pH no músculo, antes que o calor corporal tenha se dissipado leva à desnaturação das proteínas musculares, resultando em elevadas perdas de água por gotejamento. Entretanto, se a velocidade de instalação do *rigor* é lenta e a extensão da glicólise é baixa, o pH se mantém elevado e a carne pode apresentar elevada CRA (HONIKEL; HAMM, 1994).

Recentemente, estudos com ressonância magnética nuclear têm contribuído para explicar a relação existente entre a estrutura da célula muscular e a sua distribuição de água (BERTRAM et al., 2002), já que são as responsáveis pela qualidade e valor econômico da carne (OFFER; KNIGHT, 1988a). O conteúdo aquoso e sua distribuição no músculo, portanto, são importantes do ponto de vista tecnológico para a indústria, pois relaciona a CRA com a perda de peso pós-abate, com a qualidade, com o rendimento da carne e com o sucesso da formulação de produtos complexos como salsichas, filés marinados, tortas, itens pré-cozidos, entre outros (FLETCHER, 2002).

A funcionalidade da carne para a indústria relaciona-se com a CRA do músculo entre outros motivos, pela perda significativa de proteínas, principalmente as solúveis em água, como as sarcoplasmáticas durante a perda de exsudado (OFFER; KNIGHT, 1988a, 1988b). Na média, o exsudado pode conter aproximadamente 112 mg de proteína por mililitro de fluido (SAVAGE et al., 1990). A quantidade exsudada irá influenciar cor, textura e firmeza da carne crua e sabor, odor e suculência da carne cozida. Os cortes feitos nas carnes que serão postas à venda podem provocar a perda de grande quantidade de água, que se acumula na embalagem deixando um aspecto pouco atrativo para o consumidor. A perda de peso das carcaças, palatabilidade e valor nutritivo também são problemas sérios para as indústrias (BONAGURIO et al., 2003).

A capacidade de retenção de água pode ser determinada por metodologias que utilizam a força de gravidade (perda por gotejamento, PPG - *Drip Loss*), por aplicação de força (pressão em papel filtro ou centrifugação - CRAc) e por tratamento térmico (perda de peso por cocção, PPC - *Cook Loss*). Porém, a CRA não é um parâmetro objetivo e sim uma tendência, pois não existe um valor real para esta propriedade (HONIKEL; HAMM, 1994).

1.1.3.3 pH

O pH apresenta fundamental importância no processo de transformação do músculo em carne, sendo que, sobre as características sensoriais influi não somente o pH final, mas também a velocidade de queda do mesmo (LAWRIE, 2005).

Para que o músculo de um animal abatido se transforme em carne é necessário que ocorram processos bioquímicos conhecidos como modificações *post mortem*. Em condições normais, sucedem na carcaça dois estágios distintos, o primeiro é o desenvolvimento do *rigor mortis* associado ao consumo das reservas energéticas musculares e a formação do complexo

actomiosina (HAMM, 1982). O segundo estágio coincide com a aparente resolução do *rigor mortis*. Embora o complexo actomiosina permaneça inalterado, ocorre degradação na matriz protéica miofibrilar, resultando em aumento na maciez da carne (LAWRIE, 2005). Em músculos de peito de frango, esse processo acontece num período médio de 4 a 8 horas (DAWSON et al., 1987).

O pH muscular pode ser afetado por fatores intrínsecos ao animal como tipo de músculo, espécie, raça, idade, sexo e indivíduo, e extrínsecos, como condições climáticas, alimentação, tempo de jejum, insensibilização, estimulação elétrica e refrigeração. O pH final (24 horas *post mortem*) é determinante para a qualidade da carne, pois está relacionado diretamente com as proteínas e com os pigmentos da carne. Assim, o valor em que ele se estabiliza influencia diretamente os parâmetros de cor, CRA, maciez, PPC, suculência, estabilidade microbiológica (QIAO et al., 2001; FLETCHER, 2002), vida-útil, desenvolvimento de odor, absorção de solução de marinação e perda por gotejamento (ALLEN, 1997, 1998).

Em condições normais, após o abate, o animal sofre uma queda do pH, causada pela utilização da reserva de glicogênio e sua conseqüente transformação em ácido láctico através do processo de glicólise anaeróbia, devido à ausência de oxigênio nas células. Com o aumento do ácido láctico, o pH decresce. Na ausência de glicogênio, as enzimas responsáveis pela glicólise tornam-se inativas em função do baixo pH. Rapidamente, a creatina fosfato é utilizada e a concentração de ATP diminui. Na ausência de ATP, a miosina liga-se com a actina, formando o complexo actomiosina e o músculo torna-se rígido, caracterizando o processo *rigor mortis*. A taxa de utilização do ATP praticamente coincide com a taxa da queda do pH muscular. O tempo para alcançar o pH final varia de acordo com a espécie, velocidade de resfriamento e nível de atividades antes do abate. A velocidade e a maneira como estas alterações bioquímicas *post mortem* ocorrem influenciam drasticamente a qualidade da carne. Portanto, as condições pré-abate e durante o início do *rigor mortis* determinam a velocidade de glicólise, a liberação de ácido láctico e a taxa de queda do pH (BOND et al., 2004).

Segundo Fletcher (2002), condições ambientais, jejum e excitação das aves antes do abate afetam a reserva de glicogênio muscular. Quando o pH atinge valor menor do que 5,7, enquanto a temperatura do músculo ainda está alta (próxima aos 35°C), têm-se a indicação de carne potencialmente PSE. Todavia, se o pH diminuir pouco, depois de decorridas as primeiras horas de abate, têm-se indicação de carne DFD, essa anomalia é comum quando ocorre estresse do

animal ou exercício muscular prolongado no período pré-abate (APPLE et al., 1995), assim, os animais submetidos a essas condições apresentam menor conteúdo de glicogênio nos músculos, resultando em maior valor de pH em relação a animais com alto teor de glicogênio muscular.

1.1.3.4 Textura

A textura é um dos critérios de qualidade mais importantes em qualquer tipo de carne, pois está associada à satisfação final do consumidor. Trata-se de um parâmetro sensorial que possui como atributos primários, maciez, coesividade, viscosidade e elasticidade, e como secundários, gomosidade, mastigabilidade, suculência, fraturabilidade e adesividade (SOUZA, 2006). Os dois fatores que mais contribuem para a textura da carne de frango são: a maturidade do tecido conectivo, que envolve as ligações cruzadas de colágeno no músculo e o estado contráctil das proteínas miofibrilares, que é a função primária da severidade do desenvolvimento do *rigor mortis* (FLETCHER, 2002).

Atualmente, a variação na maciez é um dos problemas mais importantes e comumente detectados em carnes de peito de frango. Esse problema está freqüentemente relacionado com as alterações bioquímicas que ocorrem na estrutura miofibrilar, ocasionadas com a rápida instalação do *rigor mortis* em aves submetidas a condições de estresse pré-abate (PAPA; FLETCHER, 1988). Para Fletcher (2002), uma carne mais dura pode passar ao consumidor a impressão de carne de animal mais velho, quando, no entanto, além dessa possibilidade, a textura pode estar associada a fatores de estresse.

Os fatores que podem afetar a textura da carne têm duas origens, 1) *ante mortem*: idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero e 2) *post mortem*: estimulação elétrica, *rigor mortis*, pH final, velocidade de resfriamento da carcaça, maturação, métodos e temperatura de cocção. Qualquer fator que interfira na formação do *rigor mortis* ou no processo de resolução que o segue, afeta a maciez da carne. Aves que se debatem ou sofrem estresse térmico antes do abate apresentam um esgotamento de energia mais rápido em seus músculos, antecipando o início do *rigor*. A textura desses músculos tende a ser mais dura que a de aves não estressadas. Além disso, o atordoamento não controlado, temperatura e tempo de escalda inadequados e corte dos músculos na fase *pré-rigor* podem causar rigidez na carne de frango (CONTRERAS-CASTILLO, 2001).

Dentre os métodos objetivos conhecidos para avaliar a maciez da carne, a força de cisalhamento é o mais utilizado. Essa metodologia utiliza-se de um texturômetro acoplado a lâmina Warner-Blatzler, o qual mensura a pressão necessária para que a lâmina corte a porção do músculo.

Na literatura, há discordância com relação a valores limite de força de cisalhamento para considerar carne de peito de frango como macia. Simpson e Goodwin (1974) indicaram 8 $kgf.g^{-1}$, enquanto Lyon et al. (1985) utilizaram como referência 7,5 $kgf.g^{-1}$. Em estudos comparando a análise sensorial com a objetiva, para textura de carne de peito de frango, Lyon e Lyon (1990) reportaram que a força de cisalhamento, em Warner-Blatzler, superior a 12,6 era perceptível ao ser humano em painéis sensoriais com sendo "muito rígida" e abaixo de 3,6 como "muito macia".

Todavia, a comparação dos resultados de textura entre os diversos trabalhos de pesquisa é dificultada pela descrição incompleta da metodologia utilizada, pois a força de cisalhamento pode variar em função das diferentes posições que originam as amostras e as condições de cozimento aplicadas às mesmas (CONTRERAS-CASTILLO, 2001).

1.1.3.5 Oxidação Lipídica

Os lipídeos possuem papel determinante na aceitação de produtos cárneos pelo consumidor, já que a sua concentração, composição e integridade influenciam fortemente a textura, aroma e sabor dos alimentos. A oxidação lipídica é uma das maiores causas de deterioração da qualidade em carnes, contribuindo para degradação do *flavor* e redução da vida-útil dos produtos devido à iniciação da peroxidação (VERCELLOTTI et al., 1992).

O processo de oxidação se inicia na ligação carbono-hidrogênio, adjacente à dupla ligação da cadeia de carbono e pode ser catalisado por um grande número de fatores, especialmente ambientais (umidade, temperatura, luz e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), de enzimas e de pigmentos (ADAMS, 1999). Quando o animal está vivo há, relativamente, pouco estresse oxidativo e alta capacidade antioxidante ocorrendo. Já na carne e, particularmente na transição de músculo à carne, existe alto estresse oxidativo e relativamente baixa capacidade antioxidante para reverter as reações de oxidação. É a diferença entre essas duas condições que torna o estresse oxidativo um importante fator para a qualidade de carne (WARNER et al., 2005).

A produção de níveis excessivos de espécies reativas ao oxigênio, enquanto o animal ainda está vivo pode ser estimulada por condições estressantes ou clínicas, resultando em

distúrbios no balanço entre a oxidação e os sistemas antioxidantes de defesa, causando peroxidação lipídica e injúrias oxidativas às proteínas e ao DNA (DRÖGE, 2002). Em frangos, o balanço entre a produção de espécies reativas ao oxigênio e sistemas antioxidantes pode ser afetado pelo estresse térmico (LIN et al., 2000; MAHMOUD; EDENS, 2003).

Altas temperaturas afetam, de forma adversa, a estrutura e a fisiologia das células, causando prejuízos na transcrição do RNA e conseqüentemente nas estruturas e funções das membranas e do metabolismo oxidativo (MAGER; De KRUIJFF, 1995). Durante o processo de conversão de músculo em carne, ocorre uma série de mudanças bioquímicas que acompanham o metabolismo *post mortem* e promovem condições para que o processo de oxidação se instale. Estas mudanças favorecem também o desenvolvimento da oxidação da fração fosfolipídica altamente insaturada nas membranas subcelulares (GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1998).

A propensão da carne e de seus produtos serem submetidos à oxidação depende, entre vários fatores, da composição de ácidos graxos (grau de insaturação) e da presença de pró-oxidantes no músculo. Quanto maior o grau de insaturação dos ácidos graxos, maior a susceptibilidade a oxidação da carne, afetando sua cor, sabor, textura e valor nutricional, conseqüentemente sua qualidade total durante o armazenamento (JAHAN et al., 2004).

A oxidação lipídica, portanto, é o principal processo pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e de seus produtos, depois da deterioração microbiana (GRAY et al., 1996). É um determinante da vida-útil do produto, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e degrada vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al., 2005).

O valor de TBARS, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, constitui-se numa maneira de expressar o valor obtido no teste de TBA, sendo atualmente mais utilizado, especialmente em carnes e derivados. O teste de TBA quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm (segundo a metodologia esse comprimento pode variar ao redor de 500 a 550 nm) (OSAWA et al., 2005). Além dos aldeídos, incluindo os malonaldeídos, outras substâncias como cetonas, ácidos, ésteres, açúcares, imidas, amidas (uréia), aminoácidos, proteínas oxidadas,

piridinas e pirimidinas podem reagir com o TBA, resultando no que se chama TBARS (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998).

1.1.4 Anomalias da Carne

1.1.4.1 Carnes Pálidas, Flácidas e Exsudativas (PSE)

A relação entre estresse *ante mortem* e necessidade de maior produção de energia pela via glicolítica anaeróbica, com conseqüente produção de ácido láctico, rápido declínio de pH *post mortem*, enquanto a carcaça ainda está quente e a alta desnaturação protéica, alto valor L*, baixa CRA e outras propriedades funcionais prejudicadas, caracterizam a condição PSE em carne de aves (SOSNICKI; GREASER, 1996).

A incidência da carne PSE tem sido estuda há mais de 40 anos em suínos e neste período foi verificado que algumas raças apresentam maior susceptibilidade ao estresse do que outras, indicando predisposição hereditária, no entanto, em aves, estas origens ainda não estão bem esclarescidas, mas com certeza incluem o manejo de criação e/ou condições ambientais entre os fatores que contribuem para o desenvolvimento dessa anomalia.

Por sua cor e, principalmente por sua propriedade de não reter água como um músculo normal, as carnes PSE causam transtornos à industrialização. Apresentam rendimento deficiente, quando processadas, dificuldade em manter sua própria água, baixa absorção de salmoura durante a marinação (WOELFEL et al., 2002), perda de líquido por gotejamento (exsudação) na embalagem, baixa coesividade, perda de peso pós-cocção e com isso baixa suculência e baixa capacidade de emulsificação (FLETCHER, 2002), além de reduzida vida de prateleira (BARBUT, 2002). De acordo com Dransfield e Sosnicki (1999), a carne PSE possui também menor potencial proteolítico *post mortem*, o que contribui para a diminuição da maciez da carne. Segundo esses autores, o rápido declínio de pH, a altas temperaturas da carcaça, inativa o sistema calpaína e reduz o amaciamento *post mortem*.

1.1.4.2 Carnes Escuras, Rígidas e Secas (DFD)

A ativação do sistema nervoso simpático, em resposta a um estresse severo ou por um período prolongado, tende a esgotar as reservas energéticas do músculo, fazendo com que pouca glicose esteja disponível para conversão à ácido láctico. A carne resultante apresenta pH elevado

(próximo ao fisiológico), coloração escura, consistência rígida, aparência seca, pouco atraente para o consumidor e também reduzida vida-útil (BERG, 2001).

A carne em condição DFD apresenta-se mais escura, pois devido ao pH elevado, sua superfície dispersa menos luz do que o normal (LAWRIE, 2005), é rígida, pois as fibras estão intumescidas pelo preenchimento com fluidos sarcoplasmáticos e, finalmente seca pois a água endógena da carne está firmemente ligada às proteínas, não a deixando fluir para a superfície (OLIVO, 2006). Além disso, quando o pH de um músculo não declina a um nível inferior a 6,0, torna-se um ambiente ideal para o crescimento e acúmulo de esporos e microrganismos e por isso, a vida de prateleira é reduzida (DEGENHART, 1988; JUDGE et al., 1989).

1.1.5 Processamento: Marinação

Recentemente os consumidores têm dado preferência à compra do frango já desossado e de produtos processados em vez do tradicional frango inteiro. Essa tendência reflete a disposição do consumidor a pagar por conveniência e mínimas perdas. No entanto, acompanhada dessa disposição a pagar mais, surge também, a demanda por qualidade máxima e por padronização dos produtos.

A marinação de carnes é uma prática antiga usada para melhorar e diferenciar sabores, incrementar textura de músculos mais rígidos e aumentar a conservação. Inicialmente, o processo era usado como prática culinária, mas com o desenvolvimento da indústria frigorífica, a técnica da marinação foi amplamente adotada para a produção em larga escala (BORTOLUZZI, 2006).

Marinados são soluções condimentadas que podem ser aplicadas na carne através de processo de imersão, massagem ou injeção, com a finalidade de conservar, temperar e amaciar carnes. Pela legislação brasileira, essa classe de produtos é normatizada pela Instrução Normativa número 64 (BRASIL, 2003). O desenvolvimento da fórmula de um marinado pode ser visto como a preparação de um sistema de balanceamento multifatorial. A carne é processada a fim de permitir a difusão da salmoura e a migração de líquido e solutos para o interior do músculo. O sal e os polifosfatos usados trabalham sinergicamente para o aumento da capacidade de retenção de água, através do aumento do pH e força iônica, dissociando a actomiosina para expor mais sítios de ligação com a água (WONG, 1989 apud ALVARADO; SAMS, 2003).

1.1.5.1 Sal

O sal, além de conferir sabor e conservar o produto, também possui um papel importante no aumento da CRA. O balanço hídrico no interior da carne fundamenta-se no princípio da osmose. A concentração de cloreto de sódio no tecido muscular é de aproximadamente 0,9% e a maioria das salmouras são altamente hipertônicas, o que faz com que a água das células tenda a sair, porém a pressão exercida pelo líquido deve ultrapassar as estruturas do tecido conjuntivo, causando danos às membranas celulares e então, o princípio da osmose deixa de prevalecer.

A absorção de sal diminui as forças internas de atração entre os grupos de cargas opostas entre as moléculas de proteínas (SMITH, 2001), permitindo que os íons de cloro (de carga negativa) se unam com as cadeias protéicas (de carga positiva). Assim, o sal solubiliza as proteínas miofibrilares através do aumento da repulsão eletrostática entre os filamentos e, a cadeia tridimencional das proteínas se abre fazendo com que um maior número de cargas fiquem expostas, liberando alguns dos sítios de ligação para as moléculas de água e, com isso, aumentando as propriedades de ligação de água da carne (BABJI et al., 1982).

1.1.5.2 Fosfatos

Os fosfatos, normalmente presentes nas salmouras, são responsáveis pela dissociação da actina da miosina, facilitando assim a solubilização das proteínas, pela influência dos valores de pH (PEARSON; GILLETT, 1996).

Quando o pH está elevado, longe do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, a solubilidade aumenta por causa da repulsão eletrostática entre as moléculas. Quando isso ocorre, a quantidade de cargas elétricas negativas do sistema aumenta graças à extração de proteínas e a água injetada pode ligar-se nas cargas disponíveis de forma estável (SMITH, 2001). Portanto, os polifosfatos agem como polieletrólitos e aumentam a força iônica do meio e com isso elevam a capacidade de retenção de água através do fortalecimento da capacidade de ligação (PEARSON; GILLETT, 1996), promovendo melhora na textura e maior estabilidade do material cru. Além dessas habilidades, os fosfatos ajudam a evitar a oxidação da gordura, através de sua ação seqüestrante de metais (VIANA, 2005).

Pirofosfato tetra sódico (TSPP), tripolifosfato de sódio (STPP) e trifosfato de sódio (STP) são comumente usados em formulações (XIONG; KUPSKI, 1999), porém, pelo fato dos fosfatos variarem em solubilidade e efeito sobre o pH e CRA, a extensão das melhorias na qualidade de

carne é dependente do tipo de fosfato utilizado. Podendo ser divididos em três classes: ácido, neutro e básico (SYLVIA et al., 1994). De uma forma geral, do mesmo modo que o sal, os fosfatos alcalinos promovem maior intumescência da miofibrila e extração de miosina.

Segundo Smith e Acton (2001), o sal e os fosfatos são ingredientes que promovem um sistema de marinação funcional e possuem um efeito sinérgico em alterar as propriedades da carne. O sal contribui na preservação do *flavor* e a adição dos fosfatos reduz a necessidade da alta concentração de sal requerida para o máximo inchaço das miofibrilas (OFFER; TRINICK, 1983) e máximo desempenho em ligação de água.

1.1.5.3 Métodos de Marinação

O processo de marinação pode ser feito de forma estática ou dinâmica. A forma estática se realiza por imersão da carne em salmoura, em que os ingredientes devem penetrar por difusão, sem nenhuma aplicação de força e a maneira dinâmica é feita por massagem ou injeção.

A massagem em *Tumbler* apresenta o melhor desempenho em pedaços pequenos, especialmente em filés de frango sem pele e sem osso (VIANA, 2005). O *tumbleamento* (massageamento) é o processo no qual a carne é colocada no interior de um tanque resfriado, de aço inoxidável, montado sobre uma base giratória, que serve para agitar o conteúdo enquanto faz o movimento de rotação, com velocidade ajustável (PEARSON; GILLETT, 1996).

Muitos aparelhos são equipados com uma bomba de vácuo que retira o ar do tanque com um compressor. A massagem sob vácuo previne a entrada de ar no produto e promove um trabalho mecânico que colabora com os demais ingredientes para o aumento da solubilização das membranas celulares e das proteínas miofibrilares (PEARSON; GILLETT, 1996). A agitação permite maior extração de proteínas miofibrilares da superfície e, com isso, maior absorção de sal e outros ingredientes (BARBUT, 2002). O processo com o *tumbler*, quando comparado com o processo de imersão estática faz com que mais proteínas sejam extraídas e, portanto, maior quantidade de salmoura seja absorvida (PEARSON; GILLETT, 1996).

Ao cozinhar-se o músculo, após a massagem, ocorre a fixação da água através da solidificação do gel protéico. Dessa forma, a combinação de cloreto de sódio e polifosfatos, agindo sinergicamente, aumenta a hidratação das carnes, reduz o gotejamento e perdas por cocção (YOUNG et al., 1987; WOELFEL; SAMS, 2001), melhora a propriedade de fixação dos nutrientes, além contribuir com a maciez (MAKI; FRONING, 1987).

Em produtos marinados, as diferenças de pH relacionam-se com variações extremas de coloração, e outras propriedades funcionais da carne (QIAO et al., 2002). No caso de carnes de frango *in natura*, que apresentam anomalias como PSE ou DFD, a comercialização fica totalmente prejudicada e torna-se um problema para a indústria. Para contornar essa situação os processadores costumam diluir essas porções entre os demais lotes, ou mascarar em produtos empanados ou embutidos. No entanto, estudos demonstram que a marinação em peito de frango pode contribuir para elevar a aceitação desse tipo de carne, já que aumenta a suculência, a maciez e pode até homogeneizar a coloração, reduzindo os prejuízos para a indústria.

Referências

ADAMS, C.A. Oxidation and antioxidants In: **Nutricines**: food components in health and nutrition. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. chap. 2, p. 11-32.

ALLEN, C.D.; RUSSEL, S.M.; FLETCHER, D.L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf life and odor development. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1042-1046, 1997.

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUT, J.K.; RUSSEL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality shelf-life. **Poultry Science**, Ithaca, v. 77, p. 361-366, 1998.

ALVARADO HUALLANCO, M.B. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito pós-abate na qualidade de cortes de frango criados no sistema alternativo.** 2004. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Injection Marination Strategies for Remediation of Pale, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 82, p. 1332-1336, 2003.

_____. *Rigor mortis* development in turkey breast muscle and the effect of electrical stunning. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 1694-1698. 2000.

APPLE, J.K.; DIKEMAN. M. E.; MINTON, J.E.;McMURPHY, R.M.; FEDDE, M.R.; LEIGHT, D.E.; UNRUH, J.A. Effects of restrain and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and indice of dark-cutting *longissimus* muscle of sheep. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 73, p. 2295-2307, 1995.

BABJI, A.S.; FRONING, G.W.; NGOKA, D.A. The effect of short-term tumbling and slating on the quality of turkey breast muscle. **Poultry Science**, Ithaca, v. 61, p. 300-303, 1982.

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

_____. Meat color and flavor. In:_____. **Poultry products processing**: an industry guide. New York: CRC Press, 2002. chap 13, p. 429-463.

_____. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, London, v. 38, n. 4, p. 355-358, 1997.

BELAY, T.; TEETER, R.G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, Ithaca, v. 72, p. 116-124, 1993.

BENDALL, J.R.; SWATLAND, H.J. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 24, p. 85-96, 1988.

BERG, E. P. **Influence of stress on composition and quality of meat poultry, and meat products**, 2001. Disponível: http://www.fass.org/fass01/pdfs/Berg.pdf. Acesso em: 12 de nov. 2006.

BERTRAM, H.C.; KRISTENSEN, M.; ANDRESEN, H.J. Functionality of myofibrillar proteins as affected by pH, ionic strength and heat treatment - a low-field NMR study. **Meat Science**, Barking, v. 68, p. 249-256, 2004.

BERTRAM, H.C.; PURSLOW, P.P.; ANDERSEN, H.J. Relationship between meat structure, water mobility, and distribution: a low-field nuclear magnetic ressonance study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 824-829, 2002.

BIANCHI, M.; FLETCHER, D.L. Effects of broiler breast meat thickness and background on color measurements. **Poultry Science,** Ithaca, v. 81, p. 1766-1769, 2002.

BIANCHI, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P. Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, p. 803-808, 2005.

BIANCHI, M.; CAPOZZI, F.; CREMONINI, M.A.; LAGHI, L.; PETRACCI M.; PLACUCCI, G.; CAVANI, C. Influence of the season on the relationships between NMR transverse relaxation and WHC in turkey breast. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v. 84, p. 1535-1540, 2004.

BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.; FURUSHO GARCIA, I.; BRESSAN, M.; LEMOS, A. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p. 1981-1991, supl. 2, 2003.

BOND, J.J.; CAN, L.A.; WARNER, R.D. The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes and proteins in *Semimembranosus* muscle of lamb. **Meat Science**, Barking, v. 68, p. 469-477, 2004.

BORGES, S.A.; FISCHER DA SILVA, A. V.; MAJORKA, A.; HOOGE, D.M.; CUMMINGS, K. R. Physiological Responses of Broiler Chickens to Heat Stress and Dietary Electrolyte Balance (Sodium Plus Potassium Minus Chloride, Milliequivalents Per Kilogram). **Poultry Science**, Ithaca, v. 83, p. 1551-1558, 2004.

BORGES, S.A.; FISCHER DA SILVA, A.V.; ARIKI, J.; HOOGE, D.M.; CUMMINGS, K.R. Dietary Electrolyte Balance for Broiler Chickens Exposed to Thermoneutral or Heat-Stress Environments. **Poultry Science**, Ithaca, v. 82, p. 428-435, 2003.

BORTOLUZZI, R.C. Marinados. In: OLIVO, R. (Ed.). **O mundo do frango**: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: R. Olivo, 2006. cap. 38, p. 473-480.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). **Normativa N° 64**, de 01 de setembro de 2003. Brasília, 2003.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Efeito de Fatores Pré-Abate Sobre a Qualidade da Carne de peito de Frango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 26, n. 5 p. 1049-1059, 2002.

CARRASCO, G.A.; van de KAR, L.D. Neuroendocrine pharmacology of stress. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 463, p. 235-272, 2003.

CASTELLINI, C.; MUGNAI, C.; DAL BOSCO, A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 60, n. 3, p. 219-225, 2002.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteinas alimentarias**: bioquímica - propriedades funcionales - valor nutritivo - modificaciones químicas. Tradução de Francisco López Capont. Zaragoza: Acribia,1989. 346 p.

CONTRERAS CASTILLO, C.J. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., São Pedro, 2001. **Anais...**Campinas: ITAL, 2001. p.160-178.

DAWSON, P.L; JANKY, D.M.; DUKES, M.G.; THOMPSON, L.D.; WOODWARD, S.A. Effect of *post mortem* deboning time during simulated commercial processing on the tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 66, n. 8, p. 1331-1333, 1987.

DEBUT, M.; BERRI, C.; BAÉZA, E.; SELLIER, N.; ARNOULD, C.; GUÉMENÉ, D.; JEHL, N.; BOUTTEN, B.; JEGO, Y.; BEAUMONT, C.; LE BIHAN-DUVAL, E. Variation of Chicken Technological Meat Quality in Relation to Genotype and Preslaughter Stress Conditions. **Poultry Science**, Ithaca, v.82, p.1829-1838, 2003.

DEGENHART, J. **Tecnologia de produtos curados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. p. 51-71. (Curso de Tecnologia da Carne).

DORLAND, N.W. **Dorland's illustrated medical dictionary**. 24th ed. Philadelphia: W. B. Saunders. 1965. 1724 p.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A.A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 743-746, 1999.

DRÖGE, W. Free radicals in the physiological control of cell function. **Physiological Reviews**. Baltimore, v. 82, n. 1, p. 47-95, 2002.

EDENS, F.W. Adrenal cortical insufficiency in young chickens exposed to a high ambient temperature. **Poutry Science**, Ithaca, v. 57, p. 1746-1750, 1978.

FANATICO, A.C.; CAVITT, L.C.; PILLAI, P.B.; EMMERT, J.L.; OWENS, C.M. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without access: meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, n. 8, p. 1785-1790, 2005.

FLETCHER, D.L. *Ante mortem* factors related to meat quality. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 10, 1991, Doorwerth. **Procedings...** Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, 1991. p. 11-19.

_____. Color variation in commercial packaged broiler breast fillets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 8, p. 67-69, 1999a.

_____. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 1323-1327, 1999b.

_____. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; MORAES, V.M.B.; MALHEIROS, R.D.; MALHEIROS, E.B.; SECATO, E.R. Alterações hematológicas e gasométricas em diferentes linhagens de frangos de corte submetidos ao estresse calórico agudo. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 77-84,1999.

GRANDIN, T. Objective scoring on animal handling and stunning practices in slaughter plants, **Journal of The American Veterinary Medical Association**, Chicago, v. 212, p. 36-39, 1998.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKELEY, D.J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v. 43, p. 111-123, 1996.

GUILLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The Thiobarbituric Acid (TBA) Reacion in Foods: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 38, n. 4, p. 315-330, 1998.

HAMM, R. *Post mortem* changes in muscle with *rigor* to processing of hot-boned beef. **Food Technology**, Champaign. v. 36, n. 11, p. 105-115, 1982.

HEDRICK, H.B., ABERLE, E.D., FORREST, J.C., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. **Principles of meat science**. 3rd ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1994. 354p.

HILLMAN, P.E.; SCOTT, N.R.; VAN TIENHOVEN, A. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. In: YOUSEF, M.K. (Ed.). **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press Inc. 1985. p. 1-71. 3 v.

HOCKING, P.M.; MAXWELL, M.H.; MITCHELL, M.A. Haematology and blood composition at two ambient temperatures in genetically fat and lean adult broiler breederfemales fed *ad libitum* or restricted throughout life. **British Poultry Science**, London, v. 35, p. 799-807, 1994.

HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Quality attributes and their measurement in meat**, **poutry and fish products**. New York: Chapman & Hall. chap. 5, p. 125-159, 1994.

HOWLINDER, M.A.R.; ROSE, S.P. Rearing temperature and meat yield of broilers. **British Poultry Science**, London, v. 34, p. 925-938, 1989.

HUNT, M.C. Meat Color measurements - Meat quality measurement systems. In: MEAT CONFERENCE OF THE AMERICAN SCIENCE ASSOCIATION 33, 1980, Manhattan, Reciprocal Meat Conference. **Proceedings...** Manhattan: American Meat Science Association, 1980. p. 1-21.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE. **Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms**. Bureau Central de la CIE, Paris, n. 2, 1978. Supplement.

JAHAN, K.; PATERSON, A.; SPICKETT, C.M. Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different prodution regimes. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 39, p. 443-453, 2004.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERDEL, R. A. **Principles of meat science**. 2nd ed. Dubuque: Kendall/ Hunt Publishing Company, 1989. 351 p.

KANNAN, G.; HEATH, J.L.; WABECK, C.J.; SOUZA, M.C.P.; HOWE, J.C.; MENCH, J.A. Effects of crating and transport on stress and meat quality characteristics in broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 523-529, 1997.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetc parameters. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 822-826, 1999.

LIN, H.; DU, R.; ZHANG, Z.Y. Peroxide status in tissues of heat-stressed broilers. **Asian Australian Jounal Animal Science**, Seoul, v, 13, n. 10, p. 1373-1376, 2000. Abstract.

LIN, H.; ZHANG, H.F.; DU, R.; GU, X.H.; ZHANG, Z.Y.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Thermoregulation Responses of Broiler Chickens to Humidity at Different Ambient Temperatures II: Four Weeks of Age. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, p. 1173-1178, 2005.

LYON, C.E.; LYON, B.G. The relationship of objective shear values and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 69, p.1420-1427, 1990.

LYON, C.E.; HAMM, D.E.; THOMPSON, J.E. pH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. **Poultry Science**, Ithaca, v. 64, n. 2, p. 307-310, 1985.

MACARI, M., FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia Medicina Veterinária e Zootecnia - FUNEP, 1994. 296p.

MACDOUGALL, D.B. Colour of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.) **Quality attributes and their measurement**. London: Blackie Academic & Professional, 1994. chap. 3, p. 79-93.

MAGER, W.H.; De KRUIJFF, A.J. Stress-induced transcriptional activation. **Microbiological Reviews**, Washington, v. 59, n. 3, p. 506-531, 1995. Abstract.

MAHMOUD, K.Z.; EDENS, F.W. Influence of selenium sources on age related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: **Biochemistry & Molecular Biology**, Vancouver, v. 136, n. 4, p, 921-934, 2003. Abstract.

MAKI, A.A.; FRONING, G.W. Effects on the quality characteristics of turkey breast muscle of tumbling whole carcasses in presence of salt and phosphate. **Poultry Science**, Ithaca, v. 66, p.1180-1183, 1987.

MALLIA, J.G.; BARBUT, S.; VAILLANCOURT, J.P.; MARTIN, S.W.; McEWEN, S.A. Roaster breast meat condemned for cyanosis: A dark firm dry-like condicion? **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 908-912, 2000.

McCURDY, R.D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. **Food Research International**, Essex, v. 29, p. 363-366, 1996.

MCKEE, S.R.; SAMS, A.R. The e ffect of seasonal heat stress on *rigor* development and the incidence of PSE Turkey Meat. **Poutry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1616-1620,1997.

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

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.; GALVIN, K. KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 1, p. 73-86, 1998.

NORTH, M.O.; BELL, D.D. **Commercial chicken production manual.** 4th ed. New York: Van Nostrad Reinhold, 1990. 456p.

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

OBANU, Z.A.; OBLOHA, F.C.; NWOSU, C.C.; NWOFOR, W.E. Evaluation of the organoleptic and chemical characteristics of meat from chickens. **World Review of Animal Production**, Rome, v. 20, n. 1, p. 53-58, 1984.

ODOM, T.W.; HARRISON, P.C.; BOTTJE, W.G. Effects of thermal-induced repiratory alkalosis on blood ionised calcium in the domestic hen. **Poultry Science**, Ithaca, v. 65, p. 570-573, 1986.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: LAWRIE, R. (Ed.) **Developments in meat science-4.** London: Elsevier Applied Science, 1988a. chap. 3, p.63-171.

_____. The structural basis of water holding in meat. Part 2: Drip losses. In: LAWRIE, R. (Ed.) **Developments in meat science-4**. London: Elsevier Applied Science, 1988b, chap. 4, p.172-243.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**. Barking, v. 8, n. 4, p. 245-281, 1983.

OLANREWAJU, H. A.; WONGPICHET, S.; THAXTON, J. P.; DOZIER III, W. A.; BRANTON, S. L. Stress and Acid-Base Balance in Chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v. 85, p. 1266-1274, 2006.

OLIVEIRA, R.; DONZELE, J.; ABREU, M., FERREIRA, R.; VAZ, R.; CELLAS, P. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

OLIVO, R. Estrutura, composição e funcionalidade do tecido muscular. In: _____. **O mundo do frango**: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: R. Olivo, 2006. cap. 20, p. 239-272.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.E; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

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

OWENS, C.M.; MATTHEWS, N.S.; SAMS, A.R. The use of halothane gas to identify Turkeys prone to developing pale, exudative meat when transported before slaughter. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 789-795, 2000b.

OWENS, C.M.; McKEE, S.R.; MATTHEWS, N.S.; SAMS, A.R. The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 430-435, 2000c.

OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; McKEE, S.R.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A.R. The caracterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a comercial plant. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 553-558, 2000a.

PAPA, C.M.; FLETCHER, D.L. *Pectoralis* muscle shortening and *rigor* development at different locations within the broiler breast. **Poultry Science**, Ithaca, v. 67, n. 4, p. 635-640, 1988.

PAPINAHO, P.A.; FLETCHER, D.L.; BUHR, R.J. Effect of electrical stunning amperage and *peri mortem* struggle on broiler breast *rigor* development and meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 74, p. 1533-1539, 1995.

PATIENCE, J.F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 68, p. 398-408, 1990.

PEARSON, A.M.; GILLETT, T.A. **Processed meats**. 3rd ed. New York: Chapman and Hall, 1996. chap 11, p. 291-310.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L. Broiler skin and meat color changes during storage. **Poultry Science**, Ithaca, v. 81, p. 1589-1597, 2002.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 670-675, 2001.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; BETTI, M.; CAVANI, C. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. **Poultry Science**, Ithaca, v. 83, p. 2086-2092, 2004.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; SMITH, D.P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, Ithaca, v. 81, p. 422-427, 2002.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 676-680, 2001.

RAUP, T.J.; BOTTJE, W.G. Effect of carbonated water on arterial pH, pCO2, and plasma lactate in heat-stressed broilers. **British Poultry Science**, London, v. 31, p. 377-384, 1990.

SAINZ, R.D. Qualidade de carcaças e da carne de ovinos e caprinos. In REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 33, 1996. Fortaleza, **Anais...**Fortaleza: SBZ, 1997. p. 299-301.

SAMS, A.R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 798-803, 1999.

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

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

SANDERCOCK, D.A.; HUNTER, R.R.; MITCHELL, M.A.; HOCKING, P.M. Thermoregulatory capacity and muscle membrane integrity are compromised in broilers compared with layers at the same age or body weight. **British Poultry Science**, London, v. 47, n. 3, p. 322-329, 2006.

SAVAGE, A.W.J.; WARRIS, P.D.; JOLLEY, P.D. The amount and composition of the proteins in drip from stored pig meat. **Meat Science,** Barking, v. 27, p. 289-303, 1990.

SIMPSON, M.D.; GOODWIN, T.L. Comparison between shear values and taste panel scores for predicting tenderness of broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 53, p. 2042-2046, 1974.

SMITH, D.M. Functional properties of muscle proteins in processed poultry products. In: SAMS, A. (Ed.). **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001. chap. 11, p. 181-195.

SMITH, D.P.; ACTON, J.C. Marination, cooking, and curing of poultry products. In: SAMS, A. (Ed.). **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001, chap. 15, p. 257-279.

SMITH, M.O.; TEETER, R.G. Influence of feed intake and ambient temperature stress on the relative yield of broiler parts. **Nutrition reports international**, Stoneham, v. 35, p. 299-306, 1987.

SOSNICKI, A.A.; GREASER, M.L. Alterations of protein functionality in PSE-like poultry muscles. In: INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS IFT ANNUAL MEETING 1996: **Abstracts....** Franklin, p. 5 ISSN 1082-1236. 1996. Book Of Abstracts.

SOUZA, H.B.A. Parâmetros Físicos e Sensoriais Utilizados Para Avaliação de Qualidade da Carne de Frango. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5. 2005. Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: AveSui 2006. Disponível em <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: 16 abr. 2007.

SYLVIA, S.F.; CLAUS, J.R.; MARRIOTT, N.G.; EIGEL, W.N. Low-fat, high moisture frankfurters: Effects of temperature and water during extended mixing. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 59, p. 937-940,945, 1994.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.1-86.

TROUT, G.R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods: A review of metodology. **Meat Science**, Barking, v. 23, n. 3, p. 235-252, 1988.

VALÉRIO, S.R. Ambiência, instalações e equipamentos avícolas. In: LANA, G.R.Q. (Ed.). **Avicultura**. Piracicaba: Livraria e Editora Rural, 2000. p. 126-158.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEN, H.; MÄNNISTÖ, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 70, p. 525-530, 2005.

VAN LAACK, R.L.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 1057-1061, 2000.

VERCELLOTTI, J.R.; St. ANGELO, A.J.; SPANIER, A.M. Lipid oxidation in foods: An overview. In: St. ANGELO (Ed.). **Lipid oxidation in food**. Washington: American Chemical Society. 1992. p. 1-11.

VIANA, A.G. Tecnologia de Marinados, glases e rubs. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 335, p. 64-68, 2005.

WARNER, R.D.; DUNSHEA, F.R.; PONNAMPALAM, E.N.; COTTRELL, J.J. Effects of nitric oxide and oxidation *in vivo* and *post mortem* on meat tenderness. **Meat Science,** Barking, v. 71, p. 205-217, 2005.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. **Meat Science**, Barking, v. 20, p.65-74, 1987.

WARRISS, P.D.; KESTIN, S.C.; BROWN, S.N. The depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. **British Veterinary Journal**, London, v.149, n.4, p.391-8, 1993.

WARRISS, P.D.; WILKINS, L.J.; KNOWLES, T.G. The influence of *ante mortem* handling on poultry meat quality. In: RICHARDSON, R.I.; MEAD, G.C. (Ed.). **Poultry meat science**, Wallingford: CABI Publ. 1999. p. 217-230.

WEBSTER, A.J.F.; TUDDENHAM, A.; SAVILLE, C.A.; SCOTT, G.B. Thermal-stress on chickens in transit. **British Poultry Science**, London, v. 34, p. 267-277, 1993.

WILKINS, L.J.; BROWN, S.N.; PHILLIPS A.J.; WARRISS P.D. Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. **British Poultry Science**, London, v. 41, p. 308-312, 2000.

WOELFEL, R.L.; SAMS, A.R. Marination Performance of Pale Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 1519-1522, 2001.

WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A.R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, Ithaca, v. 81, p. 579-584, 2002.

XIONG, Y.L.; KUPSKI, D.R. Monitoring phosphate marinade penetration in tumbled chicken fillets using a thin-slicing, dye-tracing methods. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 1048-1052, 1999.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Blood system responses of chickens to changes in environmental temperature. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 627-633, 1997.

YANG, N.; JIANG, R.S. Recent advances in breeding for quality chickens. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 61, p. 373-381, Sept. 2005.

YOUNG, L.L.; LYON, C.E.; SEARCY, G.K.; WILSON, R.L. Influence of sodium tripolyphosphate and sodium chloride on moisture-retention and textural characteristics of chicken breast meat patties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, p. 571-574, 1987.

2 IMPLICAÇÕES DO ESTRESSE TÉRMICO SEVERO PRÉ-ABATE SOBRE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE CARNE DE FRANGO E DESEMPENHO APÓS PROCESSO DE MARINAÇÃO

Resumo

Os objetivos deste experimento foram: (1) Avaliar parâmetros de qualidade de carne de peito de frango com a intenção de verificar se são afetados pelo estresse térmico agudo pré-abate (35°C, 75% umidade relativa por 2 horas) e; (2) saber se carnes oriundas de animais estressados, com propriedades funcionais prejudicadas, poderiam ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, utilizando a marinação como forma de processamento. Os filés de aves estressadas (ET) exibiram coloração (L*) mais escura ($p<0,05$) que os de aves não estressadas (NET) (47,45 *versus* 49,16 em 30 minutos e 50,74 *versus* 51,94 em 24 horas *post mortem*), respectivamente. O pH de ET foi mais alto ($p<0,05$) que de NET (6,76 *versus* 6,67 em 30 mim e 6,0 *versus* 5,95 em 24 horas *post mortem*), respectivamente. As análises de perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc), perda de peso por gotejamento (PPG), força de cisalhamento (FC) e substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico (TBARS) não exibiram diferença estatística entre os tratamentos. As carnes ET apresentaram menor porcentagem de umidade ($p<0,001$) que as NET (74,73% *versus* 75,04%), lipídeos (0,99% *versus* 1,44%) e cinzas (0,78% *versus* 1,94%). Esses resultados sugerem que o gasto intenso de energia do animal no momento do estresse resultou em pequena extensão da glicólise, gerando como respostas na carne, características típicas da síndrome DFD (carne escura, rígida e seca). Com o processo de marinação, a diferença de L* e pH que existia na carne *in natura* entre ET e NET deixou de existir, homogeneizando a coloração e igualando o pH. Os tratamentos não diferiram com relação à porcentagem de salmoura absorvida, mas sim quanto à PPG, as carnes ET exsudaram menos ($p<0,05$) que as NET (2,68% *versus* 3,03%). Esses resultados sugerem que a marinação pode ser uma técnica viável para padronizar a aparência de carnes de animais estressados.

Palavras-chave: Estresse térmico; Qualidade de carne; Marinação

EFFECTS OF SEVERE HEAT PRE-SLAUGHTER STRESS ON QUALITY PARAMETERS OF BROILER MEAT AND PERFORMANCE AFTER MARINATION PROCESS

Abstract

The aims of this experiment were: (1) to evaluate the quality parameters of chicken breast meat attempting to verify if they are affected by the acute heat pre-slaughter stress (35°C, 75% relative humidity for 2 hours) and; (2) to find out if meat from stressed animals, with damaged functional properties, could have its quality attributes restored and leveled to the condition of those from regular meat, through the use of the marination process. The fillets of meat from stressed animals (ET) showed color (L*) darker ($p<0,05$) than that of meat from non-stressed animals (NET) (47.45 *versus* 49.16 in 30 minutes and 50.74 *versus* 51.94 in 24 hours *postmortem*), respectively. The pH of ET was higher ($p<0,05$) than that of NET (6.76 *versus* 6.67 in 30 minutes and 6.0 *versus* 5.95 in 24 hours *postmortem*), respectively. The analyses of coock losses (PPC), water holding capacity by centrifugation (CRAc), drip losses (PPG), shear force (FC) and Tiobarbituric acid reactive substances (TBARS) did not show statistical difference between the treatments. The ET meat showed lower percentage of humidity ($p<0.001$) than NET (74.73% *versus* 75.04%), lipids (0.99% *versus* 1.44%) and ashes (0.78% *versus* 1.94%). These results suggest that the intense energy expenditure of the animal at the moment of stress resulted in a small extension of glicolysis, generating on the meat, as a consequence, typical characteristics of the DFD syndrome (dark, firm and dry meat). Through the marination process, the difference of L* and pH that existed in the meat *in natura* between ET and NET no longer existed, homogenizing the color and leveling the pH. The treatments showed no difference regarding the uptake percentage of salt solution, but they did, as for PPG, the ET meat exsuded less ($p<0.05$) than the NET (2.68% *versus* 3.03%). These results suggest that the marination process can be a feasible technique to standardize the appearance of stressed animals meats.

Keywords: Heat stress; Meat quality; Marination

2.1 Introdução

A garantia de manutenção do mercado de carne de frango consiste no fornecimento de produtos com padrões de qualidade estáveis. Para o consumidor, a higiene, a conveniência, o preço, o valor nutricional, a marca e as condições de embalagem são coadjuvantes de um fator fundamental que é a aparência/frescor de um produto cárneo. Há ainda outros atributos, importantes, depois da experiência da compra, tais como a maciez, a suculência, a formação de exsudado, a perda de rendimento por cocção, o pH e a vida-útil, que são critérios determinantes, utilizados especialmente por processadores na decisão sobre o destino da carne e como podem agregar valor aos seus produtos. Para as empresas frigoríficas, a importância desses quesitos está principalmente relacionada à eficiência, rendimento e conseqüentemente lucratividade.

A qualidade de carne é uma questão de definição complexa e que depende de vários aspectos que envolvem desde espécie, linhagem, genética, sexo, idade, alimentação, função do músculo e sua composição química, bem como fenômenos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem antes do abate, durante e após a instalação do *rigor mortis*.

As alterações nos parâmetros de qualidade, entre animais do mesmo lote, idade e sexo, são atribuídas, quase sempre, ao estresse pré-abate, que desencadeia transtornos fisiológicos responsáveis por causar alterações bioquímicas anômalas durante a transformação do músculo em carne e, com isso, afetar sua estrutura miofibrilar (FLETCHER, 1991).

Episódios de estresse agudo podem ser vivenciados em uma produção comercial de frangos, durante algumas das etapas da cadeia produtiva como o transporte ou o tempo de espera no frigorífico antes do abate (WARRISS et al., 1993), em que podem ocorrer condições de calor ou frio intensos (WEBSTER et al., 1993; MITCHELL; KETTLEWELL, 1998). Os fatores climáticos, representados principalmente pela temperatura e umidade relativa (UR) do ar, são os que mais diretamente afetam as aves, pois comprometem a manutenção da homeotermia, função vital alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de perda de calor (OLIVEIRA et al., 2006).

Segundo os postulados de Warner et al. (2005), a fisiologia do estresse pré-abate nos animais é muito importante para a determinação da qualidade da carne, pelos efeitos sobre o pH final, glicogênio muscular e condições de escurecimento ou palidez, além de outros mecanismos independentes.

Segundo Mckee e Sams (1998), aves expostas a estresse térmico de curto prazo, imediatamente antes do abate, mostraram alterações de qualidade de carne como coloração pálida, pH mais baixo em conseqüência da elevada taxa de glicólise *post mortem* e menor capacidade de retenção de água pelo músculo, características típicas da condição PSE (carnes pálidas, flácidas e exsudativas). Porém, Petracci et al. (2001) sugeriram que a influência sobre a qualidade de carne pode variar de acordo com as condições do estresse térmico (duração e intensidade) e também com genótipos e músculos usados nas análises.

Para Hocking et al. (1994) e Sandercock et al. (1999, 2001), aves que desenvolvem hipertermia severa são caracterizadas pela elevação do pH sanguíneo, que indica alto gasto de glicogênio durante o estresse e ocorrência de alcalose respiratória, distúrbio causado devido ao excesso de perda de CO_2 do corpo na tentativa de manter a homeostase térmica por evapotranspiração. Segundo Sandercock et al. (2001), o estresse térmico agudo é marcado por alterações químicas no sangue (perfil ácido-básico) e integridade das membranas das células dos músculos esqueléticos, podendo estar associado ao metabolismo glicogênico, conduzindo assim, a alterações nas características de qualidade de carne.

As variações do parâmetro pH sobre a qualidade de carne são muito importantes, pois se relacionam diretamente com as proteínas e com os pigmentos da carne. Assim, o valor em que ele se estabiliza (pH final) influencia diretamente os parâmetros de cor, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, maciez, suculência, estabilidade microbiológica (QIAO et al., 2001; FLETCHER, 2002), vida-útil, desenvolvimento de odor, absorção de solução de marinação e perda por gotejamento (ALLEN 1997, 1998).

Segundo Ngoka e Froning (1982), o pH da carne é amplamente dependente da quantidade de glicogênio presente no músculo. Em aves expostas a estresse severo no período pré-abate, alta concentração de glicogênio é requerida, restando menor quantidade no momento da morte do animal, o que impede a formação quantitativa proporcional de ácido láctico. Por conseguinte, o declínio do pH e a velocidade de instalação do *rigor mortis* ocorrem de forma mais lenta que o normal e o pH final da carne permanece relativamente elevado (SWATLAND, 1995; LAWRIE, 1998; MILLER, 2002).

A perda de funcionalidade da carne do peito de frangos está, quase sempre, associada às síndromes PSE (*palid, soft, exsudative*), com características de palidez, flacidez e perfil exsudativo ou DFD (*dark, firm, dry*), com características de coloração escura, rigidez e perfil

ressecado, que são consideradas as maiores causas de anomalias dos filés, resultando em perdas irreparáveis, com conseqüente influência nas propiedades funcionais da carne, com prejuízo para a indústria e conseqüentemente para toda a cadeia produtiva.

O processamento de carne através da marinação é uma prática antiga usada para diferenciar sabores, melhorar a textura de músculos mais rígidos e aumentar a conservação dos produtos. Segundo Smith e Acton (2001), o sal e os fosfatos são ingredientes que possuem um efeito sinérgico em alterar as propriedades de carne, mesmo aquelas com a funcionalidade comprometida, com o intuito de reduzir as perdas de exsudado durante o armazenamento e cocção do produto final.

Com isso, os objetivos deste experimento foram: Avaliar os parâmetros de qualidade de carne de peito de frango: (1) Físicos - cor (L*, a*, b*), capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc), perda de peso por gotejamento (PPG), perda de peso por cocção (PPC), maciez (FC) e; (2) Químicos - pH, nível de oxidação (TBARS) e composição centesimal (CC), com a intenção de verificar se são afetados pelo estresse térmico agudo pré-abate e também saber se carnes oriundas de animais estressados, com propriedades funcionais prejudicadas, poderiam ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, utilizando a marinação como forma de processamento.

2.2 Material e Métodos

Foram alojadas 750 aves da linhagem comercial Cobb 500, cedidas pela Agroceres Ross Melhoramento Genético de Aves, em galpão experimental do aviário da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), em Pirassununga-SP.

O experimento foi realizado em 3 repetições (03/07/2006, 05/07/2006, 07/07/2006), as aves foram criadas até 42, 44 e 46 dias de idade, respectivamente, em piso coberto com casca de arroz como material de cama, na densidade de 12 aves por m^2, utilizando-se métodos convencionais de criação e recebendo água e ração *ad libitum*. O peso médio das aves vivas no primeiro dia de abate foi 2,8 kg, no segundo dia foi 3,0 kg e a média dos pesos das aves abatidas no terceiro dia do experimento foi de 3,2 kg.

2.2.1 Tratamentos Experimentais

As aves vivas foram divididas em 2 tratamentos experimentais: um grupo controle, composto de frangos não estressados termicamente (NET) e um grupo submetido a estresse térmico agudo pré-abate (ET). Uma vez abatidos os frangos, as carnes do peito (músculo *Pectoralis major*) foram divididas em 2 grupos: controle, não marinadas (NM) e marinadas (M).

2.2.2 Unidades Experimentais

As unidades experimentais foram os frangos, dos quais foram utilizadas as sobrecoxas, para análise de substâncias reativas ao ácido Tiobarbitúrico (TBARS), e os peitos (músculo *Pectoralis major*), para as demais análises realizadas: (1) Na carne *in natura*: cor, pH, perda de peso por gotejamento - *drip loss* (PPG), capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e composição centesimal - umidade, proteína, cinzas e lipídeos (CC) e; (2) Na carne marinada: cor, pH e PPG.

2.2.3 Condições Experimentais

Antes da realização do experimento propriamente dito, foram realizados 4 experimentos-piloto, em que foram ajustados: (1) a escolha da linhagem a ser utilizada; (2) o tempo ideal de jejum pré-abate; (3) o tempo, a temperatura e a UR do estresse aplicado; (4) o processo de abate; (5) os períodos de análise dos parâmetros aferidos; (6) a coleta de amostras; (7) as metodologias analíticas e; (8) treinamento da equipe. Os resultados obtidos nesses testes foram úteis para o desenvolvimento deste experimento, porém seus dados não estão contemplados neste estudo.

(1) Escolha da linhagem a ser utilizada: Foram testadas 3 linhagens parentais cedidas pela Agroceres Ross Melhoramento Genético de Aves (BA, BB e BC) e duas comerciais (Ross 308 e Cobb 500), porém não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre as linhagens para os parâmetros avaliados (L*, pH e CRAc). A escolha da linhagem Cobb 500 foi feita em função de sua maior susceptibilidade ao calor (maior taxa de mortalidade).

(2) Tempo ideal de jejum pré-abate: Foram testados os períodos de 3, 6, 9, 12, 15 e 18 horas, sendo que os melhores rendimentos de peso de aves vivas e de carcaças encontram-se no período de 3 a 6 horas de jejum alimentar.

(3) Tempo, temperatura e umidade relativa do estresse aplicado: Foi fixado estresse térmico severo (35°C e 75% UR) e a partir dos resultados obtidos de mortalidade das aves, optou-se por utilizar o tempo médio de 2 horas de exposição.

(4) Processo de abate: Alguns abates foram feitos sem insensibilização, mas os melhores resultados foram obtidos com insensibilização, em planta comercial, devido à padronização das etapas.

(5) Períodos de análise dos parâmetros aferidos: Os períodos de análise de 15 e 30 minutos e 24 horas *post mortem* foram testados para os parâmetros cor e pH. Não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre 15 e 30 minutos, porém ambos foram diferentes ($p<0,05$) de 24 horas. O período de 30 minutos foi escolhido como ponto inicial e o de 24 horas como final das análises. As demais determinações como: CRAc, PPG, PPC, FC, CC e TBARS tiveram o período de análise de 24 horas *post mortem*, baseados em revisão bibliográfica.

(6) Coleta de amostras; (7) metodologias analíticas e; (8) treinamento da equipe: Os testes preparatórios foram muito importantes para a padronização e otimização na coleta das amostras, para o entendimento e aprimoramento das metodologias analíticas e operação de equipamentos, assim como para o treinamento da equipe do laboratório.

2.2.3.1 Estresse Térmico em Câmara Climática

Selecionou-se, ao acaso, 180 machos (linhagem Cobb 500), por dia de abate, em jejum controlado de 6 horas. Noventa aves, divididas em 5 lotes ao longo do dia foram encaminhadas para o abate sem estresse (NET) e 90 aves, também divididas em 5 lotes, permaneceram sob estresse (ET) em câmara climática do laboratório de Biometeorologia do Departamento de Zootecnia (ZAZ) da FZEA/USP, por duas horas a 35°C e 75% UR.

A entrada dos animais na câmara climática para a aplicação da condição de estresse (em caixas contendo 10 aves) e o abate foram feitos em lotes, para evitar espera na linha e o efeito do ambiente externo na condição fisiológica imposta.

A atribuição dos tratamentos às unidades experimentais correspondeu a um experimento fatorial hierárquico com fatores: abates (3 dias diferentes), 5 lotes e 2 tratamentos (ET e NET) (figura 1). A atribuição dos animais aos tratamentos foi feita aleatoriamente.

2.2.3.2 Abates

Os animais experimentais foram abatidos em 3 dias distintos, num período de uma semana no matadouro escola da Prefeitura do Campus da FZEA/USP, em Pirassununga-SP.

Cada lote de aves, após 2 horas de permanência na câmara, foi transportado por cerca de 250 metros, em um veículo fechado, até a planta abate. Em seguida, as aves controle também entraram para a linha de abate, de forma similar à comercial.

A insensibilização foi efetuada com atordoador elétrico de 55volts, durante 10 segundos. Posteriormente, foi feito um corte unilateral da veia jugular e artéria carótida. Após a sangria (±3 minutos), os frangos foram escaldados a aproximadamente 57°C por 3 minutos, mecanicamente depenados e manualmente eviscerados. A desossa foi feita após o resfriamento em tanques de água e gelo *(Chiller),* mantendo a temperatura no pré-resfriamento a 16°C e no resfriamento de 0-2°C por aproximadamente 30 minutos (até que a temperatura interna corporal atingisse 3°C).

Os abates e desossas foram executados por pessoal treinado e experiente do quadro funcional do Departamento de Zootecnia da FZEA/USP.

A cada lote seriam abatidas 20 aves ET e 20 aves NET, com exceção do primeiro lote que contou com apenas 10 aves de cada tratamento. Todavia, esse número variou no decorrer do experimento, devido à mortalidade das aves quando submetidas ao estresse. Dessa forma, foram abatidas 62 aves ET e 82 NET no primeiro dia, 54 ET e 88 NET no segundo dia e 54 ET e 86 NET no terceiro dia.

2.2.3.3 Análises

Trinta minutos depois da sangria (após o resfriamento das carcaças), as aves foram desossadas e o músculo do peito (*Pectoralis major*) foi analisado para cor e pH, na sala de desossa do abatedouro. Posteriormente, as amostras do peito e da sobrecoxa foram embaladas, identificadas e transportadas em caminhão refrigerado para o Laboratório de Qualidade de Carnes e Planta de Processamento do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba - SP, para as demais análises 24 horas após o abate (cor, pH, PPG, PPC, CRAc, FC, CC e TBARS), e para o processo de marinação.

2.2.3.4 Marinação

A marinação foi feita 24 horas após o abate, em 4 amostras ET e 4 amostras NET de cada um dos 5 lotes, nos 3 dias de abate. Uma das metades do peito desossado foi submetida ao massageamento em *tumbler* a vácuo por 15 minutos a 20 rpm, com uma solução pré-resfriada a 4°C contendo: água (87%), sal (1,5%), açúcar (0,5%), tripolifosfato de sódio (0,3%), alho em pó (0,15%), glutamato monossódico (0,15%), cebola em pó (0,07%) e pimenta branca moída (0,04%), proporções calculadas com base no peso total de carne. O pH final da solução foi regulado para 8,0. A outra metade do peito foi usada como controle (NM=carne não marinada). Após o massageamento, as carnes foram armazenadas a 4°C por 24 horas para a estabilização das reações bioquímicas envolvidas e então foram realizadas as análises de cor, pH e PPG (48 horas *post mortem*).

As amostras foram agrupadas em 4 tratamentos: 1) Carne de aves estressadas, marinadas (ET - M); 2) Carne de aves não Estressadas, marinadas (NET - M); 3) Carne de aves estressadas não marinadas (ET - NM); 4) Carne de aves não estressadas, não marinadas (NET - NM). O esquema experimental se mostra na Figura 1.

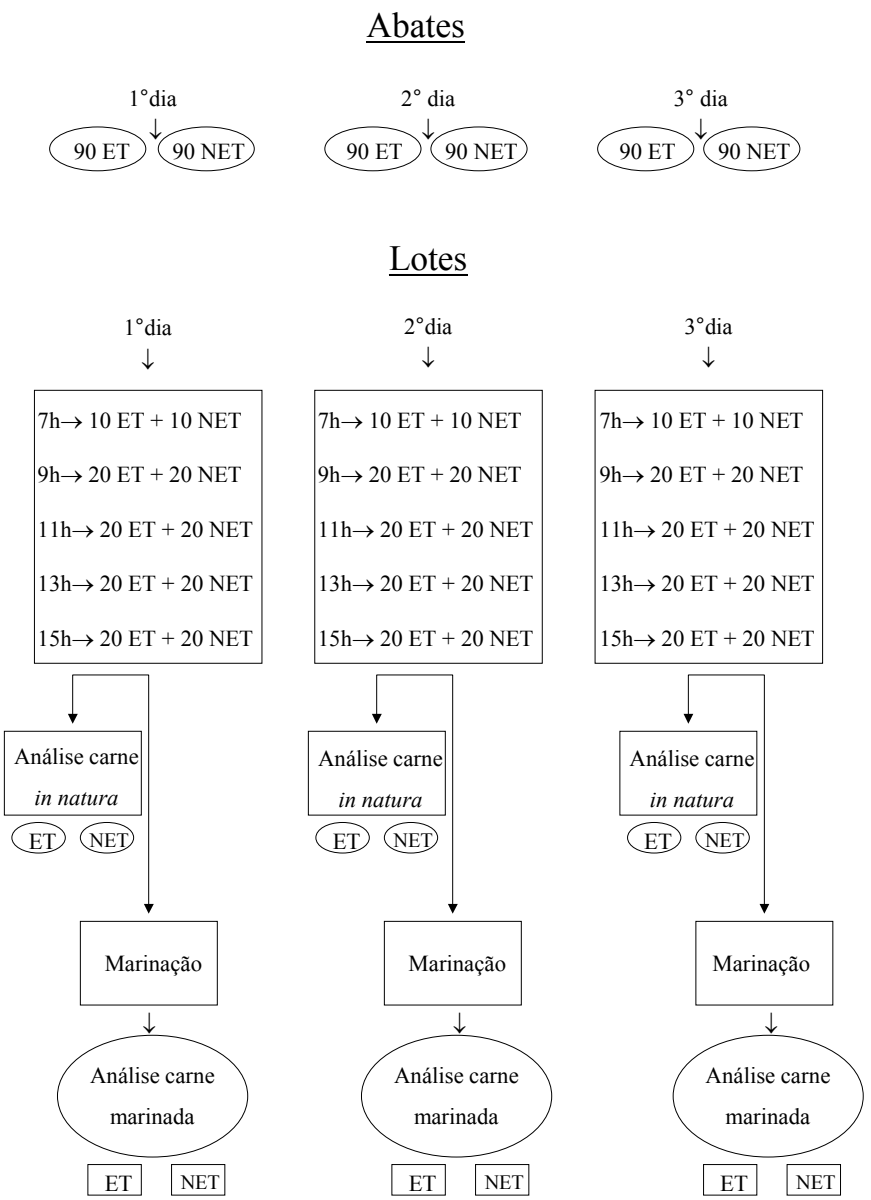

Figura 1 - Esquema Experimental.

2.2.4 Métodos Experimentais

As determinações de cor e pH foram efetuadas 30 minutos e 24 horas após o abate, em 327 amostras e também 24 horas após o processo de marinação em 120 amostras (4 amostras ET e 4 NET de cada um dos 5 lotes, nos 3 dias de abate). A análise de porcentagem de PPG foi realizada 24 horas após o abate, em 60 amostras ET e 60 NET (4 amostras por tratamento em

cada um dos 5 lotes, nos 3 dias de abate) e também em 120 amostras, 24 horas após o processo de marinação. Já as análises de CRAc, PPC e FC foram realizadas apenas na carne *in natura,* em 60 amostras ET e 60 NET (4 amostras por tratamento em cada um dos 5 lotes, nos 3 dias de abate), 24 horas *post mortem*.

2.2.4.1 Cor

Para a determinação da medida física da cor foi utilizado um colorímetro portátil da marca Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400, conectado ao computador, onde se realizou a leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de amarelo/azul) do sistema CIELab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com Y=93,7, x=0,3160 e y=0,3323 (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE, 1978).

Considerou-se, como valor final, a média de 4 leituras obtidas em diferentes pontos do músculo *Pectoralis major*, livres de hematomas ou machucados, na região ventral (para se evitar o efeito da escalda), 2 na parte cranial e 2 na parte central, estando o músculo sobre uma superfície opaca.

2.2.4.2 pH

A determinação de pH foi feita com eletrôdo de penetração de corpo de vidro, em 4 pontos diferentes do músculo *Pectoralis major*, sendo 2 na parte superior e 2 na parte inferior. O aparelho utilizado foi um potenciômetro de punção da marca Oakton, pH 300, série 35618, com compensação automática de temperatura.

2.2.4.3 Perda de Peso por Cocção (PPC)

A determinação da porcentagem de PPC foi realizada pelo registro dos pesos das amostras antes e após a cocção. As amostras foram embrulhadas em papel alumínio e cozidas em chapa elétrica por aproximadamente 10 minutos, até atingirem temperatura interna de 82ºC, segundo o método descrito por Mead (1987). A diferença entre o peso inicial e final correspondeu à PPC, sendo expressa em porcentagem.

2.2.4.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG)

A análise de PPG foi realizada baseada em Honikel e Hamm (1994), Dirinck et al. (1996) e Van Laack et al. (2000), em que amostras pesando aproximadamente 100 g são envoltas em embalagens plásticas reticuladas e suspensas no interior de bolsas plásticas. O conjunto é mantido em câmara fria à temperatura de 2±1ºC, de modo que o exsudado não permaneça em contato com a carne. Após 72 horas procede-se à retirada das amostras e antes da pesagem remove-se a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. O resultado é expresso em porcentagem, como a perda de peso em $mg.g^{-1}$ do peso original.

2.2.4.5 Capacidade de Retenção de Água por Centrifugação (CRAc)

A análise de CRAc foi realizada segundo o método de Nakamura e Katoh (1985), que consiste na pesagem de 1 g de músculo cru em papel de filtro, com posterior centrifugação à 1500.G, durante 4 minutos. Após a centrifugação, a amostra é pesada e em seguida, colocada em estufa a 70°C por 12 horas. A CRAc é determinada pela diferença entre o peso da amostra após a centrifugação e o peso da amostra seca, divididos pelo peso inicial; o valor é expresso em porcentagem.

2.2.4.6 Força de Cisalhamento (FC)

Para a análise de FC, as carnes de peito (24 horas *post mortem*) foram acondicionadas em embalagens laminadas e cozidas em chapa elétrica até atingirem a temperatura interna de 82°C. Em seguida, foram armazenadas por 24 horas a 2±1°C. Após o armazenamento (48 horas *post mortem*), as amostras foram cortadas em forma de paralelepípedos de 2,0 x 1,0 x 1,0 cm conforme a metodologia proposta por Froning e Uijtteenboogaart (1988). As amostras com as fibras orientadas perpendicularmente às lâminas foram cisalhadas usando um texturômetro Texture Test System, marca FTC, modelo TP2, acoplado a um acessório tipo Warner Braztler, com velocidade de 20 $cm.min^{-1}$ e carga de 100 kg. Os resultados foram expressos em kgf.

2.2.4.7 Composição Centesimal (CC)

Para a CC, feita 24 horas após o abate, foram utilizadas 5 amostras ET e 5 NET de cada um dos 3 dias de abate. Os 5 peitos de cada dia de abate foram homogeneizados e compuseram uma amostra. Dessa forma, foram 3 amostras compostas, uma por dia de abate e a análise foi

feita em triplicata para cada determinação (umidade, proteína, lipídeos e cinzas). Os teores de umidade, proteína e cinzas das carnes de peito foram determinados segundo Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (1995). A umidade foi determinada por gravimetria em estufa a 105°C até peso constante. O teor de proteína foi quantificado mediante a determinação do nitrogênio total, pelo método de micro-Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para conversão do valor de nitrogênio em proteína. As cinzas foram determinadas por incineração da matéria orgânica em mufla a 550°C. O teor de lipídeos totais foi determinado pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente. Os resultados foram calculados em base úmida e expressos em $g.100g^{-1}$.

2.2.4.8 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)

A determinação do valor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada no músculo da sobrecoxa (por tratar-se de um músculo com maior concentração de gordura do que o peito, onde a oxidação lipídica pode ser mais evidenciada) nos tempos 1, 7 e 14 dias após o abate, com a carne sendo mantida sob refrigeração em câmara refrigerada a 1±1°C.

As análises foram feitas em duplicata, em 2 pares de sobrecoxa ET e 2 pares de sobrecoxa NET de cada um dos 5 lotes, nos 3 dias de abate, segundo metodologia proposta por Sorensen e Jorgensen (1996).

Foi utilizado o padrão 1,1'3,3" tetraetoxipropano (TEP), cuja hidrólise ácida gera malonaldeído na proporção de 1mol:1mol, para obtenção de uma curva-padrão, composta por 5 pontos de diferentes concentrações (0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,8$\mu mol.L^{-1}$ de TEP).

Os aldeídos foram extraídos fazendo-se um extrato ácido-aquoso homogeneizado em Ultra-Turrax com 10 g de amostra e 15 ml de ácido tricloroacético (TCA) diluído em Propil galato (PG) e um agente quelante, sal sódico EDTA, com a finalidade de evitar a formação errônea de malonaldeído ou outras substâncias reativas ao TBA durante a mistura e filtração da amostra. Esse extrato filtrado reagiu com a solução de TBA sob aquecimento (40 minutos a 95°C em banho-maria) para a formação do complexo colorido medido em espectrofotômetro Shimadzu, o modelo UV-Vis mini 1240, com absorbância máxima em 532nm.

Para os cálculos da curva-padrão, assume-se que a concentração e a absorbância são plotadas no eixo x e y respectivamente, determinando a equação da reta de uma regressão linear,

a partir da qual se obtém a concentração da amostra. Os resultados são expressos em "valor de TBARS", definido como mg de malonaldeído por kg de amostra.

2.2.5 Análise Estatística

A avaliação dos efeitos dos tratamentos ($p \leq 5\%$) nos resultados experimentais foi realizada através da análise da variância (ANOVA), para um modelo fatorial hierárquico, com os fatores: tratamentos, abates e lotes. Para avaliação de possíveis correlações entre os parâmetros cor e pH; perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC), e porcentagem de absorção (%ABS) e perda de peso por gotejamento (PPG) foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$). Para todas as análises foi utilizado o programa STATISTICA, versão 7.0 (2004). O nível de significância de 5% foi utilizado em todos os testes.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Mortalidade dos Frangos

Os resultados da tabela 2.1 indicam que a mortalidade das aves estressadas termicamente, no período imediato antes do abate foi expressivamente alta. Do total de aves, 37% sucumbiram à severidade do estresse aplicado (35°C e 75% UR), enquanto que o controle apresentou mortalidade de apenas 5,2%. Estes resultados estão de acordo com Mazzi (1998), que também observou mortalidade crescente proporcional das aves, quando submetidas a estresse gradativo de 28 a 42ºC, com variação de 2ºC por hora. Edens (1978) reportou que aves expostas a 43°C por 2 horas apresentaram prostração irreversível e falhas cardiovasculares. Wilson e Plaister (1951 apud ERNST et al., 1984) também relataram aumento de mortalidade quando os frangos eram mantidos em caixas a 37,8°C. Outros autores como Bayliss e Hinton (1990), Mitchell e Kettlewell (1998), Warriss et al. (1999), Nijdam et al. (2004), estudaram a taxa de mortalidade de aves, relacionadas ao estresse térmico sofrido *ante mortem* no transporte e também no período de espera nos frigoríficos. Muitas vezes, as aves ficam expostas ao calor e aos ruídos, comprometendo o seu bem estar, assim como a qualidade de carne.

Temperaturas elevadas estão associadas à morbidez e alta taxa de mortalidade (McGEEHIN; MIRABELLI, 2001). Segundo Ito (2002), com o aumento da temperatura corporal acima de 42°C ocorre a morte por calor. A perda de dióxido de carbono na ofegação, que ocorre em altas temperaturas, resulta em vários níveis de alcalose respiratória, o que por sua vez leva a

um desequilíbrio de água, eletrólitos e íons hidrogênio. Cada uma dessas situações de desequilíbrio pode levar o animal à morte (HARRISON, 1995).

Os resultados obtidos neste experimento, assim como os mostrados pela literatura, indicam que a temperatura ambiental e a UR são altamente correlacionadas ao conforto térmico animal. De acordo com North e Bell (1990), esses elementos climáticos influenciam a perda de calor sensível e latente do corpo e em temperaturas muito elevadas (acima de 35ºC), o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, que é dependente da UR do ar (BAÊTA; SOUZA, 1997), ou seja, quando a perda de calor não evaporativa diminui em altas temperaturas, as aves aumentam a perda de calor por evaporação (BELAY; TEETER, 1993), que é suprimida, por sua vez, por altas taxas de UR (CHWALIBOG; EGGUM, 1989, apud LIN et al., 2005; NICHELMANN et al., 1991 apud LIN et al., 2005).

A utilização da divisão em lotes de abate ao longo dia, mostrou-se eficaz com relação à abrangência de possíveis diferenças nas condições climáticas. Observa-se na tabela 2.1 que nos lotes 1 e 4, cujo horário de abate foi 7:00 e 13:00 horas (h), a mortalidade foi mais alta.

Tabela 2.1 - Mortalidade em porcentagem (%) das aves do experimento, divididas por tratamento (ET e NET), nos 3 dias, ao longo dos 5 horários de abate (lotes) e uma média do total de aves mortas de cada tratamento.

Lote	Tratamento	Abate 1 *	Abate 2 *	Abate 3 *	Mortalidade (%)
1 (7:00h)	ET	10-5=5	10-7=3	10-1=9	43,3
	NET	10-0=10	10-1=9	10-2=8	10
2 (9:00h)	ET	20-3=17	20-7=13	20-9=11	31,7
	NET	20-2=18	20-0=20	20-1=19	5
3 (11:00h)	ET	20-5=15	20-4=16	20-11=9	33,3
	NET	20-2=18	20-1=19	20-0=20	5
4 (13:00h)	ET	20-9=11	20-10=10	20-11=9	50,0
	NET	20-2=18	20-0=20	20-1=19	5
5 (15:00h)	ET	20-6=14	20-8=12	20-4=16	30,0
	NET	20-2=18	20-0=20	20-0=20	3,3
Total	ET	90-28=62	90-36=54	90-36=54	37,0
	NET	90-8=82	90-2=88	90-4=86	5,2

* Aves viáveis para o estudo, ou seja, número inicial menos o número de aves que morreram.

2.3.2 Avaliações Físico-Químicas da Carne *in Natura*

2.3.2.1 Cor e pH

Foram avaliadas no total 327 aves sendo, 139 ET e 188 NET. As medidas aferidas na análise instrumental de cor foram L*, a* e b*, porém só a luminosidade (L*) mostrou-se diferente entre os tratamentos.

Na análise de L*, tanto em 30 minutos (min), quanto em 24 horas (h) *post mortem*, observou-se uma disferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os dias de abate (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Médias e desvios padrão de luminosidade para os dias de abate, nos períodos de análise 30 min e 24 h *post mortem,* considerando as amostras de ambos tratamentos (ET e NET).

		Valor L*	
Abate	N	30 min	24 h
1	129	48,66±2,06	51,03±2,61
2	116	48,85±2,01	51,96±2,25
3	81	47,49±2,09	51,34±2,05
Pr>F		<0,001	0,012

Os animais do estudo foram abatidos com 42, 44 e 46 dias de idade, no primeiro, segundo e terceiro dias de abate, respectivamente, e essa diferença entre as idades poderia ser considerada um motivo para as discrepâncias observadas entre os dias de abate, já que, segundo Nishida e Nishida (1985), a idade do animal exerce um papel fundamental sobre a cor da carne, e a mioglobina aumenta com o tempo de vida, tornando a carne cada vez mais escura e mais avermelhada. No entanto, Smith et al. (2002), compararam filés de peito de frangos de várias idades (de 42 a 52 dias) e reportaram que a cor da carne de peito, nessa faixa, não é afetada pela idade.

O peso dos frangos pode ter sido um fator de variação, já que entre um abate e outro, as aves ganharam peso e apresentaram as seguintes médias: primeiro dia de abate, 2,8 kg, segundo dia, 3,0 kg e terceiro dia, 3,2 kg, ou seja, um ganho de 200 g a cada 2 dias. A densidade por gaiola foi fixada em 10 frangos, mas com a diferença de peso das aves entre os diferentes dias de abate, os mecanismos de perda de calor corporal podem ter tido variações que explicam porque os dias de abate apresentaram resultados diferentes entre si.

Segundo Lyon et al. (2004), além das variações biológicas como a idade e o peso das aves, outros fatores podem afetar a cor da carne, como condições climáticas, duração do jejum alimentar e distância de transporte. Porém, no caso deste estudo, a duração do jejum e a distância de transporte foram mantidas exatamente iguais para os 3 dias de abate, já com relação às condições climáticas, não controláveis do ponto de vista experimental, observou-se variações, principalmente com relação à umidade relativa, como se observa na tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Dados climáticos relativos aos dias de abate do experimento.

Data do abate	Temperatura Média (°C)	Vento Médio (km/h)	Umidade Média (%)	Pressão Atmosférica Média (Milibar)	Chuva (mm)	Radiação Máxima (W/m^2)
3/7/2006	16,5	6,7	70,6	951,5	0	679,7
5/7/2006	15,7	5,2	69,0	950,6	0	661,5
7/7/2006	17,0	6,6	62,9	949,2	0	660,8

Fonte: Dados segundo Estação Meteorológica de Pirassununga (FZEA-USP).

Com relação ao estresse térmico aplicado, observou-se que houve efeito significativo ($p<0,05$) do tratamento na análise de cor (valor L*), tanto em 30 min, quanto em 24 h *post mortem.* Como pode ser observado na tabela 2.4, os valores de L* foram significativamente mais baixos para as aves estressadas do que para as aves controle, nos 2 períodos avaliados.

Tabela 2.4 - Médias e desvios padrão de L* para os tratamentos ET (n=139) e NET (n=188), nos períodos de análise 30 min e 24 h *post mortem.*

	Valor L*	
Tratamento	30 min	24 h
ET	47,45±2,05	50,74±2,40
NET	49,16±1,87	51,94±2,24
Pr>F	<0,001	0,04

As carnes do grupo controle (NET) tiveram média dos valores L* (30 min) igual a 49,16 e L* (24 h) igual a 51,94. Apenas 3,72% das amostras tiveram valores L* abaixo do classificado como normal (carnes escuras) e somente 1,06% exibiram valores de luminosidade acima do normal (carnes pálidas), segundo valores baseados nos resultados de Barbut (1997), que considera carne de frango DFD (mais escuras que o normal), aquelas com L* abaixo de 46 e pH

acima de 6,1 e PSE (carnes pálidas), aquelas com L* acima de 53 e pH abaixo de 5,7, aferidos antes de 24 h *post mortem*. Estes resultados mostram que as carnes procedentes dos frangos controle possuíam características de cor e pH, classificadas como normais.

Quanto às amostras de carne do grupo ET, que se apresentaram mais escuras que o controle ($p<0,05$), tiveram média de L* (30 min) igual a 47,45 e L* (24 h) igual a 50,74. Nenhuma amostra foi classificada como pálida ou PSE, porém 21,58% das amostras exibiram valores abaixo do classificado como normal por Barbut (1997) e Woelfel et al. (1998), ou seja, carnes escuras.

É importante discutir os resultados de luminosidade associando-os aos resultados de pH, já que são parâmetros correlacionados. Neste experimento, observou-se uma correlação negativa significativa ($p=5\%$) entre os valores de pH (24 h) e os de L* (24 h) tanto em aves estressadas, quanto não estressadas. Para as aves ET esta correlação negativa foi de -0,40, enquanto para as NET foi de -0,30, significando que quanto maiores foram os valores de pH, menores foram os valores de L*. Da mesma forma, vários pesquisadores têm encontrado esta relação significativa entre a cor da carne crua do peito e o pH do músculo (BARBUT, 1993; BOULIANNE; KING, 1995, 1998; ALLEN et al., 1997; FLETCHER, 1999a; VAN LAACK et al., 2000; QIAO et al., 2001). Segundo Kauffman e Marsh (1987) e Cornforth (1994), quando o pH da carne está acima do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, as moléculas de água estão fortemente ligadas, fazendo com que a luz seja absorvida pelo músculo, resultando portanto, em uma coloração mais escura. Para Livingston e Brown (1981), a carne escura do peito de frangos de corte se deve ao alto pH do músculo. Essa afirmação foi confirmada posteriormente por Yang e Chen (1993), que observaram que a carne moída de frango, com pH alto era mais escura que a carne com pH mais baixo. Fletcher (1999b), em um experimento em cinco diferentes plantas comerciais, verificou que os filés de peito de frango do grupo de coloração mais escura tiveram pH final significativamente mais alto (pH=5,81) do que o grupo de carnes pálidas (pH=5,63). Esses dados corroboram os obtidos neste estudo, já que para as carnes ET, mais escuras, os valores de pH foram significativamente ($p<0,05$) mais altos que para NET, tanto em 30 min, quanto em 24 h *post mortem*. O valor médio de pH 30 min foi 6,76 e de pH 24 h foi 6,0 para ET, enquanto que para NET os valores médios foram de 6,67 e 5,95, respectivamente (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Médias e desvios padrão de pH para os tratamentos ET (n=139) e NET (n=188), nos períodos de análise 30 min e 24 h *post mortem.*

	pH	
Tratamento	30 min	24 h
ET	6,76±0,20	6,0±0,14
NET	6,67±0,21	5,95±0,11
Pr>F	0,002	0,05

Segundo BABJI et al. (1982), em experimento que submeteu aves a um estresse de 4 h a 38°C, as carnes do peito exibiram coloração significativamente mais pálida e o pH do músculo mais baixo. No entanto, Sandercock et al. (2001), com o objetivo de caracterizar respostas fisiológicas e analisar qualidade de carne de aves expostas a um estresse térmico agudo, realizaram um estudo com 2 tratamentos: controle (21ºC e 50%UR) e estresse térmico agudo (32ºC e 75%UR), ambos em câmara climática por 2 h. Os pesquisadores observaram que não houve efeito do tratamento quanto a escalas visuais de cor da carne do peito, concordando com Froning et al. (1978), os quais demonstraram que não houve diferença na coloração da carne de perus submetidos a estresse térmico agudo de 42ºC por 1 h, comparada com o controle. Debut et al. (2003), só identificaram alteração de luminosidade no músculo da coxa ao invés do peito, em animais estressados pelo calor por 2 h a 35°C.

Porém, os resultados deste experimento mostraram que a carne dos frangos ET apresentou pH significativamente mais alto e valores L* significativamente mais baixos, quando comparadas com carnes de frangos NET (controle). Da mesma forma, Debut et al. (2003), avaliaram diferentes condições de estresse pré-abate e reportaram que o estresse de 2 h de transporte influenciou o pH e os valores L* das carnes de frango. O pH final da carne da coxa foi significativamente mais alto para o tratamento submetido ao estresse e os valores L* do peito tiveram média de L*=52,15 para o grupo controle e L*=51,66, para as aves estressadas, transportadas por 2 h. Também, Bianchi et al. (2006), estudaram o efeito do tempo de espera na planta de abate sobre o valor L* do peito de frangos e obtiveram como resultados que períodos longos, superiores a 6 h, produziam valores L* mais baixos (L*=52,12), quando comparados com períodos mais curtos, inferiores a 6 h (L*=52,84) ($p<0,05$). Walker e Fletcher (1993), observaram que injeções de epinefrina, aplicadas pouco antes do abate, a fim de estimular um estresse severo *ante mortem*, resultou em escurecimento da carne do peito de frangos, devido, em partes, ao maior pH do músculo e aumento de mioglobina presente. Froning et al. (1978) e Ngoka e Froning

(1982), encontraram carne de peito mais escura, em aves agonizantes (que se debatiam), não anestesiadas durante o abate, quando comparada com a carne de animais previamente anestesiados. A excitação antes do abate reduz o glicogênio muscular e menor quantidade de ácido láctico se acumula durante a glicólise *post mortem*, resultando, portanto, em pH mais elevado da carne (WOOD; RICHARDS, 1975).

Outro estudo que corrobora com estes resultados é o de Bressan e Beraquet (2002) que, a fim de avaliar os efeitos da temperatura ambiental pré-abate, sobre o desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* e a qualidade da carne de peito de frango, realizaram 2 ensaios: o primeiro com temperatura de 30ºC (estresse calórico) e o segundo com 17ºC (conforto térmico). Aves submetidas à temperatura ambiental pré-abate de 30ºC apresentaram no músculo *Pectoralis major* pH final significativamente maior (com média de 5,88) do que as mantidas a 17ºC, (com média de 5,70). Segundo os autores, isto é um indicativo de que, em aves submetidas a condições térmicas confortáveis, há maior extensão nas reações de glicólise no músculo, em comparação com o que ocorre com as aves mantidas sob estresse térmico, ou seja, o menor pH final das aves não estressadas termicamente supõe maior extensão na glicólise e maior disponibilidade de energia a ser utilizada para processo glicolítico, ao contrário, para as aves estressadas, há uma queda da reserva de energia (gasto de glicogênio) durante o período de estresse e assim o músculo não tem condições metabólicas para abaixar significativamente o pH pela glicólise, no período *post mortem*, como ocorreu neste experimento.

Dessa forma pôde-se estabelecer uma diferenciação consistente entre peitos "normais" e "escuros com pH mais elevado", oriundos de aves não estressadas (NET) e de estressadas (ET), respectivamente. Carnes que possuem características como coloração escura e pH elevado podem representar prejuízo para a indústria, especialmente por apresentar maior susceptibilidade a alterações microbiológicas (DEGENHART, 1988; JUDGE et al., 1989).

2.3.2.2 Capacidade de Retenção de Água por centrifugação (CRAc), Perda de Peso por Gotejamento (PPG) e Perda de Peso por Cocção (PPC)

A capacidade de retenção de água, neste experimento, foi determinada por 3 metodologias distintas que utilizam: (1) uso de temperatura (perda de peso por cocção - PPC); (2) força da gravidade (perda de peso por gotejamento - PPG) e; (3) aplicação de força externa (capacidade de retenção de água por centrifugação - CRAc), com a intenção de testar qual delas promove a

melhor resposta com relação a identificação de perda de funcionalidade das proteínas e queda de qualidade em carnes de animais submetidos a estresse severo *ante mortem*.

Para a avaliação da PPC, os resultados do primeiro dia de abate foram excluídos devido a problemas experimentais. Não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos testados, sendo a média para os filés ET de 26,7%±2,76 e para os NET de 27,6%±3,43. Na análise de PPG, também não houve diferença entre os tratamentos, sendo a média de perdas para ET=2,05%±0,25 e para NET=2,47%±0,14. Também não foi encontrada diferença estatística entre a CRAc de carne de peito de frangos submetidos ao estresse (ET), com média de 56,08%±1,00 e controle (NET), com média de 54,65%±1,60.

Concordando com esses resultados Olivo (1999), em seu estudo sobre estresse físico, induziu frangos a uma temperatura de 40°C por 1 h e não encontrou diferença significativa para capacidade de retenção de água entre os grupos estressados e controle de frangos de corte, assim como Froning et al. (1978), cujo estresse aplicado em perus foi de 42°C por 1 h e Northcutt et al. (1994), cujo choque térmico aplicado foi de 40-41°C por 1 h.

Segundo Trout (1988) o termo "capacidade de retenção de água" é definido, primariamente, pela maneira utilizada para sua determinação. Em geral uma força externa é aplicada e a quantidade de água expressa é determinada por diferença de peso. Porém, os mecanismos de retenção de água pelo músculo, em nível molecular e microestrutural são mais complexos. Muitos pesquisadores têm investigado tais mecanismos, incluindo Fung e Puon (1981) e Nola e Brosio (1983). Há muito a ser pesquisado sobre a natureza das ligações de água no músculo e como as estruturas macromoleculares influenciam sua retenção dentro dos tecidos biológicos (BAIANU et al., 1991). Esses relatos, assim como os resultados obtidos neste experimento e o trabalho de Northcutt et al. (1994) sugerem que o uso de uma força externa aplicada sobre as amostras, para o método de avaliação da capacidade de retenção de água, não possui a sensibilidade requerida no caso dos efeitos de estresse térmico das aves, sobre a carne.

2.3.2.3 Força de Cisalhamento (FC)

Na análise de estimativa de correlação entre PPC e FC, observou-se uma correlação positiva significativa ($p<0,05$) tanto para ET (0,40), quanto para NET (0,36), o que sugere que quanto maior a PPC maior a FC. Porém, assim como não houve diferença estatística entre os tratamentos para perdas de peso por cocção, não houve também diferença ($p>0,05$) entre ET e

NET, quanto aos resultados de força de cisalhamento, ou seja, as carnes de peito dos frangos estressados termicamente (ET), mais escuras e com pH mais alto, tiveram média de 4,82 kgf e não diferiu das carnes de peito dos frangos controle (NET), com média de 4,79 kgf.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os de Bressan e Beraquet (2002), que reportaram que a FC não foi afetada pelo estresse térmico (30ºC), em um estudo que avaliou o efeito da temperatura pré-abate sobre o desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* e da qualidade da carne de peito de frango. Allen et al. (1998), também não encontraram diferença significativa entre os grupos de cor "carnes mais claras que o normal" (L*>50) e "carnes mais escuras que o normal" (L*<45) para o parâmetro força de cisalhamento. Também Fletcher (1995), não encontrou diferença significativa entre valores de FC de carne de peito de frango com diferentes valores de L*, a* ou pH.

Segundo Warner et al. (2005), experimentos que investigam a maciez de carnes, sempre encontram alta variação entre animais, dia de abate e entre diferentes abatedouros e mesmo com todos os fatores já conhecidos para a predição de maciez, há ainda mais de 50% de variações sem explicação, já que os animais respondem diferentemente aos fatores estressantes e, além disso, os estressores impostos da produção ao abate são inúmeros.

2.3.2.4 Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)

Na análise de TBARS, não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos ao longo do período de armazenamento refrigerado (1±1°C), ou seja, as carnes da sobrecoxa dos frangos estressados termicamente (ET), tiveram média de 0,10, 0,22 e 0,35 $mg.kg^{-1}$ com 1, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente, valores que não diferiram das carnes dos frangos controle (NET), que apresentaram médias de 0,10, 0,20 e 0,34 $mg.kg^{-1}$ com 1, 7 e 14 dias de armazenamento, respectivamente. Da mesma forma, Boulianne e King (1998) não encontraram diferença significativa entre os grupos de carnes "mais escuras que o normal" e "normais" para valores de TBARS em peito de frangos.

No entanto, Altan et al. (2003), testaram a oxidação no sangue de frangos de corte estressados termicamente (38°C por 3 h) e segundo estes autores, o estresse térmico aumentou a susceptibilidade à peroxidação das células vermelhas do sangue, tendo como conseqüência o aumento da geração de radicais livres. Este aumento foi da ordem 2,01 $nmoles.ml^{-1}$ para os frangos controle e 2,59 $nmoles.ml^{-1}$ para os frangos submetidos ao estresse. Da mesma forma,

Lin et al. (2006) investigaram frangos expostos a um estresse térmico agudo (32°C por 6 h) e os resultados sugeriram que a elevada temperatura corporal pode induzir alterações metabólicas que envolvem o estresse oxidativo. Os níveis de TBARS no plasma e no fígado se elevaram em comparação com os frangos controle, assim como nos resultados anteriores de Mahmoud e Edens (2003).

Diferentemente da análise realizada neste experimento (em sobrecoxa), que não apresentou diferença entre a carne de animais ET e NET, os dados de análise de TBARS citados acima foram obtidos no sangue ou fígado e mostram resultados consistentes dos efeitos deletérios da condição de estresse. Essa diferença entre os resultados sugere que a análise de TBARS realizada na carne *in natura* pode não ter a mesma sensibilidade que quando realizada no sangue ou fígado, ou ainda, que os efeitos desse perfil de estresse aplicado não apresentaram variação quanto à oxidação lipídica na carne.

Com relação à evolução da oxidação ao longo do tempo de armazenamento refrigerado (1±1°C), como já era esperado, houve aumento da concentração em mg de malonaldeído.kg^{-1} de amostra conforme aumentaram os dias de armazenamento (1, 7 e 14 dias pós-abate) (Figura 2).

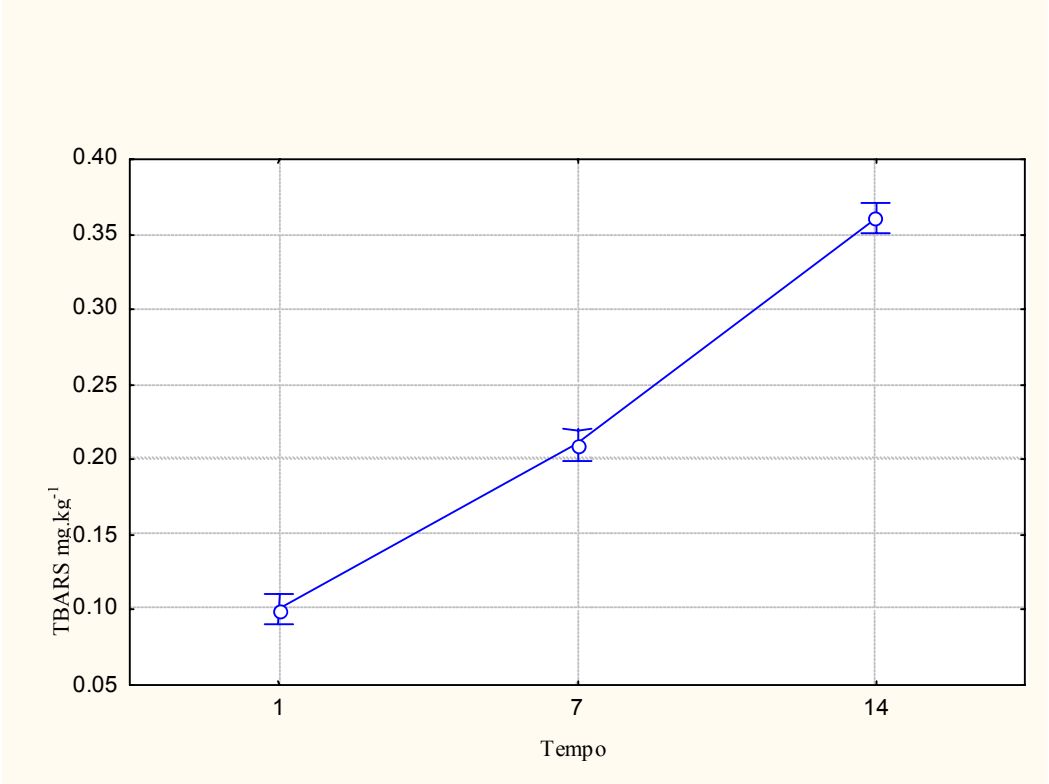

Figura 2 - Médias de valores de TBARS da carne de sobrecoxa, nos 3 pontos de avaliação (1, 7 e 14 dias *post mortem*), em todas as amostras (ET e NET).
Nota: As barras verticais denotam intervalos de 95% de confiança.

2.3.2.5 Composição Centesimal (CC)

Os dados da composição centesimal estão apresentados na tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Médias da composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinzas) da carne de peito de frangos ET (n=15) e NET (n=15), nos 5 lotes e 3 dias de abate.

Tratamento	%Umidade	%Proteína	%Lipídeos	%Cinzas
ET	74,73±0,24	20,95±0,51	0,99±0,12	0,78±0,02
NET	75,04±0,24	20,86±0,35	1,44±0,13	1,94±0,04
Pr>F	<0,001	0,543	<0,001	<0,001

Na avaliação da porcentagem de umidade, observou-se que as carnes ET (média=74,73±0,24) tiveram valores significativamente mais baixos ($p<0,001$) que as carnes controle (75,04±0,24). Com relação à porcentagem de proteína, não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os tratamentos. A porcentagem de cinzas foi significativamente ($p<0,001$) mais baixa (0,78±0,02) para carne de aves ET que para NET (1,94±0,04). Já quanto à porcentagem de lipídeos, o tratamento ET apresentou valores significativamente ($p<0,001$) mais baixos (0,99±0,12) que o controle (1,44±0,13).

Segundo Berg (2001), ante uma situação de estresse, o sistema nervoso simpático estimula uma reação em cascata a fim de gerar rapidamente energia em resposta ao estressor, enquanto que ao mesmo tempo, inibe o armazenamento de energia, a digestão e a função imune do organismo. A epinefrina, produzida e liberada em tecidos nervosos em resposta a uma situação de estresse, estimula a glicogenólise e a lipólise e a norepinefrina também estimula a lipólise, mas não a glicogenólise. A partir do exposto sugere-se que as mudanças no perfil da carne oriunda de animais estressados (menor umidade, maior quantidade de cinzas e menor concentração de lipídeos) se devam à tentativa do metabolismo em buscar a homeostase frente a um desafio estressante (configurado pelo estresse térmico induzido pré-abate).

2.3.3 Avaliações Físico-Químicas da Carne Marinada

Com o objetivo de verificar se os possíveis problemas causados pelo estresse pré-abate das aves afetam as propriedades e os parâmetros de qualidade envolvidos no processo de marinação: cor (L*, a*, b*), pH, PPG e porcentagem de absorção da solução usada no processo

de marinação (%ABS), amostras de ambos grupos foram *tumbleadas,* ou seja, massageadas, a vácuo em solução de pH regulado para 8,0 e comparadas com filés controle, não marinados. Como já se esperava, as amostras marinadas (M) diferiram das não marinadas (NM), em todos os parâmetros avaliados (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 - Médias e desvios padrão para os diferentes parâmetros avaliados (L*, a*, b*, pH e PPG) em carnes marinadas (M) e não marinadas (controle - NM) (n=120).

Tratamento	L*	a*	b*	pH	PPG (%)
NM	51,52±2,23	5,00±1,49	9,28±1,42	5,97±0,14	2,25±0,71
M	49,98±2,16	2,90±0,91	9,67±1,20	6,04±0,11	2,85±0,73
Pr>F	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001

Nota: Em (M) e (NM) estão representadas todas as amostras (carnes ET e NET).

2.3.3.1 Cor

Após a marinação, o valor de L* diminuiu sensivelmente ($p<0,01$), tanto para carnes ET (NM=51,03; M=49,62), quanto para NET (NM=52,01; M=50,37) e a diferença significativa que existia, entre os grupos antes do processamento, deixou de existir, homogeneizando a luminosidade das amostras (média de 49,99±0,5).

Os resultados deste experimento estão de acordo com os de Yang e Chen (1993) em que a luminosidade das amostras de carne também diminuiu após a marinação. Porém, segundo Allen et al. (1998), os filés depois de marinados apresentaram valores L* significativamente mais elevados quando comparados com o seu respectivo controle não marinado. Young et al. (1996), no entanto, não encontraram diferenças de cor nos filés de peito antes e depois da marinação em solução de tripolifosfato.

Quanto à intensidade de vermelho (a*), os valores diminuíram após o processo de marinação ($p<0,001$). Concordando com esses resultados, Allen et al. (1998), relataram que depois de passar pelo processo de marinação, os valores de a* passaram a ser significativamente menores quando comparados com seu respectivo controle não marinado. Porém, Yang e Chen (1993) encontraram maiores valores de a* para os filés de peito de frango depois da marinação com 1-2% de fosfato trisódico. O teor de vermelho de ambos grupos diminuiu após a marinação, (NM=5,25; M=3,08, para o grupo de carnes ET e NM=4,76; M=2,72, para o grupo de carnes

NET), porém não houve diferença entre os tratamentos, nem antes e nem depois do processamento.

Quanto à intensidade de amarelo (b*), os valores aumentaram após o processo de marinação ($p<0,01$). Segundo Allen et al. (1998), depois do processo de marinação, os valores de b* passaram a ser significativamente menores quando comparados com seu respectivo controle não marinado. Porém, esses dados diferem do encontrado neste estudo. O teor de amarelo de ambos grupos aumentou após a marinação, (NM=8,96; M=9,47, para o grupo de carnes ET e NM=9,60; M=9,88, para o grupo de carnes NET) e não houve diferença estatística entre os tratamentos para a carne marinada, assim como também não houve para a carne *in natura*.

2.3.3.2 pH

Após o processo de marinação, os filés de peito de frango dos 2 tratamentos ET e NET não diferiram estatisticamente ($p>0,005$) com relação ao pH. Antes do processamento, esta diferença era consistente, onde o pH era mais elevado para carnes do tratamento ET que para o controle ($p<0,05$), porém com o processo de marinação, o pH tornou-se homogêneo, independente do tratamento aplicado às aves vivas, com média de 6,04.

Com relação à diferença entre carnes não marinadas e marinadas, têm-se que o valor do pH aumentou após o processo ($p<0,001$). Como o pH da solução usada para a marinação foi regulado para 8,0, os filés do tratamento marinado (M) passaram a ter pH mais alcalino, como já era esperado. Esses resultados estão de acordo com Young et al. (1996), que reportaram aumento do pH do peito de frangos, quando marinados em uma solução contendo tripolifosfato e NaCl, assim como Young e Lyon (1994, 1997), Young et al. (1996, 1999), Woelfel e Sams (2001) e Young e Smith (2004).

2.3.3.3 Porcentagem de Absorção da Solução Usada no Processo de Marinação (%ABS)

Não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos ET (média=9,68%) e NET (média=9,37%), quanto à absorção de marinado. Assim, tanto carnes do peito de frangos submetidos ao estresse agudo, quanto carnes do tratamento controle, tiveram o mesmo desempenho de absorção da solução que é usada no processo de marinação. Woelfel e Sams (2001) também não encontraram diferença na porcentagem de absorção do marinado, quando

compararam carnes pálidas e carnes normais e para Allen et al. (1998), não houve correlação entre a porcentagem de absorção da solução de marinação com os valores de L* da carne.

2.3.3.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG)

Com relação à diferença entre carnes não marinadas e marinadas, têm-se que o valor da porcentagem de PPG aumentou após o processo de marinação ($p<0,05$).

Na análise de estimativa de correlação, observou-se uma relação positiva significativa ($p=5\%$) entre a %ABS e a PPG, tanto em ET (0,49), quanto em NET (0,50), ou seja, independente do tratamento (carne de aves estressadas ou controle), quanto maior a %ABS de salmoura, maior a porcentagem de PPG, o que sugere que no processo de marinação a estrutura da carne consegue absorver até certo nível o volume de líquido adicional aplicado.

Observa-se na figura 3 que tanto as carnes do tratamento submetido ao estresse ET (NM=2,05%; M=2,68%), quanto carnes do peito das aves controle - NET (NM=2,47%; M=3,03%) tiveram os valores de porcentagem de PPG aumentados, mas que nas carnes do grupo NET esses valores foram superiores ($p<0,05$) aos de ET após a marinação.

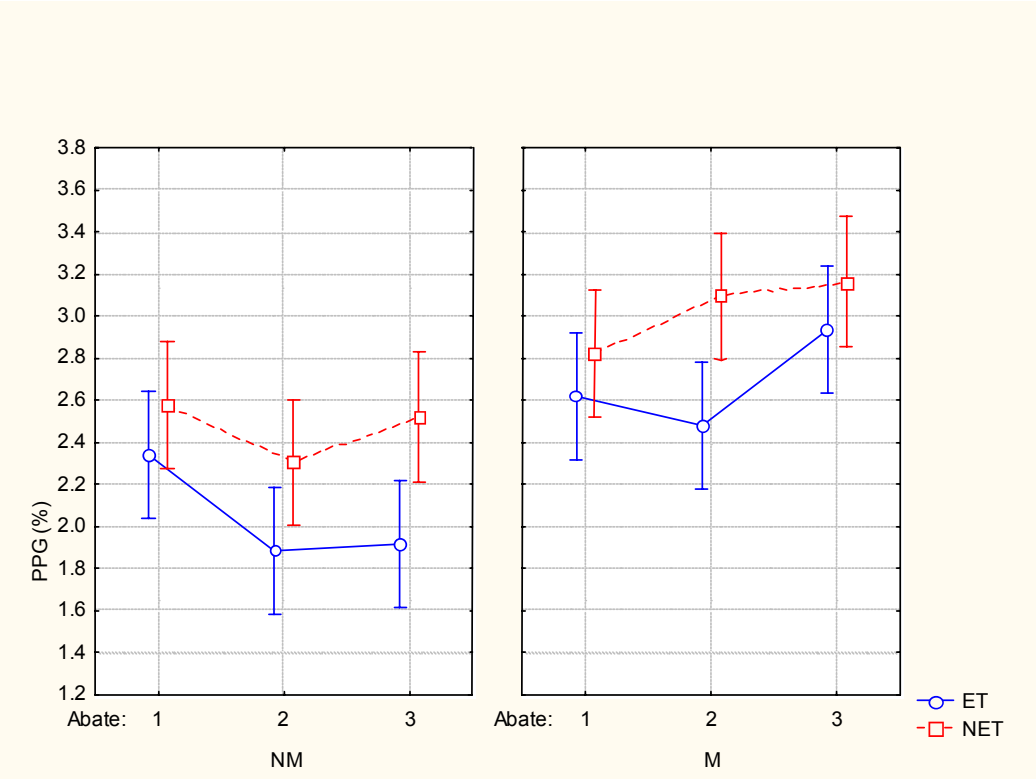

Figura 3 - Médias de valores %PPG para carne de peito de frangos ET e NET, antes da marinação (24 h *post mortem* - NM) e depois da marinação (48 h *post mortem* - M), nos 3 dias de abate.
Nota: As barras verticais denotam intervalos de 95% de confiança.

No processo de marinação, a elevação do pH tem sido associada ao aumento da CRA (HONIKEL et al., 1981, YOUNG; LYON, 1997) e a combinação de cloreto de sódio e polifosfatos, agindo em sinergia na carne de frango também fazem com que haja melhora na absorção de umidade e na capacidade de retenção de água, reduzindo, assim, perdas por gotejamento e por cocção (YOUNG et al., 1987). Porém, segundo Allen et al. (1998), os filés de peito marinados exibiram maior porcentagem de perda por gotejamento e por cocção. Em seu estudo, os filés classificados como "mais claros que o normal" (L*>50) obtiveram maior porcentagem de perda por gotejamento que os filés classificados como mais escuros que o normal (L*<45). Os dados desses autores corroboram os resultados obtidos neste estudo, já que também as carnes marinadas apresentaram maiores perdas por gotejamento (Figura 3) e as carnes mais escuras (ET) tiveram menores perdas, quando comparadas com o controle (NET).

Os resultados que discordam dos demais autores citados, podem ter como causa, diferenças de formulação das soluções e de controle do equipamento (*Tumbler*). Segundo Alvarado e Sams (2003), no processo de marinação, as melhorias na qualidade de carne são dependentes do tipo de fosfato utilizado, já que são variáveis quanto à solubilidade e efeito sobre o pH e capacidade de retenção de água.

2.4 Conclusões

Os filés de peito de frangos estressados severamente (35°C e 75%UR por 2 h), no período pouco antes do abate, exibiram coloração mais escura, com luminosidade (L*) significativamente mais baixa, porém nenhuma diferença foi encontrada com relação aos parâmetros a* e b* (intensidade de vermelho e amarelo, respectivamente). O pH das carnes de frangos estressados termicamente foi mais alto, e a perda de exsudado após a marinação foi menor (detectada pela análise da perda de peso por gotejamento pós-marinação). Já as análises de perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRAc), perda de peso por gotejamento (PPG), força de cisalhamento (FC) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) não exibiram diferença estatística entre os tratamentos ET e NET. As carnes dos animais estressados apresentaram menor porcentagem de umidade, lipídeos e minerais (cinzas), resultados obtidos com a análise do perfil das amostras na composição centesimal.

Todos esses resultados, quando inter-relacionados sugerem que o gasto intenso de energia do animal no momento do estresse, imediatamente antes do abate, resultou em pequena extensão

da glicólise *post mortem*, gerando como respostas na carne, características típicas da síndrome DFD.

Com o processo de marinação, a cor dos filés de peito variou, e a diferença que existia quanto aos valores de L* na carne *in natura* entre os 2 tratamentos ET e NET deixou de existir, homogeneizando a coloração. Após a marinação, a luminosidade e a intensidade de vermelho diminuíram, já o teor de amarelo aumentou para ambos tratamentos. Quanto ao pH, os valores distintos entre ET e NET na carne *in natura* foram igualados e elevaram-se significativamente após o processamento. Além disso, ambos grupos não diferiram com relação à porcentagem de salmoura absorvida, mas sim quanto à porcentagem de perda de peso por gotejamento. Apesar de ambos tratamentos terem apresentado valores mais elevados após a marinação, os filés do grupo ET exsudaram menos que os filés NET. Esses resultados sugerem que a marinação pode ser uma técnica viável para padronizar carne de peito com características distintas decorrentes de um estresse térmico severo.

As características dos músculos encontradas após o estresse térmico agudo proporcionam condições que tornam os filés escuros mais susceptíveis a contaminação microbiológica, quando comparados com filés com coloração mais clara, sendo armazenados sob as mesmas condições de refrigeração. Dessa forma, pode ser vantajoso para a indústria separar a carne de acordo com a cor e conduzir os filés mais escuros a um tipo de processamento onde sua vida-útil possa ser estendida. O processo de marinação pode ser uma opção relevante, já que além de aumentar a vida de prateleira também pode ter a função de padronizar a aparência do produto, tornando-o mais atrativo ao consumidor.

Referências

ALLEN, C.D.; RUSSEL, S.M.; FLETCHER, D.L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf life and odor development. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1042-1046, 1997.

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUT, J.K.; RUSSEL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality shelf-life. **Poultry Science**, Ithaca, v. 77, p. 361-366, 1998.

ALTAN, O.; PABUÇCUOGLU, A.; ALTAN, A.; KONYALIOGLU, S.; BAYRAKTAR, H. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. **British Poultry Science**, London, v. 44, n. 4, p. 545-550, 2003.

ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Injection Marination Strategies for Remediation of Pale, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 82,p. 1332-1336, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 16 th ed. Arlington, 1995. p.45-80.

BABJI, A.S.; FRONING, G.W.; NGOKA, D.A. The effect of preslaughter environmental temperature in the presence of electrolyte treatment on turkey meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 61, p.2385-2389, 1982.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais:** conforto animal. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.

BAIANU, I.C.; KUMOSINSKI, T.K.; BECHTEL, P.J.; MORA, A.; KAKALIS, L.T.; YAKUBU, P.; MAYERS-BETTS, P.; WEI, T.C. Molecular dynamics of water and related model system: multinuclear spin relaxation studies and comparison with theoretical calculations. In: LEVINE, H.; SLADE, L.; (Ed.). **Water relationships in food**. New York: Plenum Press, 1991. p. 517-540.

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

_____. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, London, v. 38, n. 4, p. 355-358, 1997.

BAYLISS, P.A.; HINTON, M.H. Transportation of poultry with special reference to mortality rates. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 28, p. 93-118, 1990.

BELAY, T.; TEETER R.G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, Ithaca, v. 72, p. 116-124, 1993.

BERG, E.P. **Influence of stress on composition and quality of meat poultry, and meat products**. 2001. Disponível: http://www.fass.org/fass01/pdfs/Berg.pdf. Acesso em: 12 de nov. 2006.

BIANCHI, M.; PETRACCI, M.; CAVANI, C. The Influence of Genotype, Market Live Weight, Transportation, and Holding Conditions Prior to Slaughter on Broiler Breast Meat Color. **Poultry Science**, Ithaca, v. 85, p. 123-128, 2006.

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

_____. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 5, p. 759-762, 1998.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Efeito de Fatores Pré-Abate Sobre a Qualidade da Carne de peito de Frango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n. 5, p. 1049-1059, 2002.

CORNFORTH, D.P. Color and its importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry, and fish products**. New York: Chapman and Hall, 1994. p.34-68.

DEBUT, M.; BERRI, C.; BAÉZA, E.; SELLIER, N.; ARNOULD, C.; GUÉMENÉ, D.; JEHL, N.; BOUTTEN, B.; JEGO, Y.; BEAUMONT, C.; LE BIHAN-DUVAL, E. Variation of Chicken Technological Meat Quality in Relation to Genotype and Preslaughter Stress Conditions. **Poultry Science**, Ithaca, v.82, p.1829-1838, 2003.

DEGENHART, J. **Tecnologia de produtos curados**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. p. 51-71. (Curso de Tecnologia da Carne).

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

EDENS, F.W. Adrenal cortical insufficiency in young chickens exposed to a high ambient temperature. **Poutry Science**, Ithaca, v. 57, p. 1746-1750, 1978.

ERNST, R.A.; WEATHERS, W.W.; SMITH, J. Effects of heat stress on day old broiler chicks. **Poultry Science**, Ithaca, v. 63, p. 1719-1721, 1984.

FLETCHER, D.L. *Ante mortem* factors related to meat quality. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 10, 1991, Doorwerth. **Procedings...** Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, 1991. p. 11-19.

_____. Relationship of breast meat color variation to muscle pH and texture. **Poultry Science**, Ithaca, v. 74, suppl. 1, p. 120, 1995.

_____. Color variation in commercial packaged broiler breast fillets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 8, p. 67-69, 1999a.

_____. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 1323-1327, 1999b.

_____. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FRONING, G.W.; UIJTTENBOOGAART, T.G. Effect of *post mortem* electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking loses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 67, n. 11, p. 1536-44, 1988.

FRONING, G.W.; BABJI, A.S.; MATHER, F.B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristic of turkey muscle. **Poultry Science**, Ithaca, v. 57, p. 630-633, 1978.

FUNG, B.M.; PUON, P.S. Nuclear magnetic resonance transverse relaxation in muscle water. **Biophysical Journal**, Bethesda, v. 33, p. 27-38, 1981.

HARRISON, C.O. Estresse calórico nas aves. Fisiologia e conseqüências. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL; 1995, Campinas, **Anais...** Campinas: Facta, 1995. p.25-32.

HOCKING, P.M.; MAXWELL, M.H.; MITCHELL M.A. Haematology and blood composition at two ambient temperatures in genetically fat and lean adult broiler breederfemales fed *ad libitum* or restricted throughout life. **British Poultry Science**, London, v. 35, p. 799-807, 1994.

HONIKEL, K.O.; HAMID, A.; FISCHER, C.; HAMM, R. Influence of *post mortem* changes in bovine muscle on the water holding capacity of beef. *Post mortem* storage of muscle at various temperatures between 0 and 30°C. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, p. 23-25, 1981.

HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Quality attributes and their measurement in meat, poutry and fish products. In: PEARSON, A. M., DUTSON, T. R. (Ed.) **Measurement of water-holding capacity and juiciness**. London: Blackie Academic & Professional, v. 9, p. 136-139, 1994.

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE. **Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms**. Bureau Central de la CIE, Paris, n. 2, 1978. Supplement.

ITO, N.M.K. **Manejo e prevenção das doenças dos frangos de corte na época do verão**. São Paulo: Elanco Saúde Animal, 2002. 45 p. (Manual técnico).

JUDGE, M.D.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; HEDRICK, H.B.; MERDEL, R.A. **Principles of meat science**. 2nd ed. Dubuque: Kendall/ Hunt Publishing Company, 1989. 351 p.

KAUFFMAN, R.G.; MARSH, B.B. Quality characteristics of muscle as food. In: PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. (Ed.) **The science of meat and meat products.** 2nd ed. Westport: Food & Nutrition Press, 1987. p. 356-357.

LAWRIE, R.A. The conversion of muscle to meat. In: _____. **Lawrie's meat science.** 6th ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 1998. p. 96-118.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A**, Oxford, v. 144, p. 11-17, 2006.

LIN, H.; ZHANG, H.F.; DU, R.; GU, X.H.; ZHANG, Z.Y.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Thermoregulation Responses of Broiler Chickens to Humidity at Different Ambient Temperatures II: Four Weeks of Age. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, p. 1173-1178, 2005.

LIVINGSTON, D.J.; BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Tecnology**, Champaign, v. 35, p. 244-252, 1981.

LYON, B.G.; SMITH, D.P.; LYON, C.E.; SAVAGE, E.M. Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. **Poultry Science**, Ithaca, v. 83, p. 275-281, 2004.

MAHMOUD, K.Z.; EDENS, F.W. Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology. Part B**, Oxford, v. 136, p. 921-934, 2003.

MAZZI, C.M. **Análise da expressão da proteína de estresse Hsp70 em frangos de corte portadores do gene "Naked neck" (pescoço pelado) submetidos a estresse térmico gradativo**. 1998. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

McGEEHIN, M.A.; MIRABELLI, M. The potencial impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 109, p. 185-189, 2001.

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

MEAD, G.S. Recommendation for a standardized method of sensory analyzis for broilers. **World`s Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 43. n. 1, p.64-67, 1987.

MILLER, R.K. Factors affecting the quality of raw material. In: KEERY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. (Ed.). **Meat processing:** improving quality. Cambridge:Woodhead Pub. 2002. p. 27-63.

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

NAKAMURA, M.; KATOH, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture**, Ishikawa, v. 11, n. 1, p. 45-49, 1985.

NGOKA, D.A.; FRONING, G.W. Effect of free struggle and preslaughter excitement on color of turkey breast muscles. **Poultry Science**, Ithaca, v. 61, p. 2291-2293, 1982.

NIJDAM, E.; ARENS, P., LAMBOOIJ, E.; DECUYPERE, E.; STEGEMAN, J.A. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage. **Poultry Science**, Ithaca, v. 83, p. 1610-1615, 2004.

NISHIDA,J.; NISHIDA, T. Relationship between the concentration of myoglobin and parvalbumin in various types of muscle tissues from chickens. **British Poultry Science**, London, v. 26, p. 105-115, 1985.

NOLA, A.D.; BROSIO, E. Bound and free water determination by pulsed nuclear magnetic resonance: a method for data analysis in the presence of exchange. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 18, p. 125-128, 1983.

NORTH, M.O.; BELL, D.D. **Commercial chicken production manual.** 4 th ed. New York: Van Nostrad Reinhold, 1990. 913 p.

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

OLIVEIRA, R.; DONZELE, J.; ABREU, M., FERREIRA, R.; VAZ, R.; CELLAS, P. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos.** 1999. 97 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PETRACCI, M.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K. The effect of holding temperature on lie shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v.80, p. 670-675, 2001.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH,moisture, water holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 676-680, 2001.

SANDERCOCK, D.A.; MITCHELL M.A. Skeletal muscle damage and CK release in broiler chickens: a role for Ca2+ - activated PLA2? **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, suppl. 1, p. 112, 1999. Abstract.

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

SMITH, D.P.; ACTON, J.C. Marination, cooking, and curing of poultry products. In: SAMS, A. (Ed.). **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001, chap. 15, p. 257-279.

SMITH, D.P.; LYON, C.E.; LYON, B.G. The effect of age, dietary carbohydrate source, and feed withdrawal on broiler breast fillet color. **Poultry Sciece**, Ithaca, v. 81, p. 1584-1588, 2002.

SORENSEN, G.; JORGENSEN, S.S. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **European Food Research and Technology**, Berlin, v.202, n. 3, p. 205-210, 1996.

STATISTICA 7.0. StatSoft,Inc. University Licence. 2004.

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

TROUT, G.R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods: A review of methodology. **Meat Science**, Barking, v. 23, p. 235-252, 1988.

VAN LAACK, R.L.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 1057-1061, 2000.

WALKER, J.M.; FLETCHER, D.L. Effect of *ante mortem* epinephine injections on broiler breast meat color, pH and haem concentration. **Poultry Science**, Ithaca, v. 72, suppl. 1, p. 138, 1993.

WARNER, R.D.; DUNSHEA, F.R.; PONNAMPALAM, E.N.; COTTRELL, J.J. Effects of nitric oxide and oxidation *in vivo* and *post mortem* on meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 71, p. 205-217, 2005.

WARRISS, P.D.; KESTIN, S.C.; BROWN, S.N. The depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. **British Veterinary Journal**, London, v.149, n.4, p.391-8, 1993.

WARRISS, P.D.; WILKINS, L.J.; KNOWLES, T.G. The influence of *ante mortem* handling on poultry meat quality. In: RICHARDSON, R.I.; MEAD, G.C. (Ed.) **Poultry Meat Science,** Wallingford: CABI Publishing, 1999. p. 217-230.

WEBSTER, A.J.F.; TUDDENHAM, A.; SAVILLE, C.A.; SCOTT, G.B. Thermal-stress on chickens in transit. **British Poultry Science**, London, v. 34, p. 267-277, 1993.

WOELFEL, R.L.; SAMS, A.R. Marination Performance of Pale Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 1519-1522, 2001.

WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; SAMS, A.R. The incidence and characterization of pale, soft, and exudative chicken meat in a commercial plant. **Poutry Science**, Ithaca, v. 77, suppl. 1, p. 62, 1998.

WOOD, D.F.; RICHARDS, J.F. Effect of some *ante mortem* stressors on *post mortem* aspects of chicken broiler *Pectoralis* muscle. **Poultry Science**, Ithaca, v. 54, p. 528-531, 1975.

YANG, C.C.; CHEN, T.C. Effects of refrigerated storage, pH adjustment, and marinade on color of raw and microwave cooked chicken meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 72, p. 355-362, 1993.

YOUNG, L.L.; LYON, C.E. Effect of *post* chill aging and sodium tripolyphosphates on moisture binding properties, colour and Warner-Bratzler Shear value of chicken breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1587-1590, 1997.

_____. Effect of *rigor* state and addition of polyphosphates on the colour of cooked turkey meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 73, p. 1149-1152, 1994.

YOUNG, L.L.; SMITH, D.P. Effect of Vacuum on Moisture Absorption and Retention by Marinated Broiler Fillets. **Poultry Science**, Ithaca, v. 83, p. 129-131, 2004.

YOUNG, L.L.; NORTHCUTT, J.K.; LYON, C. E. Effect of stunning time and polyphosphates on quality of cooked chicken breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 75, p. 677-681, 1996.

YOUNG, L.L.; BUHR, R.J.; LYON, C.E. Effect of polyphosphate treatment and electrical stimulation on *post* chill changes in quality of broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 267-271, 1999.

YOUNG, L.L.; LYON, C.E.; SEARCY, G.K.; WILSON, R.L. Influence of sodium tripolyphosphate and sodium chloride on moisture-retention and textural characteristics of chicken breast meat patties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, p. 571-574, 1987.

3 USO DA COR PARA A CLASSIFICAÇÃO DE CARNES PÁLIDAS, SUA RELAÇÃO COM OUTROS ATRIBUTOS DE QUALIDADE E DESEMPENHO APÓS PROCESSO DE MARINAÇÃO

Resumo

Os objetivos deste experimento foram: (1) conhecer o nível de correlação existente entre a cor e os demais parâmetros de qualidade de carne analisados: pH, capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc) e perda de peso por gotejamento (PPG); (2) estabelecer uma nota de corte própria, a fim de saber se luminosidade da cor (L*) pode ser utilizada como ferramenta classificadora, indicadora de funcionalidade, a partir da separação das amostras em 2 grupos distintos (carnes "pálidas" e "normais") e; (3) saber se as carnes classificadas como pálidas podem ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, utilizando a marinação como forma de processamento. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que os valores L* apresentaram correlação inversa com o pH e direta com a porcentagem de PPG e que o pH possui correlação inversa com a PPG. Entre os parâmentros testados, a cor, especificamente o valor L*=53, obtido 24 horas *post mortem*, foi o principal ponto de distinção entre os grupos de cor. Após a marinação, a luminosidade das amostras diminuiu ($p<0,01$) tanto em carnes pálidas, quanto normais, e a diferença significativa que havia entre os 2 grupos antes do processamento deixou de existir, homogeneizando a coloração das amostras. Os valores de pH se elevaram ($p<0,001$) para os 2 grupos de cor, no entanto não se igualaram após a marinação. A CRAc aumentou e a PPG diminuiu ($p<0,001$), no entanto, as carnes pálidas continuaram a perder maior quantidade de exsudado, mesmo após a marinação. A porcentagem de absorção de solução de marinação não foi diferente entre as carnes pálidas e as normais. Esses resultados denotam a existência de alta correlação entre a cor e outros atributos de qualidadem e que a luminosidade pode ser usada como uma ferramenta de classificação, indicadora de funcionalidade. Com relação ao processo de marinação, observou-se que a técnica restaura parcialmente a qualidade da carne pálida, promovendo uma melhora visual da cor, contudo, sem corrigir a funcionalidade das proteínas em reter água ao nível de carnes normais.

Palavras-chave: Peito de frango; Classificação pela cor; Propriedades funcionais; Valor de luminosidade; Marinação

USE OF COLOR TO CLASSIFY PALE MEAT, ITS RELATION WITH OTHER QUALITY ATTRIBUTES AND PERFORMANCE AFTER MARINATION PROCESS.

Abstract

The objectives of this experiment were: (1) to know the level of correlation between color and the other quality attributes of meat that were analyzed – pH, water holging capacity (WHC), and drip loss (DL); (2) establish an own cut off point aiming to check whether the color could be used as a tool to classify and indicate functionality, separating the samples into two distinct groups: pale and normal meat. (3) to know if meat classified as pale could have its quality attributes restored and equivalent to the normal meat using the marination process. It was possible to observe that L* values presented inverse correlation with pH and direct correlation with DL, and pH had inverse correlation with DL. Among the tested parameters, the color, specifically L* value (L* 53) at 24 hours *postmortem*, was the principal point of distinction between groups. After marination, the L* values decreased ($p<0.01$), in pale and normal meats and the significant difference that existed between the two groups before the processing, no longer existed, homogenizing the coloring of the samples; the pH increased ($p<0.001$) in both groups of color, however it did not equalized after marination, the WHC increased and the DL reduced ($p<0.001$), however the pale meat continued to lose a higher quantity of exudation, even after marination. The percentage of uptake, did not show difference between pale and normal meat. These results denote the high correlation between the color and the other quality attributes, consequently that color lightness (L*) can be used as a tool to classify and indicate functionality. For the marination, it was observed that the technique partly restores the quality of pale meat, promoting a visual enhance in the color, without however, correcting the protein functionality in retaining water at the level of normal meat.

Keywords: Chicken breast; Color classification; Functional properties; L* value; Marination

3.1 Introdução

A produção de carne de aves, atualmente, é uma atividade bastante dinâmica e extremamente competitiva. Nas últimas décadas, com o grande aumento de produtos processados de alto valor agregado, a demanda por carne de qualidade tornou-se fundamental.

A qualidade da carne de peito de frangos depende de características inerentes ao animal, da influência ambiental de curto e longo prazo, de variáveis relacionadas ao manejo de produção e de práticas da planta processadora. Todos esses fatores podem alterar o metabolismo *post mortem,* responsável por determinar o desempenho e a habilidade da carne no momento do processamento (SAMS, 1999).

Assim como em suínos, a taxa de queda do pH *post mortem* afeta significativamente a qualidade de carne de frangos no armazenamento e no processamento. O baixo pH atingido nos primeiros estágios da instalação do *rigor mortis,* quando a temperatura do músculo ainda está elevada, pode levar à desnaturação protéica, responsável por prejudicar as propriedades funcionais inerentes da carne como a capacidade de retenção de água, além de provocar o aspecto desagradável da coloração pálida (BARBUT, 1993; ALLEN et al., 1998; SAMS, 1999). Esses defeitos, descritos também em perus, têm sido identificados de forma análoga à condição PSE (pálidas, flácidas e exsudativas) das carnes suínas e podem ser acarretados por uma série de fatores, principalmente pelo estresse pré-abate, incluindo condições ambientais e práticas efetuadas ao longo da cadeia, que vão desde os galpões de criação até a linha de abate.

Além das condições ambientais, a duração do jejum alimentar pré-abate, dieta hídrica, circunstância de apanha, quantidade de aves por gaiola, distância do transporte, condições do período de espera na planta de abate, pendura, excitação das aves, imobilização, atordoamento, entre outros aspectos, apresentam influência sobre as reservas de glicogênio muscular responsáveis pelo desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* (SAMS; MILLS, 1993; PAPINAHO, et al., 1995; McCURDY et al., 1996; KANNAN et al., 1997; WARRISS et al., 1999; PETRACCI et al., 2001), determinando alterações nas propriedades funcionais das proteínas e conseqüentemente nos atributos de qualidade da carne (CHEFTEL et al., 1989).

Por sua cor pálida e, principalmente por suas propriedades de não reter água como um músculo normal, as carnes PSE causam transtornos à industrialização. Apresentam rendimento deficiente, quando processadas, dificuldade em manter sua própria água, baixa absorção de salmoura durante a marinação (WOELFEL; SAMS, 2001), perda de líquido por gotejamento

(exsudação) na embalagem, baixa coesividade, perda de peso pós-cocção e com isso baixa suculência e baixa capacidade de emulsificação (FLETCHER, 2002), além de reduzida vida de prateleira (BARBUT, 2002). Segundo Jensen et al. (1998), a perda de exsudado é um dos principais fatores que contribuem para a baixa da qualidade de produtos cárneos nas indústrias.

Lotes de carnes classificados como PSE, comercializados *in natura,* são geralmente rejeitados pelos consumidores e também não são indicados para fazer parte de formulações complexas, que exijam alta funcionalidade das proteínas. Dessa forma, normalmente procede-se à diluição desse tipo de carne em grandes pilhas de produtos, como carnes moídas ou picadas, produtos cuja funcionalidade não seja um pré-requisito, ou ainda, aplica-se em formulações que contenham ingredientes ou condições de processamento que consigam restaurar as propriedades prejudicadas, a capacidade de retenção de água e a textura desejada (OWENS et al., 2000).

Recentemente, muitos pesquisadores têm estudado a relação entre a cor da carne de peito de frango crua e as demais propriedades funcionais (BOULIANNE; KING, 1995; QIAO et al., 2001; PETRACCI et al., 2004; BIANCHI et al., 2005), sugerindo que as medidas de luminosidade (L*) possam ser utilizadas como indicador de qualidade de carne de peito para processamento posterior, assim como para se estimar a incidência da condição PSE (BARBUT, 1993, 1997, 2002; OWENS et al., 2000; WILKINS et al., 2000; WOELFEL et al., 2002; PETRACCI et al., 2004). No entanto, devido às variações nas notas de corte utilizadas entre os pesquisadores, Barbut (1997), Wilkins et al. (2000) e Woelfel et al. (2002) sugeriram que cada planta de processamento deva determinar seus próprios valores de L*, dependendo do tipo de frango, do manejo, dos fatores de processamento e das especificações finais do produto.

Com isso, o objetivo deste experimento foi conhecer o nível de correlação existente entre a cor e os demais parâmetros de qualidade de carne analisados: pH, capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc) e perda de peso por gotejamento (PPG) e estabelecer uma nota de corte própria, a fim de saber se luminosidade da cor pode ser utilizada como ferramenta classificadora, indicadora de funcionalidade, a partir da separação das amostras em 2 grupos distintos (carnes “pálidas” e “normais”).

Além disso, objetivou-se saber se as carnes classificadas como pálidas podem ter seus atributos de qualidade restaurados e igualados à condição das carnes normais, já que segundo Lemos et al. (1999) aditivos como o sal e tripolifosfatos de sódio podem ser utilizados em carne de frangos com o intuito de reduzir as perdas de exsudado durante o armazenamento e cocção do

produto final. Pesquisas anteriores têm indicado que o uso de marinados com fosfatos de pH alcalino ajuda a melhorar as propriedades funcionais até mesmo em carnes em condição PSE (VAN LAACK et al., 1998; WOELFEL; SAMS, 2001).

Portanto, com o objetivo de saber se o processamento (marinação com uso de tripolifosfatos) pode contribuir para recuperar a qualidade de carnes com propriedades funcionais prejudicadas, tornando-as desejáveis comercialmente, os 2 grupos pré-classificados foram comparados entre si, quanto ao seu desempenho após o processamento.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Condições Experimentais

Aves: Foram utilizadas 150 aves da linhagem comercial Ross, não sexadas, criadas numa densidade de 14 ou 15 aves por metro quadrado, em granja comercial da cidade de Rio Claro - SP até 44 dias de idade, utilizando-se métodos convencionais de criação e recebendo água e ração *ad libitum*.

Abate: As aves foram abatidas em um frigorífico comercial da cidade de Rio Claro, com capacidade para 20.000 aves por dia. O abate e desossa foram executados por pessoal treinado e experiente do quadro funcional da planta comercial.

A insensibilização foi efetuada com atordoador elétrico de 55volts, durante 10 segundos. Posteriormente, foi feito um corte unilateral da veia jugular e artéria carótida. Após a sangria (±3 minutos), os frangos foram escaldados a aproximadamente 57°C por 3 minutos, mecanicamente depenados e manualmente eviscerados. A desossa foi feita após o resfriamento em tanques de água e gelo *(Chiller),* mantendo a temperatura no pré-resfriamento a 16°C e no resfriamento a 2,5°C por aproximadamente 40 minutos.

Amostragem: Foram realizadas 5 amostragens em dias aleatórios dos meses de fevereiro, março e abril, caracterizados por altas temperaturas e alta umidade relativa. Para cada um dos 5 dias de amostragem, selecionou-se ao acaso 30 peitos de frango (músculo *Pectoralis major*), totalizando 150 amostras.

Os dados climáticos dos dias de amostragem foram obtidos através da Estação Meteorológica de Rio Claro, instalada no Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus da Bela Vista, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Rio Claro e podem ser observados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Dados climáticos relativos aos dias de amostragem do experimento.

Data da amostragem	Temperatura média (°C)	Umidade Relativa média (%)
15/2/2006	27,55	67,5
8/3/2006	29,25	61,5
13/3/2006	26,90	66,0
20/3/2006	28,45	67,5
3/4/2006	25,90	67,5

Fonte: Estação Meteorológica do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (UNESP).

Quarenta e cinco minutos depois da sangria, após o resfriamento das carcaças, as aves foram desossadas e os músculos do peito (*Pectoralis major*) foram analisados para cor e pH, na sala de desossa do abatedouro. Posteriormente, as amostras foram embaladas, identificadas e transportadas em caixas com gelo para o Laboratório de Qualidade de Carnes e Planta de Processamento do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba - SP, para as demais análises 24 horas após o abate: capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc), perda de peso por gotejamento - *Drip Loss* (PPG), cor e pH.

3.2.2 Delineamento Experimental

Classificação das amostras: Após as análises dos atributos de qualidade, as amostras foram classificadas e separadas em 2 grandes grupos. A atribuição dos grupos caracterizados pela cor/luminosidade (carnes "pálidas" e carnes "normais") às unidades experimentais ocorreu por avaliação instrumental a partir de uma nota de corte estabelecida pela metodologia estatística de Árvore de Classificação e Regressão proposta por Breiman et al. (1984), que tem por objetivo separar os dados de uma variável resposta em grupos homogêneos, distintos entre si, utilizando para isso uma classificação baseada em níveis de variáveis explanatórias de interesse.

Marinação: O processo de marinação foi feito 24 horas após o abate, em 150 amostras. As características de interesse foram analisadas de acordo com os tratamentos: carnes marinadas (M) e não marinadas (NM) nos 2 grupos de cor (carnes pálidas e normais).

Uma das metades do peito desossado de cada amostra, tanto do grupo de carnes pálidas, quanto normais foi submetida ao massageamento em *tumbler* a vácuo por 15 minutos a 20 rpm, com uma solução pré-resfriada a 4°C contendo: água (87%), sal (1,5%), açúcar (0,5%), tripolifosfato de sódio (0,3%), alho em pó (0,15%), glutamato monossódico (0,15%), cebola em

pó (0,07%) e pimenta branca moída (0,04%), proporções calculadas com base no peso total de carne. O pH final da solução foi regulado para 8,0. A outra metade do peito foi usada como controle (NM=carne não marinada).

Após o massageamento, as carnes marinadas (M) foram armazenadas a 4°C por 24 horas para a estabilização das reações bioquímicas envolvidas e então foram realizadas as mesmas análises feitas com a carne *in natura* (NM): cor, pH, capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc) e perda por gotejamento (PPG).

3.2.3 Unidades Experimentais

As unidades experimentais foram os peitos de frango (músculo *Pectoralis major*), nos quais foram realizadas as análises: cor, pH, capacidade de retenção de água por centrifugação (CRAc) e perda de peso por gotejamento (PPG).

3.2.4 Métodos Experimentais

3.2.4.1 Cor

Para a determinação da medida física da cor foi utilizado um colorímetro portátil da marca Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400, em que se realizou a leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de amarelo/azul) do sistema CIELab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com Y=93,7, x=0,3160 e y=0,3323 (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE, 1978).

A análise foi efetuada nos períodos: 45 minutos e 24 horas após o abate e 24 horas após o processo de marinação, em 150 amostras. Considerou-se, como valor final, a média de 4 leituras obtidas em diferentes pontos do músculo *Pectoralis major*, livres de hematomas ou machucados, na região ventral (para se evitar o efeito da escalda), 2 na parte cranial e 2 na parte central, estando o músculo sobre uma superfície opaca.

3.2.4.2 pH

A determinação de pH foi feita nos períodos: 45 minutos e 24 horas após o abate e também 24 horas após o processo de marinação em 150 amostras, com eletrôdo de penetração de corpo de vidro, em 4 pontos diferentes do músculo *Pectoralis major*, sendo 2 na parte superior e

2 na parte inferior. O aparelho utilizado foi um potenciômetro de punção da marca Oakton, pH 300, série 35618, com compensação automática de temperatura.

3.2.4.3 Capacidade de Retenção de Água por Centrifugação (CRAc)

A análise de CRAc foi realizada no tempo de 24 horas após o abate e 24 horas após o processo de marinação, em 150 amostras, segundo o método de Nakamura e Katoh (1985), que consiste na pesagem de 1 g de músculo cru em papel de filtro, com posterior centrifugação a 1500.G, durante 4 minutos. Após a centrifugação, a amostra é pesada e em seguida, colocada em estufa a 70°C por 12 horas. A CRAc é determinada pela diferença entre o peso da amostra após a centrifugação e o peso da amostra seca, divididos pelo peso inicial, sendo o valor expresso em porcentagem.

3.2.4.4 Perda de Peso por Gotejamento (PPG)

A determinação de PPG foi realizada no tempo de 24 horas após o abate e 24 horas após o processo de marinação em 150 amostras, baseada em Honikel e Hamm (1994), Dirinck et al. (1996) e Van Laack et al. (2000), em que amostras pesando aproximadamente 100 g são envoltas em embalagens plásticas reticuladas e suspensas no interior de bolsas plásticas. O conjunto é mantido em câmara fria à temperatura de 2±1ºC, de modo que o exsudado não permaneça em contato com a carne. Após 72 horas, procede-se à retirada das amostras e antes da pesagem, remove-se a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. O resultado é expresso em porcentagem, como a perda de peso em $mg.g^{-1}$ do peso original.

3.2.5 Análise Estatística

Os coeficientes de correlação entre as variáveis, tanto para carnes cruas (45 minutos ou 24 horas *post mortem*), quanto para carnes marinadas, foram gerados utilizando o Coeficiente de Correlação de Pearson, com programa SPSS versão 13.0 (2005). Foram utilizados os níveis 1 e 5% de significância.

Para a determinação da nota de corte, para a divisão entre os grupos de cor, realizada pela metodologia de Árvore de Regressão e Classificação proposta por Breiman et al. (1984), foi utilizado o programa R: Programing Environment For Data Analysis and Graphics, versão 2.3.0 (2006).

A avaliação da diferença entre os grupos de cor: carnes "pálidas" e "normais" e dos efeitos dos tratamentos: "carnes marinadas" e "não marinadas", nos resultados experimentais, foi realizada através do Teste t de Student para duas variáveis independentes. Para tal, foi utilizado o programa SPSS versão 13.0 (2005). O nível de significância de 5% foi utilizado em todos os testes.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Avaliações Físico-Químicas da Carne *in Natura*

Alguns parâmetros de avaliação de qualidade de carne estão correlacionados entre si, dessa forma, é possível estimar ou pressupor o comportamento de alguns atributos indiretamente, conhecendo as características que apresentam correlação com a resposta desejada.

As tabelas 3.2 e 3.3 apresentam o nível de correlação existente entre os parâmetros analisados: cor (L*, a*, b*), 45 minutos (min) e 24 horas (h) *post mortem,* pH, 45 minutos (min) e 24 horas (h) *post mortem,* CRAc e PPG 24 horas (h) *post mortem*.

Tabela 3.2 - Coeficientes de correlação entre os parâmetros cor (L*, a*, b*) e pH (45 min *post mortem),* e CRAc e PPG de amostras de filés de peito de frango de corte (n=150).

	L^*_{45}	a^*_{45}	b^*_{45}	pH_{45}	CRAc (%)	PPG (%)
L^*_{45}	1	-0,086	0,025	-0,391(••)	-0,119	0,392(••)
a^*_{45}		1	-0,070	-0,110	-0,139	0,041
b^*_{45}			1	0,144	-0,089	0,149
pH_{45}				1	0,091	-0,361(••)
CRAc (%)					1	-0,466(••)
PPG (%)						1

•• Correlação de Pearson significativa ao nível de 0,01.

Tabela 3.3 - Coeficientes de correlação entre os parâmetros cor (L*, a*, b*) e pH (24 h *post mortem*), e CRAc e PPG de amostras de filés de peito de frango de corte (n=150).

	L^*_{24}	a^*_{24}	b^*_{24}	pH_{24}	CRAc (%)	PPG (%)
L^*_{24}	1	-0,127	0,333(••)	-0,603(••)	-0,056	0,508(••)
a^*_{24}		1	0,145	0,178(•)	-0,204(•)	0,048
b^*_{24}			1	-0,313(••)	-0,134	0,344(••)
pH_{24}				1	0,114	-0,457(••)
CRAc (%)					1	-0,466(••)
PPG (%)						1

•• Correlação de Pearson significativa ao nível 0,01. • Correlação de Pearson significativa ao nível 0,05.

A partir dos resultados expressos, observa-se que o valor L* possui correlação significativa ($p<0,01$) negativa com o pH, em ambos períodos de análise (45 min=-0,391 e 24 h=-0,603), ou seja, quanto mais pálida a carne, menor o pH, sendo que em 24 h esta correlação atinge seu nível mais alto.

Essa diferença entre os níveis de correlação entre o pH inicial e final pode ser explicada por um estudo realizado por Le Bihan-Duval et al. (2001), em que a estimativa de correlação entre o pH inicial, aferido 15 min após o abate e o pH final (24 h após o abate) foi praticamente nula, indicando que a taxa de extensão de queda do pH deva ser controlada por genes diferentes. A taxa de queda do pH inicial é mais dependente da atividade de enzimas glicolíticas que atuam logo que o animal é abatido, enquanto que o pH final é determinado, principalmente, pela reservas iniciais de glicogênio no músculo, no momento do abate (BENDALL, 1973).

Em análise realizada 24 h após a evisceração Le Bihan-Duval et al. (1999, 2001, 2003) encontraram estimativas de correlações de -0,65±0,10, -0,91±0,02 e -0,53±0,19, respectivamente, entre o pH e a luminosidade da carne de aves, faixa de resultados consistente com os dados obtidos neste experimento. Relatos de trabalhos de outros autores, como os de Wilkins et al. (2000), Van Laack et al. (2000) e Qiao et al. (2001) também apresentam níveis altos de correlação negativa entre o valor L* e o pH aferidos 24 h *post mortem* (-0,80, -0,76 e -0,96 respectivamente).

Além dos autores já citados, muitos outros pesquisadores, de modo consistente com os resultados deste experimento, também relataram a existência de uma correlação significativa negativa entre a cor e o pH da carne crua de peito de frangos (BARBUT, 1993; BOULIANNE; KING, 1995, 1998; ALLEN et al., 1997; FLETCHER, 1999a).

O valor L* também apresentou correlação direta significativa ($p<0,01$) com a porcentagem de PPG em ambos períodos de análise (45 min=0,392 e 24 h=0,508), ou seja, quanto mais pálida a carne, maior a porcentagem de perda de peso por gotejamento, sendo que essa correlação é mais alta em 24 h após o abate.

Corroborando os resultados deste experimento, Allen et al. (1998), Owens et al. (2000) e Woelfel et al. (2002), também relataram que as perdas de peso por gotejamento e por cocção são maiores em carnes cujos valores de L* são mais altos. Da mesma forma, segundo Le Bihan-Duval et al. (2001), maiores perdas de líquido por exsudação parecem estar relacionadas com a maior luminosidade da carne de frangos, com base na estimativa de correlação obtida entre essas

características (0,80±0,03). Portanto, valores mais altos de L* significam maiores perdas de líquido, sendo que essa correlação não é independente, mas está relacionada ao parâmetro pH. Fica claro, portanto, que o pH tem correlação inversa com a porcentagem de PPG, e isto é verificado neste experimento tanto em 45 min (-0,361), quanto em 24 h *post mortem* (-0,457) ($p<0,01$), sendo maior o nível de correlação na análise realizada 24 h após o abate.

De forma semelhante, Le Bihan-Duval et al. (2001) relataram que as estimativas de correlação entre o pH aferido em 15 min e 24 h e as perdas de água por exsudação da carne de frangos foram de -0,29±0,04 e -0,83±0,04, respectivamente. Portanto, quanto mais baixo o valor de pH da carne, maior sua perda de líquido por exsudação, sendo mais alta a correlação obtida 24 h *post mortem*. Concordando com estes resultados, Woelfel et al. (2002) obtiveram resultados em que o pH e as perdas de peso por gotejamento foram significativamente ($p<0,0001$) e negativamente correlacionados (-0,327).

Judge et al. (1989), Allen et al. (1998) e Qiao et al. (2001) também encontraram correlação significativa inversa entre capacidade de retenção de água e pH. Para Van Laack et al. (2000), o baixo pH final do músculo do peito parece ser o principal determinante de sua baixa CRA e segundo Judge et al. (1989) com a diminuição do pH, em direção ao ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, ocorre repulsão entre as miofibrilas, diminuindo assim o espaço disponível para a água na célula.

A capacidade de retenção de água, neste experimento, foi determinada por duas metodologias distintas que utilizam a força da gravidade (perda de peso por gotejamento - PPG) e a aplicação de força externa (capacidade de retenção de água por centrifugação - CRAc), com a intenção de testar qual delas promove a melhor resposta e o maior nível de correlação com o pH e com a cor. Entre esses dois métodos utilizados para se avaliar a propriedade da carne em reter sua umidade intrínseca, (CRAc e PPG), a PPG foi a que obteve os maiores níveis de correlação com os demais parâmetros, tanto na análise feita em 45 min, quanto em 24 h *post mortem*, como pode ser observado nas tabelas 3.2 e 3.3.

Observa-se, no período de análise 24 h *post mortem,* que o valor L* se correlaciona também com o valor b* (0,333) ($p<0,01$), ou seja, quanto mais pálido o filé, mais amarelado ele se apresenta. Além disso, o valor b* se correlaciona negativamente com o pH (-0,313) ($p<0,01$) e positivamente com a PPG (0,344) ($p<0,01$), ou seja, quanto mais amarelada a carne, menor é seu pH e maior é a perda de peso por gotejamento. Portanto, de acordo com os resultados obtidos, em

24 h após o abate, a carne mais pálida, com baixa capacidade de retenção de água e baixo pH, se caracteriza por ser amarelada.

Le Bihanduval et al. (2001) também encontraram correlação significativa negativa entre o pH aferido 24 h e o teor de amarelo na carne de frangos (-0,43±0,04). Uma relação semelhante foi encontrada anteriormente por Wilkins et al. (2000), em que quanto menor o pH, maior o valor de b* (-0,647, p<0,001). Por outro lado, Van Laack et al. (2000); Qiao et al. (2001) e Petracci et al. (2004) não encontraram correlação entre a palidez (L*) e o teor de amarelo (b*) de peitos de frangos.

Com base na maior parte desses estudos e nos resultados deste experimento, portanto, pode-se concluir que carnes com maior luminosidade, em geral, estão associadas a baixos valores de pH e baixos valores de pH estão associados a maiores perdas de exsudado. Da mesma forma, outros autores também encontraram relação entre a cor do peito e as propriedades funcionais da carne de aves (BOULIANNE; KING, 1995; McCURDY et al., 1996; SOSNICKI et al., 1998; VAN LAACK et al., 2000; QIAO et al., 2001, 2002; ODA et al., 2003; BIANCHI et al., 2005) e, segundo Swatland (1995), pode-se prognosticar e classificar a condição das carnes, pela combinação dos resultados de pH, cor e capacidade de retenção de água, tornando-se importante, o estudo das correlações entre estas características. Anteriormente, Barbut (1993) em suas pesquisas com carne de peru, também encontrou correlação entre estes parâmetros, sugerindo a análise da cor pelo sistema L* a* b*, como uma forma rápida e não destrutiva de distinguir carnes PSE.

3.3.2 Classificação: "Normais" e "Pálidas"

Com o objetivo de saber se os parâmetros de qualidade (cor, pH e porcentagem de perda de exsudado), correlacionados entre si, podem ser utilizados como indicadores de funcionalidade, utilizando-se a luminosidade da cor (L*) como ferramenta classificadora, procedeu-se a separação das amostras em 2 grupos distintos (carnes pálidas e normais).

Para que essa classificação ocorresse de forma fiel às condições específicas do local, levando-se em consideração variáveis como o manejo, linhagem das aves, temperatura média do ambiente, processos *ante* e *post mortem* e demais condições que variam de um abatedouro para outro, de uma região ou de um país para outro, utilizou-se uma metodologia estatística em que todas as variáveis-resposta foram usadas e uma nota de corte foi estabelecida em função dos

parâmetros avaliados. A metodologia de Árvore de Classificação e Regressão proposta por Breiman et al. (1984) tem por objetivo separar os dados de uma variável-resposta em grupos homogêneos, distintos entre si, utilizando para isso, uma classificação baseada em níveis de variáveis explanatórias de interesse.

Neste experimento, foram realizados 2 diferentes períodos de análise (após o resfriamento das carcaças em 45 min e 24 h *post mortem*), com a intenção de testar qual o melhor momento para se proceder à classificação dos filés e destiná-los à aplicação mais conveniente e, como pode ser observado na tabela 3.4, os 2 períodos se mostraram diferentes ($p<0,001$) para os parâmetros L* e pH.

Tabela 3.4 - Médias e desvios padrão para L*, a*, b* e pH nos períodos de análise 45 min e 24 h *post mortem* (n=150).

Período de análise	L*	a*	b*	pH
45 min	51,00±1,61	1,92±0,61	8,83±1,95	5,98±0,13
24 h	54,42±3,05	2,11±1,10	9,19±2,16	5,83±0,14
Pr>F	<0,001	0,062	0,125	<0,001

Teste t para duas amostras.

Através da análise estatística realizada, obteve-se o valor de cor, especificamente a coordenada L* da carne, aferida 24 h após o abate, como sendo o principal ponto de distinção entre grupos dos parâmetros testados. Na análise de 45 min *post mortem* a classificação teve um erro (ou desvio) alto e por isso não foi útil para a separação das amostras entre grupos. Esse fato é consistente com os resultados de análises de correlação efetuados, já que os níveis mais altos foram todos obtidos no período de 24 h *post mortem.*

O valor da nota de corte estabelecida foi L*=52,83, e para efeito de praticidade o valor de L*=53 foi adotado, ou seja, todas as amostras testadas foram divididas em 2 grandes grupos (Figura 1), cada um com características em PPG, CRAc e pH semelhantes.

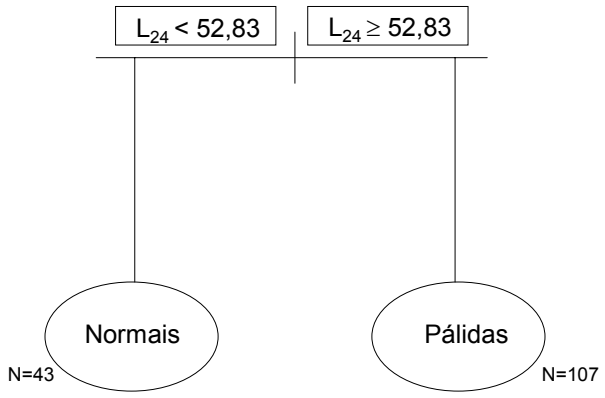

Figura 1 - Árvore de Classificação e Regressão para a variável PPG em função das variáveis CRAc, pH e cor (L*, a*, b*), 45 min e 24 h *post mortem*, tendo sido selecionada somente a variável luminosidade da cor (L*) 24 h após o abate como sendo o principal ponto de distinção entre os grupos: carnes normais e pálidas.

Corroborando os resultados obtidos neste experimento, Woelfel et al. (2002), baseado em um procedimento estatístico de Modelo de Superfície de Resposta, sugeriram que o valor L* é a melhor ferramenta para a predição da classificação de carnes dependendo de seu potencial de funcionalidade e que a região entre 50<L*>55, na qual o efeito do pH se aproxima de uma constante, pode indicar um marco, sendo acima desse valor, maiores os danos nas proteínas e maior o nível de perda de água.

As amostras do grupo com L* igual ou acima de 53 apresentaram valores de porcentagem de PPG mais altos (3,73%), CRAc (50,38%) e pH (5,77) mais baixos ($p<0,05$), e foram portanto, classificadas como carnes pálidas, caracterizadas pela alta luminosidade e por seu perfil exsudativo. Já as amostras do grupo com L* abaixo desse valor, apresentaram valores de porcentagem de PPG mais baixos (2,96%), CRAc (51,54%) e pH (5,94) mais altos ($p<0,05$) e foram classificadas como carnes normais, como pode ser observado na tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Médias para os diferentes parâmetros (L*, pH, PPG e CRAc) em função da classificação (carnes pálidas e normais) proposta por meio do valor de luminosidade da cor (L*).

Parâmetros	$L^*_{24} \geq 53$ Pálidas	$L^*_{24} < 53$ Normais
L*	55,71	51,28
pH	5,77	5,94
PPG (%)	3,73	2,96
CRAc (%)	50,38	51,54

Nota: As médias dos grupos para cada parâmetro diferem entre si com nível de 5% de significância pelo Teste t unilateral.

Reforçando os resultados obtidos neste experimento, Allen et al. (1998) também relataram que os filés classificados como pálidos possuíam maior luminosidade (51,13 *versus* 43,07, para filés pálidos e normais, respectivamente) e para Van Laack et al. (2000) os valores foram de (60,0 *versus* 55,1, para pálidos e normais, respectivamente). Em estudo realizado por Bianchi et al. (2005), o pH de carnes claras (5,67), também foi significativamente mais baixo que de carnes normais (5,94). Van Laack et al. (2000) também obtiveram valores de perda por gotejamento significativamente ($p<0,05$), mais altos para filés pálidos que para os classificados como normais (1,34% *versus* 0,87%).

Estes resultados estão de acordo com outras pesquisas em que carnes de peito foram classificadas em grupos de cores pré-estabelecidos (FLETCHER, 1999b; FLETCHER et al., 2000; VAN LAACK et al., 2000; QIAO et al., 2001; WOELFEL et al., 2002; ALVARADO; SAMS, 2003; BARBUT et al., 2005) e indicam que diferenças extremas na coloração de peitos de frangos crus se devem, principalmente, a diferenças no pH e resultam em variações na habilidade da carne em reter sua própria água.

Sendo assim, ao estabelecer um valor limite de separação entre um grupo de carnes com possíveis problemas de funcionalidade tecnológica e outro grupo com sua qualidade preservada, utlizando um parâmetro a ser medido instrumentalmente e sem destruição dos tecidos musculares, tem-se uma ferramenta de controle para a pronta identificação dos lotes e conseqüente destino das carnes a serem comercializadas *in natura* ou processadas.

3.3.3 Marinação

Como já se esperava, as amostras marinadas (M) diferiram das não marinadas (NM) ($p<0,001$), em todos os parâmetros avaliados, como pode ser observado na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Médias e desvios padrão para os diferentes parâmetros avaliados (L*, a*, b*, pH, CRAc e PPG) em carnes marinadas (M) e não marinadas (NM) (n=150).

Tratamento	L*	a*	b*	pH	CRAc(%)	PPG(%)
NM	54,42±3,05	2,11±2,28	9,19±2,69	5,83±0,14	50,61±3,26	3,64±1,08
M	50,59±2,27	-0,47±1,05	8,66±2,54	5,94±0,13	56,27±2,79	1,02±0,69
Pr>F	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Teste t para duas amostras.

Nota: Em (M) estão representadas todas as amostras que passaram pelo processo de marinação, ou seja, amostras dos 2 grupos de cor (carnes pálidas e normais). Em (NM) estão todas as amostras controle (não marinadas), ou seja, amostras dos 2 grupos de cor (carnes pálidas e normais).

A luminosidade (L*) diminuiu significativamente ($p<0,001$) após a marinação, assim como o teor de vermelho (a*), de amarelo (b*) e a PPG. Já o pH se elevou, assim como a CRAc.

Com o objetivo de saber se o processo de marinação com uso de tripolifosfatos pode contribuir para recuperar a qualidade de carnes como aquelas classificadas como pálidas, com propriedades funcionais prejudicadas, amostras de ambos grupos foram comparadas entre si, quanto ao seu desempenho após o processamento (tabela 3.7).

Tabela 3.7 - Médias dos diferentes parâmetros avaliados (L*, a*, b*, pH, CRAc e PPG) em carnes marinadas (M) e não marinadas (controle - NM) e %ABS para os 2 grupos de cor (carnes pálidas e normais).

	Pálidas	Normais	Pr>F
L^*_{24} (NM)	55,71	51,28	<0,001
L* (M)	50,61	50, 56	0,902
Pr>F	<0,001	0,003	
a^*_{24} (NM)	2,10	2,14	0,855
a* (M)	-0,43	-0,56	0,225
Pr>F	<0,001	<0,001	
b^*_{24} (NM)	9,56	8,27	<0,001
b* (M)	8,97	7,97	<0,001
Pr>F	0,002	0,287	
pH_{24} (NM)	5,77	5,94	<0,001
pH (M)	5,90	6,04	<0,001
Pr>F	<0,001	<0,001	
%CRAc (NM)	50,38	51,54	0,006
%CRAc (M)	56,10	56,89	0,055
Pr>F	<0,001	<0,001	
%PPG (NM)	3,73	2,96	<0,001
%PPG (M)	2,21	1,60	<0,001
Pr>F	<0,001	<0,001	
%ABS (M)	10,65	10,25	0,400

Observa-se na tabela 3.7, que após a marinação, o valor de L* diminuiu sensivelmente ($p<0,01$), tanto para carnes pálidas (NM=55,71; M=50,61), quanto para normais (NM=51,28; M=50,56) e que a diferença significativa que existia entre os grupos antes do processamento, deixou de existir, homogeneizando a luminosidade das amostras.

O teor de vermelho (a*) de ambos grupos, diminuiu após a marinação ($p<0,001$) (NM=2,10; M=-0,43, para o grupo de carnes pálidas e NM=2,14; M=-0,56, para o grupo de carnes normais), porém não houve diferença entre os grupos de cor, nem antes e nem depois do processamento. Já o teor de amarelo (b*) do grupo de carnes pálidas foi menor após a marinação ($p<0,01$) (NM=9,56; M=8,97), e não variou para o grupo de carnes normais. Porém, mesmo tendo minimizado o teor de amarelo nas carnes pálidas, ainda permaneceram diferentes os valores de b* entre os grupos de cor após a marinação.

Concordando com os resultados obtidos por este experimento, para Yang e Chen (1993), a luminosidade das amostras de carne também diminuiu após a marinação e para Allen et al. (1998)

as amostras marinadas apresentaram teores de vermelho (a*) e amarelo (b*) mais baixos. Porém, esses dados são conflitantes com os de Lyon e Magee, (1984), pois para esses autores, depois da marinação os valores de L* se mostraram significativamente mais altos e de acordo com Yang e Chen (1993) o teor de vermelho aumentou em amostras marinadas. Young et al. (1996), no entanto, relataram não ter encontrado mudanças de coloração em carnes marinadas.

Os valores de pH se elevaram significativamente ($p<0,001$) após a marinação em solução alcalina, regulada para pH 8,0 tanto para carnes pálidas, quanto para normais (NM=5,77; M=5,90 e NM=5,94; M=6,04), respectivamente, assim como nos resultados de outros autores (YOUNG; LYON, 1994, 1997; YOUNG et al., 1996, 1999). Porém, a diferença significativa que existia entre os grupos antes do processamento permaneceu após a marinação, indicando que apesar de o processo ter elevado o pH das amostras, as carnes pálidas continuaram tendo valores de pH mais baixos que os filés normais.

Em estudo realizado por Woelfel e Sams (2001), o grupo de filés pálidos apresentou pH significativamente mais baixo que os normais após a marinação efetuada em solução de pH 9. Porém, quando efetuada em solução de pH 11, não foi detectada diferença entre os grupos de carnes pálidas e normais. Esses resultados sugerem que com o pH mais elevado da solução houve restabelecimento do pH dos filés pálidos ao nível das carnes normais.

Uma vez que o pH da solução usada no processo de marinação foi regulado para 8,0, esperava-se que os filés pálidos marinados atingissem o mesmo nível das carnes classificadas como normais, no entanto, esse objetivo não foi alcançado, provavelmente porque a solução deveria ser mais alcalina do que a utilizada. É necessário, porém, que sejam feitos testes sensoriais com carnes marinadas em diferentes níveis de alcalinidade, para descobrir se o sabor se mantém atraente ou se corre o risco de se alterar e se tornar desagradável.

Após a marinação, os valores de porcentagem de CRAc elevaram-se significativamente ($p<0,001$), tanto para carnes pálidas (NM=50,38; M=56,10), quanto para normais (NM=51,54; M=56,89), porém os grupos continuaram distintos ($p<0,05$) após a marinação, o que denota que apesar do processo ter elevado a capacidade de retenção de água, as carnes pálidas permaneceram com menor habilidade em reter líquido do que as carnes normais.

Esses resultados são consistentes com os dados de perda de peso por gotejamento, já que a marinação foi responsável por menores taxas de PPG ($p<0,001$), tanto para carnes do grupo pálidas (NM=3,73; M=2,21), como para as do grupo normais (NM=2,96; M=1,60). Porém, a

diferença significativa que existia entre os grupos antes do processamento, permaneceu após a marinação, indicando que apesar de o processo ter reduzido a porcentagem de perda das amostras, as carnes pálidas continuaram tendo valores de PPG mais altos que os filés normais.

Da mesma forma, segundo Allen et al. (1998), para os tratamentos (carnes marinadas e não marinadas), as amostras pálidas tiveram porcentagem de perda por gotejamento mais alta que as amostras escuras. Barbut et al. (2005) também observaram que a baixa habilidade das carnes pálidas em reter sua própria água, resultando em alta porcentagem de perda de peso por gotejamento, persistiu após a marinação e esse grupo de carnes, em suas pesquisas, apresentou maior quantidade de solução exsudada após o massageamento a vácuo.

Esses resultados podem sugerir que a marinação *post rigor* de carnes PSE não promove o aumento da funcionalidade das proteínas ao nível de carnes normais, como pode ser visto pelas diferenças entre os grupos para as perdas de exsudado. Porém, Alvarado e Sams (2003) relataram ter eliminado a distinção entre o grupo de carnes pálidas e normais, para as perdas de peso por cocção, efetuando a marinação no período pré-*rigor* em uma solução de pH regulada para 9,0, no entanto, a marinação só conseguiu fazer com que o pH atingisse os mesmos valores das carnes normais em solução regulada para pH 11 e ainda assim a luminosidade das carnes pálidas, apesar de mais baixas, não atingiram o nível das carnes normais.

Com relação à porcentagem de absorção da solução usada para a marinação, observa-se que não houve diferença entre carnes pálidas (10,65%) e normais (10,25%), quanto à quantidade de líquido absorvido. Assim como neste experimento, Woelfel e Sams (2001) não encontraram diferenças quanto à absorção de marinado entre filés de frango pálidos e normais, marinados em *tumbler* a vácuo por 30 min com soluções reguladas a pH 9 e 11. Porém, resultados contrários foram obtidos por Allen et al. (1998) e Qiao et al. (2002), que obtiveram diferenças significativas entre carnes mais escuras e normais, e PSE e normais, respectivamente, com relação à porcentagem de absorção de solução, após 20 min de marinação em *tumbler* a vácuo.

Na estimativa de correlação (tabela 3.8), observa-se que L^*_{24} (NM) correlacionou-se negativamente com o pH (M) (-0,481), e positivamente com a PPG (M) (0,470), ou seja, quanto mais pálidas as carnes cruas, mais baixos são os valores de pH e também mais líquido por gotejamento perdem, mesmo após a marinação.

Tabela 3.8 - Coeficientes de correlação entre os parâmetros: L* da carne crua - L^*_{24} (NM) e após a marinação - L* (M), pH da carne crua - pH_{24} (NM) e após a marinação - pH (M), CRAc após a marinação - CRAc (M), PPG após a marinação - PPG (M) e %ABS (M) de amostras de filés de peito de frango de corte (n=150).

	L^*_{24} (NM)	pH_{24} (NM)	L* (M)	pH (M)	%CRAc (M)	%PPG (M)	%ABS (M)
L^*_{24} (NM)	1	-0,603(••)	0,092	-0,481(••)	-0,164	0,470(••)	0,026
pH_{24} (NM)		1	0,042	0,703(••)	0,155	-0,393(••)	-0,109
L* (M)			1	0,060	0,067	0,027	0,161
pH (M)				1	0,168	-0,331(••)	-0,271(••)
%CRAc (M)					1	-0,221(•)	0,056
%PPG (M)						1	0,322(••)
%ABS (M)							1

•• Correlação de Pearson significativa ao nível 0,01.
• Correlação de Pearson significativa ao nível 0,05.

O pH_{24} (NM), além de se correlacionar positivamente com o pH pós-marinação (M) (0,703), está inversamente correlacionado com a PPG após a marinação (-0,393), ou seja, quanto mais baixo o pH da carne crua, mais baixo é também o pH após a marinação e maior é a porcentagem de perda por gotejamento da carne marinada. E quanto mais baixo o pH da carne marinada, maior a perda de peso por gotejamento da carne marinada (-0,331).

A luminosidade dos filés após a marinação não se correlacionou com nenhum dos outros atributos e a porcentagem de absorção da salmoura (%ABS) se correlacionou apenas com a PPG da carne marinada (0,322), ou seja, quanto maior a absorção, maior também a perda de exsudado.

Esses resultados de correlação denotam que carnes cruas prejudicadas funcionalmente, com alto valor L* e baixo pH, mesmo depois da marinação, ainda mantém altas perdas de exsudado. Assim, ficaram comprovados os problemas com as propriedades funcionais da carne de peito de frango, decorrentes da condição que a coloração pálida do músculo representa.

3.4 Conclusões

Com relação às estimativas de correlação existente entre os atributos de qualidade estudados, observou-se que carnes com maior luminosidade, de modo geral, estão associadas a baixos valores de pH e da mesma forma, baixos valores de pH estão relacionados a maiores perdas de exsudado.

Através da análise estatística realizada (Árvore de Classificação e Regressão), obteve-se o valor de cor, especificamente a coordenada L* (luminosidade) da carne (aferida 24 h após o abate), como sendo o principal ponto de distinção entre grupos homogêneos, distintos entre si (carnes "pálidas" e "normais"). Portanto, a luminosidade da cor (L*), em nota de corte de 52,83, específica para a planta de processamento onde foram feitas as amostragens, pode ser utilizada como ferramenta classificadora e indicadora de funcionalidade, já que os resultados indicam, que diferenças extremas na coloração de peitos de frangos crus se devem, principalmente, a diferenças no pH e resultam em variações na habilidade da carne em reter sua própria água (PPG e CRAc). Esses resultados não indicam apenas que existem variações significativas na coloração de carne de peito de frangos em uma produção comercial, mas também demonstra a alta correlação entre a cor e os demais parâmetros de qualidade.

Com relação aos resultados do processo de marinação em *tumbler* a vácuo com uso de tripolifosfatos sobre os 2 grupos pré-classificados de cor (carnes "pálidas" e "normais"), observou-se que a técnica restaurou parcialmente a qualidade da carne, ajudando a mascarar a luminosidade dos filés pálidos, porém seus reais problemas com a funcionalidade das proteínas em reter líquido, não foram restaurados aos níveis normais. Serão necessários mais testes com soluções em diferentes níveis de pH e diferentes períodos *post mortem* para a aplicação da técnica, a fim de se obter melhores resultados.

Referências

ALLEN, C.D.; RUSSEL, S.M.; FLETCHER, D.L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf life and odor development. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1042-1046, 1997.

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUT, J.K.; RUSSEL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, Ithaca, v. 77, p. 361-366, 1998.

ALVARADO, C.Z.; SAMS, A.R. Injection Marination Strategies for Remediation of Pale, Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 82,p. 1332-1336, 2003.

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

_____. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, London, v. 38, n. 4, p. 355-358, 1997.

_____. Meat color and flavor. In:_____. **Poultry products processing:** an industry guide. New York: CRC Press, 2002. chap 13, p. 429-463.

BARBUT, S.; ZHANG, L.; MARCONE, M. Effects of Pale, Normal, and Dark Chicken Breast Meat on Microstructure, Extractable Proteins, and Cooking of Marinated Fillets. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, p. 797-802, 2005.

BENDALL, J.R. *Post mortem* changes in muscle. Relation between muscle pH and important biochemical parameters during the *post mortem* changes in mammalian muscles In: G. H. BOURNE (Ed.). **The Structure and Function of Muscle**. New York: Academic Press, v. 2. p.143-57, 1973.

BIANCHI, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P. Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 84, p. 803-808, 2005.

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

_____. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 5, p. 759-762, 1998.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.H.; OLSHEN, R.A.; STONE, C.J. **Classification and Regression Trees**. Boca Raton: Chapman e Hall / CRC, 1984. 354p.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteinas alimentarias**: bioquímica - propriedades funcionales - valor nutritivo - modificaciones químicas. Tradução de Francisco López Capont. Zaragoza: Acribia,1989. 346 p.

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

FLETCHER, D.L. Color variation in commercial packaged broiler breast fillets. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 8, p. 67-69, 1999a.

_____. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 1323-1327, 1999b.

_____. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**. Ithaca, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FLETCHER, D.L.; QIAO, M.; SMITH, D.P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 784-788, 2000.

HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Quality attributes and their measurement in meat, poutry and fish products. In: PEARSON, A. M., DUTSON, T. R. (Ed.). **Measurement of water-holding capacity and juiciness**. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v. 9, p. 136-139,

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE. **Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms**. Bureau Central de la CIE, Paris, n. 2, 1978. Supplement.

JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 9, p. 62-72, 1998.

JUDGE, M.D.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; HEDRICK, H.B.; MERDEL, R.A. **Principles of meat science**. Dubuque: Kendall/ Hunt, 1989. 351 p.

KANNAN, G.; HEATH, J.L.; WABECK, C.J.; SOUZA, M.C.P.; HOWE, J.C.; MENCH, J.A. Effects of crating and transport on stress and meat quality characteristics in broilers. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 523-529, 1997.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and their genetic correlations with grow and body composition in a experimental broiler line. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, n. 7, p. 839-843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 822-826, 1999.

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

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

LYON, B.G.; MAGEE, J.B. Effects of sodium chloride and polyphosphate pretreatments on fowl meat processed in flexible pouches. **Poultry Science**, Ithaca, v. 63, p. 1958-1963, 1984.

McCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. **Food Research International**, Essex, v. 29, p. 363-366, 1996.

NAKAMURA, M.; KATOH, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture**, Ishikawa, v. 11, n. 1, p. 45-49, 1985.

ODA, S.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.; BARBOSA, D.; IDA, E.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 321, p. 31-33, 2003.

OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; McKEE, S.R.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A.R. The characterisation and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 553-558, 2000.

PAPINAHO, P.A.; FLETCHER, D.L.; BUHR, R.J. Effect of electrical stunning amperage and *peri mortem* struggle on broiler breast *rigor* development and meat quality. **Poultry Science**, Ithaca, v. 74, p. 1533-1539, 1995.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; BETTI, M.; CAVANI, C. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. **Poultry Science,** Ithaca, v. 83, p. 2086-2092, 2004.

PETRACCI, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 670-675, 2001.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science,** Ithaca, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; SMITH, D.P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, Ithaca, v. 81, p. 422-427, 2002.

R: **Programing environment for data analysis and graphics**, versão 2.3.0. 2006.

SAMS, A.R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 798-803, 1999.

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

SOSNICKI, A.A.; GREASER, M.L.; PIETRZAK, M.; POSPIECH, E.; SANTE, V. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: A review. **Journal Muscle Foods,** Trumbull, v. 9, p.13-23, 1998.

SPSS 13.0 for Windows. Apache Software Foundation. 2005.

SWATLAND, H.J. **On line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic Publishing Co., 1995. 347p.

VAN LAACK, R.L.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 79, p. 1057-1061, 2000.

VAN LAACK, R.L.; KAUFFMAN, R.G.; POSPEICH, E.; GREASER, M.L.; LEE, S.; SOLOMON M.B. Sodium bicarbonate perfusion affects quality of porcine M. *semimembranosus*. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 9, p. 185-191, 1998.

WARRISS, P.D.; WILKINS, L.J.; KNOWLES, T.G. The influence of *ante mortem* handling on poultry meat. In: RICHARDSON, R.I.; MEAD, G.C. (Ed.) **Poultry meat science**. Wallingford: CABI Publishing, 1999. p. 217-230.

WILKINS, L.J.; BROWN, S.N.; PHILLIPS A.J.; WARRISS P.D. Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. **British Poultry Science**. London, v. 41, p. 308-312, 2000.

WOELFEL, R.L.; SAMS, A.R. Marination Performance of Pale Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 80, p. 1519-1522, 2001.

WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A.R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, Ithaca, v. 81, p. 579-584, 2002.

YANG, C.C.; CHEN, T.C. Effects of refrigerated storage, pH adjustment, and marinade on color of raw and microwave cooked chicken meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 72, p. 355-362, 1993.

YOUNG, L.L.; LYON, C.E. Effect of *rigor* state and addition of polyphosphates on the colour of cooked turkey meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 73, p. 1149-1152, 1994.

_____. Effect of *post* chill aging and sodium tripolyphosphates on moisture binding properties, colour and Warner-Bratzler Shear value of chicken breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 76, p. 1587-1590, 1997.

YOUNG, L.L.; BUHR, R.J.; LYON, C.E. Effect of polyphosphate treatment and electrical stimulation on *post* chill changes in quality of broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 78, p. 267-271, 1999.

YOUNG, L.L.; NORTHCUTT, J.K.; LYON, C.E. Effect of stunning time and polyphosphates on quality of cooked chicken breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 75, p. 677-681, 1996.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo