

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**EFEITO DOS FATORES PRÉ E PÓS-ABATE SOBRE A
QUALIDADE DA CARNE DE PEITO DE FRANGO**

Maria Cristina Bressan

Médica veterinária

Orientador: Prof. Dr. Nelson José Beraquet

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida
por MARIA CRISTINA BRESSAN
aprovada pela Comissão
Julgadora em 06 de novembro
de 1998.

Campinas, 06 de novembro de
1998

Prof. Dr. Nelson José Beraquet
Presidente da Banca

Campinas

Estado de São Paulo - Brasil

1998

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V	Ex
TOMBO	35991
PROC.	395/98
C	☐ D ☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	05/12/98
N.º OPD	

CM-001200B6-9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

B754e

Bressan, Maria Cristina

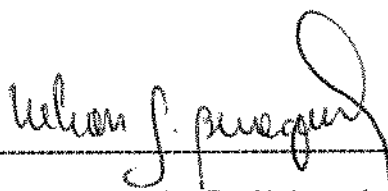
Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango / Maria Cristina Bressan. -- Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Nelson José Beraquet

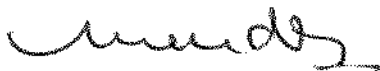
Tese (doutorado) -- Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

I. Frangos. 2. Carne. 3. Sangria. 4. Resfriamento.
I. Beraquet, Nelson José. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. II. Título.

BANCA EXAMINADORA



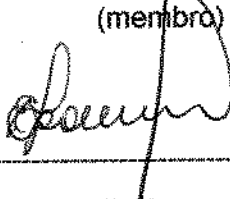
Pesquisador Dr. Nelson José Beraquet
(orientador)



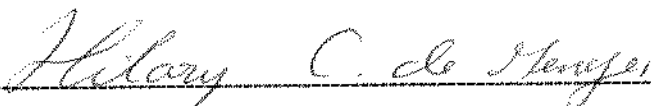
Professor Dr. Ariel Antonio Mendes
(membro)



Pesquisadora Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo
(membro)



Professor Dr. Edir Nepomuceno da Silva
(membro)



Professora Dra. Hilary Castle de Meneses
(membro)

Professor Dr. Nelcindo do Nascimento Terra
(suplente)

Pesquisador Dr. Paulo Roberto Leme
(suplente)

Campinas, de Setembro de 1998.

AGRADECIMENTOS

- A Dr. **Beraquet** sou grata: pelos ensinamentos, pela adequada percepção da melhor forma e momento de auxiliar, pela compreensão da minha necessidade de crescimento pessoal e por essa espera, pela afabilidade e segurança demonstrada durante toda a condução dos trabalhos.
- Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (UNICAMP) agradeço a oportunidade desse curso e ao Corpo Docente da FEA, em especial aos Professores Dr. Pedro de Eduardo Felício, Dr. Edir Nepomuceno da Silva, Dr. Arnaldo Yoshiteru Kuaye e a Dr(a) Flávia do DEPAN agradeço a capacitação e treinamento.
- Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos e ao Centro de Tecnologia de Carnes agradeço: i) o suporte econômico, ii) a viabilização prática do trabalho experimental envolvendo (logística) transporte, acondicionamento de amostras, instalações de planta frigorífica e câmaras frias, iii) a possibilidade da realização das análises físicas, bioquímica e sensorial, bem como equipamentos, reagentes e vidraria envolvidas nas respectivas análises.
- A Ceval Alimentos S.A., unidade de Jundiaí agradeço: i) pela cedência de amostras, ii) instalações e condições industriais que representaram práticas e processos comerciais, conforme planejamento experimental e iii) pela gentil colaboração dos funcionários que criaram condições ideais de aplicação dos experimentos. Ao Senhor Antônio de Meireles Freire pelo apoio, incentivo, interesse nos resultados e na boa condução dos experimentos.
- Ao CNPq e a CAPES pela viabilização econômica pessoal de orientador e orientada.
- As pesquisadoras Ana Lúcia da Silva Lemos e Carmem Josefina Contreras Castillho pelas sugestões em como conduzir o trabalho no abatedouro, manipulação de amostras e ensinamento das metodologias. A pesquisadora Hana Kioko Arima pelo auxílio com o delineamento da análise sensorial, e a assistente de pesquisa Kátia Cipolli, pelo extenso treinamento do painel sensorial, sugestões e auxílio na interpretação dessas análises.
- Ao Centro de Química e Nutrição Aplicada, Sessão de Minerais e Vitaminas e Sessão de Bioquímica do ITAL, pelo empréstimo de centrífuga e outros equipamentos.
- A estatística Nilda D. M. Villanueva, cuja participação foi fundamental i) na adaptação do *design* experimental às nossas necessidades de forma a facilitar a visualização e interpretação dos dados e ii) orientar na escolha das análises que melhor esclareciam os efeitos testados nos diferentes experimentos.

- As pesquisadoras Dra. Raquel Schumman e Eunice A. Yamada agradeço as primeiras correções do projeto de pesquisa e da revisão bibliográfica (Capítulo 1). Ao Professor Joaquim P. da Silva da Universidade Federal de Lavras (UFLA) agradeço as sugestões em relação a Revisão e ao Capítulo 2. Ao Professor Dr. Augusto R. de Moraes (UFLA) agradeço a leitura e sugestões para o Capítulo 5. A Dra. Maria das Graças Cardoso, agradeço o entusiasmo e a incansável leitura de cada novo capítulo, bem como as inúmeras sugestões.
- Aos funcionários do ITAL: Gláucia, Márcia e Maristela (Laboratório de Análises Físico-químicas do CTC), Orlando e Rivaldo (Planta do CTC), Sandra, Márcia Ferreira, Marta, Tânea, Neide, Célia, Patrícia, Josiane e Valéria (Laboratório de Microbiologia-CTC), Raimundo, Pérsio e Zé Garbeline (Frota) e Bety (Diretoria) sou grata por todo o auxílio prestado. A Maria Helena de Freitas agradeço a ajuda para encontrar os “papers” e na referencição bibliográfica.
- Aos meus queridos alunos Cristina T. Mizuquchi, Gabriela A. Calestine, Sarita Bonagurio e Osni V. Prado agradeço pela importante colaboração durante o desenvolvimento experimental e durante as análises laboratoriais. E a Rivanea S. Passos, que gentilmente acompanhou a condução dos experimentos e as análises, agradeço o companheirismo.
- Na UFLA agradeço, aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos e ao professor Juan R. O. Perez (Departamento de Zootecnia) pelo estímulo. Aos colegas do Departamento de Medicina Veterinária sou grata pela solidariedade, diante das circunstâncias adversas. E, agradeço em especial a Dra. Maria das Graças Cardoso, Prof. Joaquim P. da Silva, Dr. Antônio C. Fraga e Dr. Antônio Marciano Silva pela amizade.
- Ao pessoal do Centro de Tecnologia de Carnes agradeço o tratamento afável, a cordialidade e a alegria com que me receberam e trataram, durante esse tempo, tornando o CTC uma extensão “de minha casa”.
- Aos amigos e colegas de curso na UNICAMP, em especial Erna, Martinha, Maria, Mara, Cidinha, Ivone, Luiz, Ruth, Ana Cecília, João Andrade, Maria Eugênia, Gersislei, Verônica, Lonard e a todos aqueles que foram cúmplices nessa caminhada.
- Aos meus familiares agradeço a compreensão dessa “escolha pessoal” e da distância consequência dessa escolha. Embora, ao coração “longe é um lugar que não existe”.
- Agradeço ao Renan por proporcionar uma convivência carinhosa com sua família (Renatinho, Dr. João, Dona Ilda, Cristina, Lilinha, Dulce, Beatriz, Silvio) e por ocupar uma posição permanente de Anjo-da-Guarda.

"Então contemplei toda a obra de Deus, e vi que o homem não pode compreender a obra que se faz debaixo do sol; por mais que trabalhe o homem para a descobrir, não a entenderá; e ainda que diga o sábio que a virá a conhecer, nem por isso a poderá achar."

(Eclesiastes 9, versículo 17)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1	
Revisão bibliográfica	
1. Anomalias encontradas em carnes, decorrentes do estresse	4
2. Fisiologia do desenvolvimento do estresse	5
3. Metabolismo energético e o estresse	6
4. Transformações do músculo em carne	7
5. Reações enzimáticas <i>post mortem</i> e sua influência sobre a maciez	9
6. Efeito de fatores pré-abate sobre qualidade de carne.....	12
6.1. Transporte pré-abate	13
6.2. Jejum e tempo de descanso	14
6.3. Agitação das aves antes do abate.....	16
6.4. Temperaturas ambientais <i>ante mortem</i>	16
7. A sangria e os percentuais de perda de sangue	19
7.1. Fatores que alteram a eficiência da sangria	20
7.2. Efeitos negativos da baixa eficiência da sangria	22
8. Resfriamento de carcaças de frango	23
8.1. Resfriamento e velocidade da glicólise	24
8.2. Temperaturas e encurtamento muscular <i>post mortem</i>	25
8.3. Efeito do resfriamento sobre as características de qualidade	27
9. Características físicas da carne	30
9.1. Capacidade de retenção de água	30
9.2. Cor	32
9.3. Textura (maciez)	34
10. Características bioquímicas da carne	35
10.1. Glicogênio	36
10.2. Valor R	37
10.3. Valor de pH	38
11. Referências bibliográficas.....	38

CAPÍTULO 2

Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria no abate de frango

RESUMO	56
ABSTRACT	56
1. INTRODUÇÃO	57
2. MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1. Aves	60
2.2. Tratamentos	61
2.3. Determinação da eficiência da sangria	62
2.4. Análise estatística	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
3.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate	63
3.2. Efeito das distâncias de transporte	65
3.3. Efeito da posição da gaiola no veículo	66
3.4. Efeito do tempo de descanso	67
3.5. Efeito de interação entre os fatores	68
3.5.1. Distância de transporte e tempo de descanso	68
3.5.2. Distância de transporte e posição de gaiola	70
3.5.3. Tempo de descanso e posição de gaiola	71
4. CONCLUSÕES	72
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

CAPÍTULO 3

Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e sua influência sobre a qualidade da carne de peito de frango (*pectoralis major*).

RESUMO	75
ABSTRACT	76
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS	83
2.1. Aves	83
2.2. Tratamentos	84
2.3. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas	85

2.4. Determinações bioquímicas e físicas	86
2.4.1. Medida de pH	86
2.4.2. Valor R	86
2.4.3. Perda de peso por cozimento.....	87
2.4.4. Força de cisalhamento	87
2.4.5. Cor, Sistema CIELAB	87
2.5. Análise estatística	87
2.6. Análise sensorial	88
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
3.1. Instalação do <i>rigor mortis</i>	88
3.1.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate	88
3.1.2. Efeito do tempo de descanso	90
3.1.3. Efeito da distância de transporte	91
3.1.4. Interação entre distância de transporte e tempo de descanso com o valor R.....	92
3.1.5. Interação entre distância de transporte e tempo de descanso com o pH final.....	94
3.2. Parâmetros de cor	96
3.2.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate	96
3.2.2. Efeito da distância de transporte	98
3.2.3. Efeito do tempo de descanso	101
3.2.4. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com valor a*	102
3.2.5. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com valor b*	104
3.2.6. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com valor L*	105
3.3. Perda de peso por cozimento (PPC)	106
3.3.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate	106
3.3.2. Efeito da distância de transporte	107
3.3.3. Efeito do tempo de descanso	108
3.4. Força de cisalhamento (FC)	108
3.4.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate	108
3.4.2. Efeito das distâncias de transporte	108
3.4.3. Efeito do tempo de descanso	109
3.4.4. Interação da distâncias de transporte e tempo de descanso com a FC	109
3.5. Análise sensorial	112
3.5.1. Maciez	113
3.5.2. Qualidade global.....	114
4. CONCLUSÕES	114
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

CAPÍTULO 4

Efeito de diferentes temperaturas de pré-resfriamento e de resfriamento sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e características físicas no *pectoralis major*

RESUMO	120
ABSTRACT.....	120
1. INTRODUÇÃO	121
2. MATERIAL E MÉTODOS	127
2.1. Aves	127
2.2. Tratamentos	128
2.3. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas	130
2.4. Determinações bioquímicas e físicas	130
2.4.1. valor R	130
2.4.2. Medida de pH	130
2.4.3. Cor, Sistema CIELAB	131
2.4.4. Perda de peso por cozimento	131
2.4.5. Força de cisalhamento	131
2.5. Análise estatística	131
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	132
3.1. Alterações no pH entre 15 e 45min <i>post mortem</i>	132
3.2. Efeito do pré-resfriamento no pH e valor R aos 45 e 75min <i>post mortem</i>	133
3.3. Efeito do pré-resfriamento no pH e valor R às 4 e 24h <i>post mortem</i>	136
3.4. Efeito dos tratamentos de resfriamento sobre pH e valor R	137
3.5. Parâmetros de cor	140
3.5.1. Considerações sobre os parâmetros de cor	140
3.5.2. Valor L* (teor de luminosidade)	140
3.5.3. Valor a* (teor de vermelho)	142
3.5.4. Valor b* (teor de amarelo)	142
3.6. Perda de peso por cozimento	144
3.7. Força de cisalhamento	145
4. CONCLUSÕES	146
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

CAPÍTULO 5

Avaliação das características de qualidade de carne em peito de frango através da análise de componente principal.

RESUMO	152
ABSTRACT	153
1. INTRODUÇÃO	154
2. MATERIAL E MÉTODOS	157
2.1. Animais e tratamentos	157
2.1.1. Estudo 1 – condições pré-abate não padronizadas	157
2.1.2. Estudo 2 – condições de pré-resfriamento e resfriamento não padronizadas....	158
2.2. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas	158
2.3. Determinações bioquímicas e físicas	159
2.3.1. Medida de pH	159
2.3.2. Cor, Sistema CIELAB	159
2.3.3. Capacidade de retenção de água	159
2.3.4. Perda de peso por cozimento	159
2.3.5. Força de cisalhamento	160
2.4. Análise estatística	160
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	160
3.1. Estudo 1 - condições pré-abate não padronizadas	160
3.2. Estudo 2 – condições de pré-resfriamento e resfriamento não padronizadas	167
4. CONCLUSÕES	173
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173
CONCLUSÕES GERAIS	177
ANEXOS	178

RESUMO GERAL

Os problemas mais importantes detectados em carnes de peito de frango são a variação da cor do peito cru e a variação na maciez, após o cozimento. Supondo que essa variação de maciez seja resultado de alterações na estrutura miofibrilar, desencadeada pela aceleração da glicólise *post mortem*, estudos envolvendo condições pré-abate e tratamentos de resfriamento foram conduzidos em abatedouro comercial.

Num primeiro estudo, avaliando o efeito dos fatores pré-abate sobre a eficiência da sangria observou-se que em temperaturas ambientais de 20°C, as aves apresentaram um percentual de perda de sangue de 2,69% significativamente ($p < 0,001$) mais elevado do que a temperaturas de 26,5 ou 33°C, com médias de 2,03 ou 2,06%, respectivamente. O efeito das distâncias de transporte da granja ao frigorífico foi afetado pela temperatura ambiental. Distâncias mais longas de transporte potencializaram o efeito da temperatura sobre a eficiência da sangria.

Num segundo estudo, analisando o efeito dos fatores pré-abate sobre a velocidade na instalação do *rigor mortis* e parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), força de cisalhamento e perda de peso por cozimento, verificou-se que temperaturas ambientais *ante mortem* de estresse calórico (30°C) aceleraram a velocidade de glicólise *post mortem* nos músculos de peito, quando comparado a temperaturas de conforto térmico (17°C). Isso foi indicado pelo valor de pH, que aos 15min *post mortem* foi significativamente ($p < 0,01$) mais baixo (5,98) em peito de aves submetidas à 30°C, do que aves mantidas à 17°C (6,08), e pelo valor R que mostrou resultados aos 15 e 60min (1,12 e 1,17) significativamente mais elevados em aves estressadas por calor do que em aves mantidas à 17°C (1,04 e 1,09).

Foi encontrada interação significativa ($p < 0,001$) entre os fatores distância de transporte e tempo de descanso sobre o valor R aos 15min *post mortem*, no peito. Frangos transportados por distâncias curtas (40 e 59km) sem descanso no pré-abate tiveram no *pectoralis major* valor R acima de 1,20 enquanto em distâncias de 159 ou 160km, aves descansadas por 0, 2 ou 4h, os resultados foram abaixo ou igual a 1,10 aos 15min *post mortem*. Isso demonstra que em peito de aves transportadas por distâncias curtas, sem descanso, o desenvolvimento das reações químicas de transformação do músculo em carne é rápido.

Os parâmetros de cor L^* ($p < 0,001$), a^* ($p < 0,05$) e b^* ($p < 0,001$) foram altamente influenciados às 24h *post mortem* pelas temperaturas ambientais pré-abate. Sob condições de estresse calórico pré-abate os músculos das aves apresentaram elevada luminosidade

($L^* = 48,9$), alto teor de vermelho ($a^* = 2,95$) e baixo valores de amarelo ($b^* = 4,20$), quando comparado a peito de aves mantidas a temperatura de conforto térmico, cujos valores foram para $L=46,9$, $a=2,35$ e $b=5,51$. À temperaturas elevadas, mesmo o transporte de aves por distâncias curtas (40km) resultou nos músculos de peito em elevado teor de vermelho ($a=3,30$) e baixo valor de amarelo ($b=3,04$), quando comparado a distâncias longas (160km) com médias de a^* igual a 2,50 e b^* igual a 5,74.

Em condições de temperaturas elevadas (30°C) a perda de peso por cozimento em músculos peitorais foi significativamente ($p < 0,01$) mais elevada com médias de 28,7% do que em músculos de aves submetidas a temperaturas de conforto térmico (17°C) com médias de 26,6%.

Na maciez, medida pela força de cisalhamento, foi verificado efeito de interação significativa dos fatores distância de transporte e tempo de descanso. Em temperaturas de 30°C, aves transportadas por distâncias curtas, sem descanso, tiveram no *pectoralis major* força de cisalhamento acima de 6,2kgf/g. Por outro lado, aves transportadas a temperaturas de 17°C por distâncias curtas e sem descanso no abatedouro apresentaram força de cisalhamento inferior a 4,0kgf/g.

No terceiro estudo foram pesquisados tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre o desenvolvimento da glicólise, cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento do músculo do peito. Carcaças pré-resfriadas por imersão em temperaturas de 0 ou 10°C por 30min após a evisceração (15min *post mortem*) tiveram a velocidade de instalação do *rigor mortis* acelerada, quando comparado com pré-resfriamento a temperaturas de 20°C. Peitos que tiveram rápida glicólise apresentaram altos valores de luminosidade. Embora os tratamentos de pré-resfriamento tenham afetado a velocidade da glicólise, a perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento não foram afetadas significativamente pelos tratamentos.

No quarto e último estudo, os dados obtidos em condições não padronizadas de pré-abate ou resfriamento às 24h *post mortem* foram submetidos a análise de componente principal em função da incidência de peitos com alterações severas de cor e textura.

Nos músculos *pectoralis major* oriundos de frangos submetidos a condições *ante mortem* não padronizadas foram determinadas as medidas de cor (L^* , a^* e b^*), pH e capacidade de retenção de água. No primeiro componente principal, responsável pela variabilidade de 36,68%, a variável valor b^* (0,60) contrastou com as variáveis valor a^* (-0,59) e pH (-0,51). O grupo de peito de frangos identificados nesse componente mostrou baixo pH e, em relação a cor, elevado teor de amarelo e baixo teor de vermelho.

Em carcaças resfriadas em condições não padronizadas, as medidas realizadas foram cor (L^* , a^* e b^*), pH, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. No primeiro componente principal, explicando 37,03% das variações totais, as variáveis valor L^* (0,61) e valor b^* (0,41) contrastaram com as variáveis valor a^* (-0,35) e pH (-0,49). O grupo de músculos classificados no primeiro componente principal apresentou características semelhantes aquele descrito em condições pré-abate não padronizados, com exceção da variável luminosidade que apareceu elevada, nesse grupo.

ABSTRACT

The most important problems detected in chicken breast are the variation in color while raw and the tenderness after cooking. Supposing that variation in these attributes is the result of alterations in the myofibril structure resulting from the acceleration in *post mortem* glycolysis, studies involving pre-slaughtering conditions and cooling treatments were conducted in a commercial poultry processing plant.

In the first study, evaluating the effect of the pre-slaughtering factors on bleeding efficiency, it was observed that at an environmental temperature of 20°C, birds presented 2.69% of blood loss, significantly ($p<0.001$) higher than at temperatures of 26.5°C and 33°C, with averages of 2.03% and 2.06%, respectively. The effect of transportation distance from the farm to the slaughterhouse was affected by environmental temperature. Longer distances of transportation increased the effect of temperature on bleeding efficiency.

In the second study, analyzing the effects of the pre-slaughtering factors on the onset of *rigor mortis*, color parameters (L^* , a^* and b^*), shearing force and weight loss due to cooking, it was verified that the *ante mortem* environmental temperature of caloric stress (30°C) accelerated the speed of *post mortem* glycolysis in the muscles of the breast, when compared to the temperatures of thermal comfort (17°C). This was indicated by the pH values, which, 15min *post mortem*, were significantly ($p<0.01$) lower (5.98) in the breasts of birds maintained under thermal stress than in those of birds submitted to 17°C (6.08). R values were higher in birds maintained at 30°C (1.12 and 1.17) than those at 17°C (1.04 and 1.09).

A significant interaction ($p<0.001$) was found between the factors transportation distance and resting period. Chickens transported for short distances (40 and 59km), without pre-slaughter resting showed R values greater than 1.20 in the *pectoralis major*, while for distances of 159km or 160km, with the birds resting for 0, 2 or 4h, the R values were less than or equal to 1.10, 15min *post mortem*. This showed the rapid development of biochemical reactions *post mortem* in the muscle *pectoralis major* of birds transported for short distances without resting.

Color parameters L^* ($p<0.001$), a^* ($p<0.01$) and b^* ($p<0.001$) were highly influenced by the pre-slaughter temperature, 24h *post mortem*. Birds kept *ante mortem* at 30°C showed high L^* (48.9), high a^* (2.95) and low b^* (4.20) color values in *pectoralis major* as compared to birds kept at 17°C, which presented average L^* equal to 46.9, a^* equal 2.35 and b^* equal to 5.51. At the higher temperature, some chickens transported for short

distances (40km) showed high values for redness ($a^* = 3.30$) and low values for yellow ($b^* = 3.04$), when compared to long distances (160km), which presented averages for a^* equal to 2.50 and b^* equal to 5.74 in the *pectoralis major* muscle.

For the birds kept at 30°C *ante mortem*, the average loss of weight of 28.7% in the breast muscles due to cooking was significantly higher ($p < 0.01$) than in the muscles of birds (average of 26.6%) kept at 17°C.

The shearing force values showed significant interaction effects between the transportation distance and the resting period factors. At an environmental temperature of 30°C, birds transported for short distances without rest, showed shearing forces above 6.2kgf/g in the *pectoralis major*. On the other hand, at a temperature of 17°C, the shearing force values were inferior to 4.0kgf/g.

In the third study, the effects of pre-chilling and cooling on the development of glycolysis, color, loss of weight due to cooking and shearing force, were investigated. Carcasses cooled by immersion in liquids at temperatures of 0°C or 10°C for 30min after evisceration (15min *post mortem*), showed an acceleration of the onset of *rigor mortis*, when compared to a temperature of 20°C. Breasts with fast glycolysis showed high values for luminosity. Although the pre-chilling treatments affected the speed of glycolysis, the loss of weight on cooking and the shearing force were not influenced by the treatments.

In the fourth and last study, the data obtained under non-standard conditions of pre-slaughtering or cooling, 24h *post mortem*, were submitted to a main component analysis, due to the incidence of breasts with severe color and texture alterations.

The measurements of color (L^* , a^* and b^*), pH and water retention capacity were carried out on the *pectoralis major* muscles from chickens submitted to non-standard *ante mortem* conditions. In the first principal condition, responsible for the variability of 36.68%, the variable of value b^* (0.60) contrasted with the variables of value a^* (-0.59) and pH (-0.51). The group of chicken breasts identified in this component showed low pH. With relation to color, they showed high amount of yellow and low amount of red tints.

In the bone frames, cooled in non-standard conditions, the measurements made were color (L^* , a^* and b^*), pH, loss of weight due to cooking and shearing force. In the first principal component, explaining 37.03% of the total variations, the variables of the value L^* (0.61) and value b^* (0.41) contrasted with the variables of value a^* (-0.35) and pH (-0.49). The group of muscles classified in the first principal component presented similar

characteristics to those described in non-standard pre-slaughtered conditions, with the exception of the luminosity variable, which appeared high in this group.

INTRODUÇÃO

A obtenção de carcaças de frango com características de qualidade desejáveis depende do controle total das operações que envolvem o manejo dos animais para o abate, deslocamento da granja ao frigorífico, espera no abatedouro, métodos de abate e conservação. Considerando que algumas condições de ordem fisiológica, prática, regulamentar ou econômica não podem ser modificadas tais como susceptibilidade ao estresse, temperatura ambiental pré-abate, tempo de descanso e atordoamento elétrico faz-se necessário o conhecimento do efeito das mesmas na qualidade da carcaça e da carne de ave para que medidas possam ser adotadas pela indústria, visando a manutenção dos níveis de qualidade desejados.

A garantia de manutenção do mercado de carne de frango consiste no fornecimento de produtos com padrões de qualidade estáveis, visando a satisfação e segurança do consumidor, além de acesso econômico. Considerando os padrões de qualidade, no que diz respeito a satisfação das exigências sensoriais, músculos peitorais apresentam freqüentes variações indesejáveis nos parâmetros de cor e textura (KHAN & NAKAMURA, 1970; PAPA & FLETCHER, 1988b; DUNN et al., 1995). A importância destas características é observada em momentos distintos: enquanto a coloração do peito do frango está associado a aceitabilidade no momento da aquisição, a maciez, que constitui-se num dos principais atributos sensoriais, determina a aceitabilidade global.

As alterações nos parâmetros de qualidade entre animais de mesmo lote, idade e sexo são normalmente atribuídas ao estresse pré-abate que desencadeia transtornos fisiológicos podendo causar desenvolvimento bioquímico anômalo, durante as transformações do músculo em carne e, com isso afetar a estrutura miofibrilar (DeFREMERY & POOL, 1962; FLETCHER, 1991). Para animais de carne vermelha, esses aspectos estão mais esclarecidos, enquanto que para carne de frangos a associação do efeito do estresse *ante mortem* sobre as características de qualidade da carcaça e da carne tem sido escassamente estudados.

Outro fator relacionado ao desenvolvimento bioquímico *post mortem*, e à subsequente redução na maciez após o cozimento, é a temperatura utilizada na operação de resfriamento. Vários trabalhos de pesquisa, que estudaram a relação entre temperatura de resfriamento e a maciez da carne de frango, apresentam resultados contraditórios (BILGILI et al., 1989; SMOLINSKA et al., 1992; DUNN et al., 1993; DUNN et al., 1995; PAPINAHU & FLETCHER, 1996)

Normalmente, o desenvolvimento bioquímico responsável pelas transformações do músculo em carne é avaliado através das medidas do valor R (relação monofosfato de inosina para trifosfato de adenosina), índice de glicogênio ou glicose e pH. As características de qualidade da carne são normalmente avaliadas por medidas objetivas e subjetivas. As determinações objetivas mais importantes são eficiência da sangria, composição da cor (valor L^* = luminosidade, a^* = teor de vermelho e b^* = teor de amarelo, no sistema CIELAB), perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. As medidas subjetivas utilizadas normalmente são os testes sensoriais, onde equipe treinada de julgadores avaliam os atributos maciez, suculência, sabor e qualidade global.

Os objetivos do presente trabalho foram:

1. Determinar o efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte da granja ao frigorífico, posição de gaiola no veículo e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria no abate de frangos.
2. Verificar o efeito da distância de transporte da granja ao frigorífico, tempo de descanso no abatedouro e temperatura ambiental sobre a queda do pH e início do *rigor mortis* em músculo *pectoralis major* e seu efeito sobre os parâmetros objetivos (cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento) e subjetivos avaliados por análise sensorial.
3. Comparar o efeito do uso de diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento e resfriamento sobre os parâmetros valor de pH e valor R envolvidos com a instalação do *rigor mortis* e sobre a cor (L^* , a^* e b^*), força de cisalhamento e perda de peso por cozimento no músculo *pectoralis major*, em frangos.

Os artigos apresentados no presente trabalho, foram redigidos segundo as normas da revista **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos (SBCTA)**, na forma de capítulos, os quais são descritos a seguir:

CAPÍTULO 2. Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria no abate de frango.

CAPÍTULO 3. Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e sua influência sobre a qualidade da carne de peito de frango (*pectoralis major*).

CAPÍTULO 4. Efeito de diferentes temperaturas de pré-resfriamento e de resfriamento sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e características físicas no *pectoralis major*.

CAPÍTULO 5. Avaliação das características de qualidade de carne em peito de frango através da análise de componente principal.

Diferentes dos demais artigos o **CAPÍTULO 1**, referente a revisão bibliográfica, seguiu as normas para confecção de tese da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas e destinou-se a dar embasamento teórico aos artigos desenvolvidos no capítulo 2, 3, 4 e 5.

CAPÍTULO 1

Revisão bibliográfica

1. Anomalias encontradas em carnes, decorrentes do estresse

Na literatura, as anomalias encontradas principalmente em carnes suínas e descritas como do tipo PSE (do inglês "pale", "soft" e "exudative") que significa pálida, flácida e exsudativa ou do tipo DFD (do inglês "dark", "firm" e "dry") que significa escura, firme e seca são amplamente discutidas (FELÍCIO, 1991).

A descoberta dessas alterações estava ligada a alta mortalidade desses animais acometidos da síndrome do estresse suíno, conhecido como PSS ("porcine stress syndrome"). Animais que sobreviviam a esta síndrome, quando abatidos, apresentavam a condição PSE, mais comum, ou DFD, dependendo do tempo ocorrido entre o início do estresse e o abate.

As carnes anômalas são encontradas em animais com elevada predisposição à síndrome de morte súbita (PSS) com alta susceptibilidade ao estresse ou não. As respostas metabólicas dos suínos mediante condições de estresse diferem e culminam com a morte súbita ou com o desenvolvimento de carnes anômalas PSE ou DFD, levando a crer que existe um limiar de adaptação que varia de animal para animal (TOPEL, 1972; FALASCHINI, 1990).

Em suínos, com elevado potencial para desenvolver carnes PSE, ocorre uma aceleração extrema na glicólise, logo após o abate, acompanhada de um acúmulo de ácido láctico e alto consumo de energia na forma de ATP (adenosina trifosfato). Por outro lado, se a condição de estresse é imprimida algum tempo antes do abate e as reservas energéticas do músculo na forma de glicogênio muscular ou compostos de fosfocreatina estão exauridas, acontecem baixas taxas de glicólise *post mortem* que resultam em carnes do tipo DFD (DIESTRE, 1986; FELÍCIO, 1991).

Em suínos potencialmente PSE, a instalação do *rigor mortis* acontece num período de 30 a 60min após o abate, quando o normal seria após 8 horas. A combinação de pH inferior a 6,0 em carcaças com temperaturas em torno de 36°C logo após o abate, causa uma desnaturação das proteínas musculares e reduzida aptidão para seu uso industrial (ARBOIX, 1986).

Anomalia semelhante ao PSE em suínos vem sendo descrita em peitos de aves a partir de 1990 por SANTE et al. (1990). A principal forma utilizada para identificação de carnes com estas alterações é através de medidas subjetivas por um sistema de intensidade para cor, em que a escala varia de 1 a 4, para peitos pálidos e escuro, respectivamente (THE EFFECT ..., 1995) ou através de medidas objetivas colorimétricas em sistema CIELAB que determina os parâmetros L* definido como luminosidade, a* que indica a intensidade de vermelho e b* que indica a intensidade de amarelo (BARBUT, 1993).

Em frangos, as alterações do tipo endurecimento em peito após o cozimento, estão sendo citadas na literatura com frequência (KHAN & NAKAMURA, 1970; PAPA & FLETCHER, 1988b; DUNN et al., 1995). Entretanto, variações severas de qualidade que lembram o PSE em carne suína foram raramente descritas. As primeiras observações dessa anomalia em peito de frango foram realizadas por NORTHCUTT (1994a) e SOSNICKI & GREASER (1996). Avaliando o efeito de temperaturas elevadas sobre a qualidade da carne, NORTHCUTT (1994a) descreveram que a incidência de peitos pálidos ocorreu em animais estressados por calor (40°C por 1h antes do abate) ou naqueles adaptados a temperaturas elevadas. Estudando o comportamento das características de qualidade em perus e frangos SOSNICKI & GREASER (1996) descreveram que carcaças, onde o pH foi inferior a 5,8 associado a temperaturas de carcaças maior do que 35°C, resultaram em músculos flácidos, não coesivos e descoloridos que, após o cozimento, apresentaram alta variabilidade para o atributo maciez. Cabe ressaltar que, em suínos, as alterações severas de qualidade *post mortem* estão relacionadas a uma maior susceptibilidade genética aos fatores de estresse pré-abate. Considerando que frangos sofreram intensa seleção genética para maior conversão alimentar, redução da idade ao abate e desenvolvimento de cortes nobres, é possível que este defeito também seja resultado do melhoramento genético.

2. Fisiologia do desenvolvimento do estresse

Animais expostos a fatores estressantes reagem em uma fase inicial, com descarga de alguns hormônios. Da parte medular da glândula adrenal são liberadas as catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) que em tecidos de animais normais desencadeiam uma série de respostas típicas, conhecidas como "mecanismo de luta e fuga" ou "sistema de alarme orgânico" (BAHR, 1995; GÜRTLER et al., 1984).

O "mecanismo de luta e fuga" que corresponde a primeira fase do estresse, desencadeia muitos processos adaptativos que melhoram a capacidade física do animal. A

freqüência cardíaca e força de contração do coração aumentam, a pressão sangüínea se eleva devido à vasoconstrição periférica das artérias na maioria dos tecidos (exceção da musculatura cardíaca e esquelética), no pulmão os brônquios se dilatam melhorando a ventilação pulmonar e o suprimento em O_2 , aumenta o nível plasmático de glicose, bem como o consumo muscular de O_2 . No fígado e nos tecidos musculares acontece um aumento no consumo de glicogênio, a fim de aumentar a disponibilidade de ATP para os músculos locomotores e cardíaco. Também, neste período é verificado um aumento na temperatura corporal (GÜRTLER et al., 1984).

A adaptação ao estresse, segunda etapa do mecanismo de alarme orgânico, caracteriza-se pela liberação dos glicocorticóides (em aves é a corticosterona), os quais atuam amenizando os efeitos da adrenalina. Nas aves e em suínos, a extensão da secreção deste hormônio é pequena em decorrência do tipo de alimentação rica em amido (GÜRTLER, et al. 1984).

3. Metabolismo energético e o estresse

Em condições normais, o glicogênio muscular é utilizado como fonte de material energético para sustentar a contração quando a demanda por energia é maior do que pode ser oferecida pela glicose sangüínea. Quando as demandas de energia muscular são mais elevadas do que o metabolismo aeróbico proporciona, uma quantidade de energia adequada é oriunda da utilização anaeróbica do glicogênio.

A especificidade dos músculos em relação a sua função, tipo de contração, forma de obtenção e utilização de energia é determinada pela quantidade de fibras vermelhas e fibras brancas. Músculos com uma maior quantidade de fibras vermelhas dispõem de células com grande quantidade de mitocôndrias capazes de realizarem a respiração celular e portanto, nelas prevalecem a forma de obtenção de energia através da glicólise aeróbica. Em músculos com predominância em fibras brancas e pobres em mitocôndrias, a energia é obtida pela via anaeróbica com a subsequente produção de ácido láctico (FORREST et al., 1979; GÜRTLER et al., 1984).

A utilização do glicogênio como fonte energética adicional do músculo é baseada na ação sucessiva das enzimas fosforilase do glicogênio (A e B) e a fosfoglicomutase. Essa última enzima age sobre as ramificações do glicogênio, liberando as moléculas de D-glicose até atingir o quarto resíduo de glicose que, em presença do Ca^{+} e compostos fosfatados, transformam a D-glicose em glicose 6-fosfato usada na via glicolítica (MURRAY et al., 1994; LEHNINGER et al., 1995).

A entrada dos resíduos de glicose na sequência glicolítica é controlada por duas enzimas reguladoras: a fosforilase A, que atua estimulando a ação da fosfoglicomutase quando em déficit energético muscular e a fosforilase B que é ativada em presença de concentrações altas de energia muscular (MURRAY et al., 1994; LEHNINGER et al., 1995). A interconversão entre fosforilase A e B, é regulada também por descargas de adrenalina lançada na corrente sanguínea quando o organismo é confrontado com uma situação súbita de emergência.

Após o período de intensa atividade metabólica característica da primeira fase do estresse, acontece no organismo a liberação de corticosterona. Este glicocorticóide atua sobre as células adiposas aumentando a liberação de ácidos graxos para a produção de acetil coenzima A (acetilCoA) que sofre fosforilação oxidativa para manter e repor os níveis celulares de ATP. Ao mesmo tempo, baixas concentração de glicose no sangue estimulam a liberação do glucagon que direciona a glicose e os precursores da glicose para a ressíntese do glicogênio muscular (MURRAY et al., 1994; LEHNINGER et al., 1995).

Quando o estresse acontece eminentemente antes do abate, todos os mecanismos para aumentar a disponibilidade de ATP estão ativados e o organismo dispõe de alta concentração de energia a ser utilizada pela via glicolítica anaeróbica ou aeróbica. Como a morte do animal determina o fim do aporte de oxigênio aos tecidos, a concentração elevada de energia disponível no músculo é utilizada em altas velocidades na glicólise anaeróbica resultando no rápido acúmulo de ácido lático e redução do pH em carcaças com temperatura corporal elevada. A associação de pH baixo e temperatura elevada em carcaça de suínos resulta em carnes pálidas flácidas e exsudativas em suínos. Por outro lado, se o animal é abatido em fase de adaptação ao estresse, as reservas baixas de energia ocasionam músculos com lenta e baixa extensão de glicólise anaeróbica *post mortem* e carnes secas, escuras e duras.

4. Transformações do músculo em carne

Nos animais vivos a função dos músculos é produzir trabalho mediante a contração das fibras musculares. Neste processo, a energia química na formas de compostos ricos em energia (ATP) ou creatina fosfato é transformada em trabalho mecânico (FORREST et al., 1979; PRÄNDL et al., 1994). As taxas de ATP livre na célula, responsáveis pela manutenção da potencialidade do músculo, são pequenas e se conservam entre valores constantes, assim o sistema muscular dispõe de energia proveniente da fosforilação oxidativa das moléculas de glicose 6-fosfato proveniente do aporte sanguíneo. Quando esse aporte é menor que a necessidade momentânea, o organismo conta com a

fosforilação do glicogênio ou outras formas rápidas e adicionais de energia como a creatina fosfato ou a interconversão de duas moléculas de ADT em ATP e AMP (MURRAY et al., 1994).

Na obtenção de energia, a glicose 6-fosfato é conduzida nas rotas metabólicas aeróbica ou anaeróbica conforme as necessidades de ATP e a disponibilidade de oxigênio no sistema. Em presença de oxigênio, a glicose 6-fosfato é convertida a piruvato por várias reação químicas e conduzida ao ciclo dos ácidos tricarboxílicos, bem como a membrana respiratória, originando muitas moléculas de ATP, água e gás carbônico. Em ausência de oxigênio, o piruvato é transformado a ácido láctico que pode ser levado ao fígado para a ressíntese do glicogênio. Quando ocorre a morte do animal, os processos de degradação e ressíntese de ATP permanecem sustentando o tônus muscular através da glicólise anaeróbica cujo funcionamento determina outro desprendimento de energia necessário para fosforilação enzimática e neste caso a fonte de ATP provem das reservas de fosfocreatina (LEHNINGER et al., 1995; MURRAY et al., 1994; PRÄNDL et al., 1994)

Com a perda da função circulatória ocorre o acúmulo de ácido láctico nos músculos, implicando na diminuição progressiva do pH no músculo que, por sua vez, inativa gradualmente as enzimas envolvidas na contração muscular e nos processos glicolíticos. Enquanto existe reserva suficiente de glicogênio e de creatina fosfato é possível a ressíntese de ATP, permanecendo o "efeito suavizante" e o estado de relaxamento muscular. Com o esgotamento das reservas acontece uma rápida diminuição na concentração de ATP e o "efeito suavizante" desaparece (PRÄNDL et al., 1994).

No *rigor mortis*, quando a concentração do ATP atinge níveis de 20 a 30% do seu valor inicial e o pH atinge valores próximo a 5,9, o músculo perde sua flexibilidade e elasticidade. Essa fase é caracterizada, pela redução na extensibilidade longitude normal em 5 a 10%, devido a formação de conexões transversais entre os filamentos de actina e miosina. Essas conexões evitam o deslocamento recíproco entre as cadeias protéicas, pois a solubilidade da actomiosina está fortemente reduzida (HONIKEL & HAMM, 1974; JONES & GREY, 1989; PRÄNDL et al., 1994;).

O período de tempo que transcorre do abate até a aparição da rigidez depende de vários fatores como tipo de músculo, espécie animal e tratamento dado aos animais antes do sacrifício (ASGHAR & PEARSON, 1980; PENNY, 1984). HONIKEL & HAMM, (1985) descreve que a temperatura corporal exerce importante influência na velocidade de instalação do *rigor mortis*, onde quanto mais elevada a temperatura mais rápidos transcorrem a glicólise e a queda de pH. Outros fatores importantes são as reservas de

glicogênio e fosfocreatina; quanto mais elevadas as reservas de glicogênio, no momento do abate, maior é a síntese de ácido láctico e a extensão de queda do pH *post mortem*. Carnes adequadamente acidificadas, com valores de pH entre 5,4 a 5,8 apresentam elevada condutibilidade elétrica e estrutura relaxada que permitem uma maior difusão de substâncias, melhor aptidão para a salga e melhor desenvolvimento de cor ao ser adicionado nitrito e nitrato. Em contrapartida, carnes fracamente acidificadas são desejáveis, somente, quando é necessário uma alta solubilidade protéica, no caso do processamento de embutidos cozidos (PRÄNDL et al., 1994).

Geralmente, as variações nos padrões de qualidade da carne como cor, textura e propriedades fixadoras de água são resultados das alterações na velocidade e extensão da glicólise *post mortem* que ocorre durante a transformação do músculo em carne.

5. Reações enzimáticas *post mortem* e sua influência sobre a maciez

Em condições normais *post mortem* 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). A medida que os músculos alcançam o *rigor mortis* tornam-se muito firmes, rígidos e com baixa extensibilidade. O segundo estágio, coincide com a aparente resolução do *rigor mortis*. Embora o complexo actomiosina permaneça inalterado, ocorre uma degradação na matriz protéica miofibrilar, resultando em aumento na maciez da carne (LAWRIE, 1991). Em músculos de peito de frango este processo acontece num período médio de 4 a 8 horas (DAWSON et al. 1987).

Estudos de estrutura tem revelado que a aparente resolução do *rigor mortis* é acompanhada por um aumento na fragilidade muscular por fraturas nas junções de ligação entre o filamento fino actina e o disco Z. Neste processo, as proteínas mais afetadas são a desmina, troponina e em menor extensão a titina, troponina-I, proteína-C e proteínas da linha Z. (ETHERINGTON, 1984).

Em geral, é aceito que o amaciamento *post mortem* é resultado da ação de proteólise de enzimas endógenas, porém é difícil identificar e especificar a atividade enzimática, uma vez que esta não pode ser medida *in situ* onde estão disponíveis os fatores de estimulação, os de inibição e os cofatores. Segundo evidências histológicas, o mecanismo de amaciamento na carne parece ser similar nas diferentes espécies, entretanto, estudos de autólise muscular tem demonstrado marcadas diferenças na extensão deste processo, nas diferentes espécies. Em frangos foram observadas menores

taxas de proteólise, embora o processo tenha acontecido mais rapidamente (KIJOWSKI et al., 1982; DUTSON, 1983; DRANSFIELD, 1994)

Um grande número de proteinases musculares foram descritas por ETHERINGTON, (1984), sendo elas do tipo i) lisossomais as catepsinas B, D, L e H (com atividade fortemente pH-dependente com ação de proteólise entre pH de 2,5 a 7,0) e ii) as citoplasmáticas que têm como principais representantes a proteinase neutra ativada pelo cálcio, proteinase tripsina, proteinase neutra e proteinase alcalina (com atividade em valores de pH entre 6,5 a 10,5). A relação entre a atividade e efetividade dessas enzimas sobre a maciez da carne são estudadas intensivamente, sendo que maior importância é dado às enzimas catepsina B, L (lisossomais), proteinase neutra ativada pelo cálcio calpaína-I e II (citoplasmáticas) (MIKAMI et al., 1987; WHIPPLE et al., 1990; KOOHARAIE, 1992; NURMAHMUD & SAMS, 1997).

O início das atividades das proteases lisossomais é atribuído à falta de energia aliada ao baixo pH muscular que causam um desarranjo nas membranas lipoprotéicas, tornando-as permeáveis às enzimas proteolíticas, inicialmente dos lisossomos para o citosol, e mais tarde através da membrana plasmática ao espaço extracelular (FORREST et al., 1979). As maiores modificações nas estruturas das fibras musculares em decorrência de proteólise acontecem em pH entre 5,5 e 6,0. ETHERINGTON (1984) descreveu que *in vitro*, em intervalo de pH entre 3 a 6, as catepsinas D e B atuaram na degradação de estruturas da miosina e actina e a catepsina L degradou proteínas da linha Z, onde foi excepcionalmente ativa na degradação da titina, nebulina e em menor extensão sobre miosina e actina, entretanto estas catepsinas não degradaram a desmina e a troponina-T. Em função dos resultados deste trabalho, o autor sugeriu a existência de efeito sinérgico entre as enzimas lisossomais e a não participação direta das proteinases citoplasmáticas sobre as quebras nas estruturas fibrilares, uma vez que as citoplasmáticas são ativadas em pH maior ou igual a 6,6.

Em aves, a aparente resolução do *rigor mortis* é muito rápida, em torno de 4 a 8 horas em temperaturas de resfriamento. ETHERINGTON et al. (1987), avaliando a atividade das catepsinas frente ao fator inibidor cistatina, encontraram em músculos de suínos uma maior atividade das catepsinas. As catepsinas L, em maior concentração, foram mais fortemente inibidas do que as catepsinas B, em extratos de músculo de coelho, suíno e frango. Em frango foram encontradas menores concentrações de proteinase neutra ativada pelo cálcio, calpaína-I. Assim, a rápida resolução aparente do *rigor mortis* não pode

ser explicada pelas concentrações livres de catpesina B e L, nem pelas atividades individuais das calpaínas.

Embora, a função da enzima proteinase neutra ativada pelo cálcio tenha sido descrita por ETHERINGTON et al. (1987) como inibidor da ação severa das catepsinas, o que manteria por mais tempo a integridade estrutural das células, as calpaínas foram encontradas em fragmentos miofibrilares ao longo da linha Z, em estudos *in vitro*. WHIPPLE & KOOHMARAIE (1991) observaram intensa atividade de degradação da proteinase calpaína-M sobre a troponina-T e a desmina em ovinos, demonstrando que a ação das proteinases citoplasmáticas foi, também, de proteólise.

Concordando com a importância das proteinases citoplasmáticas na maturação DRANSFIELD (1994) relatou que as taxas de maciez em frangos aumentaram em decorrência da ação das calpaínas associadas aos ions cálcio provenientes do retículo sarcoplasmático e da mitocôndria. Nesse estudo, a calpaína-I foi ativada primeiro em baixas concentrações de Ca^{+} e a calpaína-II, em altas concentrações de Ca^{+} , de maneira que, quando o cálcio livre ativou todas as calpaínas do tipo I, cerca de 30% das calpaínas-II encontravam-se ativadas. Estas proteases uma vez ativadas mostraram-se instáveis e progressivamente menos ativas. Em bovinos, o amaciamento da carne se iniciou quando foi ativada a calpaína-I, coincidindo com pH de 6,3 às 6h *post mortem*. A calpaína-II iniciou sua atividade às 16h *post mortem*, causando uma progressiva resolução aparente do *rigor mortis*. Em músculos de frango, o autor descreveu baixas concentrações de calpaínas e destas, a quantidade de calpaína-II é consideravelmente menor.

Em relação as calpaínas, VEERAMUTHU (1995) descreveu resultados contrários. Investigando a influência da aceleração do *rigor mortis* em frangos sobre os níveis de atividade das proteinases calpaína e calpastatina, esse autor encontrou no músculo *latissimus dorsi* elevada atividade de calpastatina quando comparado a músculos *pectoralis* estimulados eletricamente. A atividade da calpaína-II foi mais elevada do que da calpaína-I, em ambos os músculos e aproximadamente 80% da atividade da calpaína-I foi perdida aos 30min *post mortem*, enquanto a calpaína-II permaneceu estável às 24h *post mortem*. A atividade da calpastatina foi mais elevada em fibra vermelha do que em branca.

Alterações no desenvolvimento da transformação do músculo em carne com relação a queda de pH e temperatura corporal da carcaça, influenciadas por situações que prevalecem no *ante mortem* ou após o abate, são descritas como responsáveis por modificações das condições nas quais atuam as enzimas, bem como na sua efetividade.

(NEWBOL & HARRIS, 1972; FORREST et al., 1979; MacFARLANE et al., 1986; FLETCHER, 1991; DRANSFIELD, 1994).

A relativa contribuição das catepsinas B e L e das calpainas-I e II no mecanismo de amaciamento é matéria de debate e tem sido sugerido que as diferentes taxas de maciez encontrada em músculos de diferentes espécies não podem ser totalmente explicadas em termos de taxas dessas enzimas. BLANCHARD & MANTLE (1996) compararam no momento do abate em músculos *longissimus dorsi* de coelho, suíno, ovinos e *pectoralis major* de frango, as taxas de atividade de proteinases citoplasmáticas através de teste fluorimétrico (enzimas alanil-, arginil-, leucil-, e piroglutamil aminopeptidases, dipeptidil aminopeptidases-III e IV, tripeptidil aminopeptidase, prolina endopeptidase, calpaína e macropaina) e proteinases lisossomais através de eletroforese (dipeptidil aminopeptidases-I e II, catepsinas B, D, H e L). Os autores encontraram em frango níveis elevados de atividade para a maior parte das proteinases estudadas, entretanto não foi estabelecida a relação entre taxas de atividade enzimática, capacidade proteolítica e a maciez da carne nas espécies investigadas.

Medindo a restauração do comprimento de sarcômero encurtado durante o *rigor mortis* em músculos de frango, suíno e bovino TAKAHASHI et al. (1995), verificaram que o comprimento de sarcômero *post mortem* foi máximo no primeiro dia para frangos, aos 7 dias para suínos e 10 dias para bovinos. Os autores descreveram que a restauração do comprimento de sarcômero aconteceu por alterações no complexo actomiosina devido a translocação da paratropomiosina na região de junção localizado entre a banda A e I ou nos filamentos finos na banda A. Desta forma, a proteína paratropomiosina, dependendo da sua configuração espacial, representaria um fator chave no mecanismo de amaciamento *post rigor* e sustenta a teoria da importância do cálcio na maciez da carne.

6. Efeito de fatores pré-abate sobre qualidade de carne

O efeito do estresse fisiológico em momentos que antecedem o abate sobre a qualidade da carne de frangos é escassamente estudada. Uma revisão desse assunto foi realizada por FLETCHER (1991).

O manejo pré abate, envolvendo jejum, dieta hídrica, apanha, transporte, tempo de descanso, pendura, imobilização, atordoamento e abate do animal apresenta influência sobre as reservas de glicogênio muscular responsável pelo desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* (ASGHAR & PEARSON, 1980; GREASER, 1986; SAMS & JANKY, 1991; SAMS & MILLS, 1993; IVASHOV et al., 1994; MARIBO, 1994; PEM et al.,

1994) determinando alterações nas características organolépticas da carne e nas propriedades funcionais das proteínas (CHEFTEL et al., 1989; FLETCHER, 1991).

6.1. Transporte pré-abate

O transporte dos animais vivos com destino ao abatedouro mesmo quando obedece a lotações favoráveis em veículos apropriados é capaz de estressá-los devido a simples mudança de ambiente e às vicissitudes do trajeto (JENSEN, 1978; JESSEN, 1981). Durante o transporte, FISCHER (1996) descreveu que os animais podem ser acometidos de diferentes tipos de estresse: motor, emocional, digestivo, térmico e desequilíbrio hídrico. Além das possíveis alterações na qualidade da carne em decorrência do estresse, outros defeitos em carcaças estão associados ao transporte tais como contusões, calos ou bolhas, esfolamento e arranhões. Aves que permanecem mais tempo no veículo de transporte apresentam uma maior proporção de lesões (McEWEN & BARBUT, 1992).

Os diferentes tempos de transporte nos quais as aves são submetidas provocam alterações nos parâmetros fisiológicos tais como: glicogênio hepático, glicose no sangue, lipídio sérico, proteína e valor de hemoglobina. Em frangos, diferenças significativas foram encontradas por EHINGER & GSCHWINDT (1979) e WARRISS et al. (1993) que estudando intervalos de transporte de 0 a 6h encontraram para distâncias mais longas redução no glicogênio hepático, glicose sérica e aumento nas taxas de lipídio sérico, demonstrando esgotamento das reservas energéticas e a subsequente utilização do metabolismo oxidativo das gorduras corporais. Nestes tratamentos, os autores descreveram ainda aumento nos índices de proteínas totais no sangue e aumento no valor de hematócrito, sinalizando a baixa quantidade de líquidos circulantes, característico do quadro de desidratação.

Os diferentes tempos de transporte influenciam significativamente a velocidade de glicólise. Confirmando esses resultados, EHINGER & GSCHWINDT (1979) transportando frangos por 0, 1, 2, 3, 4, 5, e 6h encontraram valores mais baixos de pH (5,87) aos 15min para o grupo de 0h, do que para aqueles frangos transportados por 1, 2 e 3h que apresentaram pH superior ou igual a 6,2. Embora a diferença não tenha sido significativa, EHINGER & GSCHWINDT (1979) observaram carne de peito mais macia em aves transportadas por 4h, do que aquelas transportadas por 0, 2 e 3 horas. HILLEBRAND et al. (1991) sugeriram que a maciez de músculos de peito de peru é mais acentuada em aves estressadas pelo transporte. Entretanto, WARRISS et al. (1993) estudando tempos de transporte de 2, 4 e 6h para aves não encontrou diferenças significativas no pH final, concentração de glicogênio no *pectoralis major* e nem na maciez da carne do peito.

6.2. Jejum e tempo de descanso

As técnicas de manejo para aves empregadas rotineiramente na granja consistem inicialmente na restrição alimentar por 8 a 12h, restrição hídrica a partir do momento da apanha e tempos de descanso não inferior a 6h, no abatedouro. A restrição alimentar e a retirada da água das aves tem como objetivo reduzir a contaminação de carcaças por conteúdo do trato gastrointestinal durante o processamento. Segundo WABECK (1972), o tempo necessário para minimizar a contaminação é de 8 a 10h, entretanto DUKE et al. (1997), trabalhando com tempos de jejum de 4, 8 e 12h observaram que períodos de 4h foram tão eficientes quanto 8 ou 12 horas.

Períodos longos de jejum estão associados a encolhimento na carcaça causada pela progressiva desidratação. Segundo BENIBO & FARR (1985), este encolhimento se inicia imediatamente após a instauração do jejum. DUKE et al. (1997), descreve que a perda de peso corporal aumenta com a duração do tempo de restrição, onde de 50 a 70% dessas perdas, nas primeiras 4 horas são devidas a perda de água e matéria seca das fezes e, após 4 horas, a perda está relacionada com a água dos tecidos musculares.

O tempo de descanso e dieta hídrica para animais no período que precede o abate tem como outro objetivo a ressíntese do glicogênio a fim de aumentar as reservas energéticas para uma maior acidificação da carne no *post mortem*. Entretanto, é sabido que períodos longos de descanso coincidem com longos períodos de jejum que contribuem para a redução das taxas séricas de glicose e consumo das reservas de glicogênio (MURRA & ROSENBERG, 1953; WARRISS et al., 1993; MARIBO, 1994; PEM et al., 1994).

O efeito negativo de períodos longos de jejum sobre as reservas de glicogênio é descrito por SAYRE et al. (1961) que encontraram em peitos de frangos submetidos a jejum de 0 e 24h, taxas de glicogênio de 6,3 e 4,5mg/g, respectivamente, logo após o abate. Estudando tempos de jejum de 0, 5 e 10h, SAMS & MILLS (1993) determinaram taxas de 4,72, 4,39 e 3,08, respectivamente, onde tempos de 0 e 5 h foram significativamente diferentes daquele de 10 horas.

O período de jejum utilizado comumente pode atuar retardando a velocidade de instalação do *rigor mortis*. Como em aves é característico o rápido desenvolvimento das reações químicas *post mortem*, essa prática pode determinar variações indesejáveis na qualidade final da carne. De acordo com essa afirmativa SAMS & MILLS (1993) estudando de tempos de jejum de 0, 5 e 10h encontraram valores de pH inicial de 6,2, 6,2 e 6,3, respectivamente e pH a 1h *post mortem* de 5,9, 6,0 e 5,9, respectivamente. Segundo estes

resultados, animais sem restrição alimentar demonstraram pH inicial mais baixo do que os demais, entretanto a 1h *post mortem* não houve diferenças em aves submetidas a 0 ou 10h de jejum. Comparando estes tratamentos, a força de cisalhamento foi menor em animais sem restrição alimentar. Quando os autores submeteram aves com períodos de jejum de 0, 5 e 10h a estimulação elétrica associado a altas temperaturas *post mortem* houve uma indução a rápida glicólise onde foi observado uma maior queda no pH a 1h *post mortem* (5,8, 5,7 e 5,8, respectivamente), elevado valor R (1,37, 1,36 e 1,40, respectivamente) e acentuada redução na força de cisalhamento em todos os tratamentos.

Considerando os dados na literatura para frangos, os tempos de jejum afetam as reservas de glicogênio, entretanto não é conclusivo o efeito do tempo de jejum sobre o pH determinado a 1h ou às 24h *post mortem* e a força de cisalhamento. A maciez parece estar fortemente relacionada com a velocidade em que se desenvolvem as reações glicolíticas *post mortem*. Amostras com rápido início do *rigor mortis* e com baixo valor de pH na primeira hora são mais macias (SALMON, 1979; SAMS & MILLS, 1993).

NGOKA et al. (1982a) estudando grupos de perus submetidos a tempos de jejum de 0 e 15 horas encontraram diferenças significativas para os resultados de pH final cujos valores foram de 5,8 e 5,9, respectivamente e para capacidade de retenção de água, embora não tenha havido diferenças para as taxas de glicogênio e pH avaliado logo após o abate. A força de cisalhamento e a perda de peso do músculo de peito por cozimento não foram afetadas pelos tempos de descanso.

Avaliando em bovinos os efeitos do tempo de descanso, jejum e dieta hídrica de 2, 17-20h, e acima de 24h, PEM et al. (1994) encontraram diferenças significativas para a coloração da carne e para os valores médios de pH, onde o tratamento de 17-20h resultou em carcaças mais escuras e de pH elevado. Entretanto, quando os animais permaneceram em descanso por períodos superiores a 24 horas, as carcaças apresentaram pH final e coloração da carne semelhante às carcaças dos animais descansados por 2h, sugerindo que houve uma adaptação dos animais às condições de jejum e que períodos intermediários de tempo de descanso apresentaram efeito negativo sobre as características da carne.

Para suínos, os efeitos dos tempos de descanso nas características físicas e bioquímicas da carne são controversos. MARIBO (1994), estudando três tempos de descanso 0h, 2h e no último tratamento uma noite, relatou que animais sem descanso apresentaram pH final mais baixo do que animais descansados por 2h ou por uma noite. Confirmando estes resultados CULAU et al. (1993) trabalhando com tempos de 6 e 24h

observaram para esse último tratamento aumento na incidência de carcaças com pH elevado às 24h *post mortem* e com coloração escura. Em contrapartida, IVASHOV et al. (1994) estudando o efeito do tempo de descanso de 0, 6 e 24h em suínos sobre o pH, encontraram valores mais elevados para pH 1h *post mortem* em animais não descansados (6,3; 5,7 e 5,3 respectivamente). A variação nos resultados destes autores em relação a extensão de queda de pH pode estar relacionada ao grau de sensibilidade ao estresse nos animais investigados e o momento em que foi desencadeado o estresse. Esta sensibilidade individual possivelmente mascare os dados para os tempo de descanso.

6.3. Agitação das aves antes do abate.

A fim de avaliar o efeito da agitação das aves no momento do abate, os pesquisadores compararam grupos de aves anestesiados com pentabarbital sódico e grupos abatidos convencionalmente. Os animais anestesiados e portanto livres de estresse apresentaram taxa de declínio de pH significativamente mais lento do que os demais (LANDES et al. 1971; WOOD & RICHARDS, 1975; FRONING et al. 1978; NGOKA et al. 1982b). Trabalhando com aves sem atordoamento ou atordoados eletricamente, CONTRERAS (1995) encontrou através de determinações de pH e valor R no *pectoralis major*, maior velocidade de glicólise em aves não atordoadas. Esses resultados indicam que em aves, a ausência do atordoamento, elétrico ou por bário, resulta em aceleração na instalação do *rigor mortis*.

Embora aves anestesiadas com pentabarbital sódico antes do abate tenham demonstrado um atraso na instalação do *rigor mortis* e na quebra dos depósitos de fosfocreatina e ATP, a força de cisalhamento do músculo de aves nestes grupos foi menor como indicado na maioria dos trabalhos sobre o assunto (LANDES et al. 1971; WOOD & RICHARDS, 1975; FRONING et al. 1978; NGOKA et al. 1982b). De acordo com isso, CONTRERAS (1995) observou menor força de cisalhamento em músculos de peito de frangos atordoados eletricamente com lento desenvolvimento da glicólise, do que aves sem atordoamento que apresentaram rápida glicólise.

6.4. Temperaturas ambientais *ante mortem*

Os animais de sangue quente dispõem fisiologicamente de sistemas de regulação térmica que adaptam o organismo a temperaturas ambientais mediante a formação e liberação de calor, de forma a manter a temperatura corpórea dentro de limites estreitos. Em temperaturas ambientais fora da zona de conforto térmico, o centro hipotalâmico responsável pelo sistema de termoregulação é ativado para a formação e manutenção da

temperatura corpórea (GÜRTLER et al., 1984). Em aves adultas, os limites ideais de temperatura ambiental se situam entre 14 e 20°C, segundo GÜRTLER et al. (1984) e de 12 a 27°C segundo READTS (1995) com umidade relativa do ar de 50 a 80%. Entretanto, o sistema de termoregulação pode ser ativado em situação de mudanças de temperatura ambiental, nas quais os animais não estão aclimatados.

Em temperaturas ambientes abaixo da zona termicamente neutra, o mecanismo de termoregulação promove uma vasoconstrição das arteríolas cutâneas, onde a irrigação da pele pode ser reduzida abaixo do limite fisiológico, neste caso, uma maior quantidade de sangue é mantida nos grandes vasos internos afim de reter o calor corporal. GÜRTLER et al. (1984) descreveram que aves em temperaturas abaixo de 14°C necessitam produzir calor para manter a temperatura corporal. Nessas situações, o organismo libera a tireoliberina que desencadeia a secreção de tiroxina, triiodotironina e catecolaminas que aumentam a combustão de substâncias nutritivas para a formação de calor. As catecolaminas tornam efetiva a utilização de compostos do tecido adiposo pelas mitocôndrias, garantindo a manutenção da temperatura corporal.

Em temperaturas ambientais elevadas, a liberação do calor corporal na maioria das espécies animais é realizada por três mecanismos físicos: formação de suor, aumento da atividade respiratória e dilatação das arteríolas cutâneas. Como as aves não dispõem de glândulas sudoríparas termoreguladoras ativas, ganha importância no controle da temperatura corporal a irrigação das porções cutâneas desprovidas de penas e as trocas gasosas da respiração, cuja eficiência pulmonar é muitas vezes superior a dos mamíferos, pois a superfície para trocas gasosas é cerca de dez vezes maior. Em situações extremas de temperaturas ambientais elevadas, o aumento na temperatura corporal pode atingir limites fisiológicos devido a dificuldade orgânica em liberar calor na rapidez necessária (FORREST et al., 1979).

Embora temperaturas ambientais elevadas sejam descritas como desencadeadoras de estresse, GÜRTLER et al. (1984) não mencionaram a associação das catecolaminas ou outros hormônios nos mecanismos para a redução da temperatura corporal. Considerando o mecanismo de estresse por calor (sem a participação da adrenalina) que aumenta a circulação sangüínea periférica das regiões cutâneas e a primeira fase do estresse (com a participação da adrenalina) que aumenta o aporte sangüíneo a região muscular, observa-se que o direcionamento do fluxo sangüíneo corporal é diferente nestes dois mecanismos e, aparentemente, há um confronto entre eles. Entretanto, é possível que o controle homeostático funcione por ordem de prioridades orgânicas. Na literatura, não foi

encontrado descrições do comportamento do controle homeostático frente a situações de estresse por calor e a primeira fase do estresse clássico.

Se as situações de desconforto térmico acontecem no pré-abate, o metabolismo *post mortem* e as características de carne são afetados (SAYRE et al., 1963; MARPLE & CASSENS, 1973; FORREST et al., 1979; CULAU et al., 1991). Em suínos, temperaturas ambientais elevadas antes do abate causam um aumento na temperatura corporal e aceleração nas taxas de glicólise *post mortem*, determinando condições potenciais para o desenvolvimento de carnes pálidas, flácidas e exsudativas. Por outro lado, temperaturas ambientais baixas no *ante mortem* desencadeiam mecanismos adicionais de produção de calor, como os tremores musculares, que levam a redução da glicose sérica e consumo das reservas de glicogênio, resultando em lenta evolução do *rigor mortis* e reduzida extensão na queda do pH, condição que pode gerar carnes escuras, secas e duras. Em bovinos, as temperaturas ambientais elevadas no pré-abate não estão associadas a defeitos na qualidade, entretanto a incidência de carnes de corte escuro foi descrita como resultado do consumo das reservas de glicogênio no período pré-abate por jejum prolongado, agitação dos animais e condições de temperaturas baixas (FORREST et al., 1979).

Aves submetidas no pré-abate a excesso de calor apresentam aceleração nas reações de glicólise e hidrólise do ATP, entretanto em temperaturas ambientais baixas essa evolução é retardada (MARPLE & CASSENS, 1973; WOOD & RICHARDS, 1975; FORREST et al., 1979). Contrariando essa descrição para o efeito de temperatura sobre a velocidade da glicólise, LEE et al. (1976) reportaram pequenas diferenças sobre o valor de pH avaliado aos 0 e 15min *post mortem* em frangos submetidos a estresse por calor (38°C), frio (4°C), frio extremo (-20°C) aplicados por 6h antes do abate e grupo controle (20°C). Entretanto, relataram que aves estressadas por calor tiveram pH mais baixo, com média de 5,4, no *pectoralis major* 24h *post mortem*, do que as aves mantidas à temperaturas de conforto térmico, frio ou frio extremo. Isso demonstrou que as temperaturas ambientais pré-abate influenciam, também, na extensão da glicólise *post mortem*.

Em relação a maciez, tratamentos das aves a temperaturas elevadas antes do abate mostram resultados contraditórios. Efeitos negativos de temperatura elevada sobre a maciez em peitos de perus foi observado por FRONING et al. (1978). Aves mantidas a 42°C por 1h apresentaram peitos com força de cisalhamento de 5,88kgf/g, quando comparado a perus tratados a 4,3°C por 20min que apresentaram força de cisalhamento

de 4,44kgf/g, embora o pH aos 15min *post mortem* tenha sido semelhante nos dois grupos. Resultado similar foi descrito por LEE et al. (1976) sobre o efeito da temperatura sobre a maciez da carne de peito de frango. Avaliando o efeito das diferentes estações do ano sobre a maciez em peitos de frangos processados em abatedouro comercial, através de monitoramento mensal, LEE et al. (1976) reportam a ocorrência de músculos com elevada força de cisalhamento em frangos abatidos em meses quentes. Por outro lado, SIMPSON & GOODWIN (1974) narraram a ocorrência de baixos valores para força de cisalhamento em peitos de frangos abatidos em todas as estações.

FRONING et al. (1978) mantendo as aves a 42°C por 1h e 4,3°C por 20min não observaram, em peito de perus, efeito significativo da temperatura ambiental pré-abate. Para a capacidade de retenção de água expressa em percentual de fluido e na perda de água no descongelamento. Entretanto, em frangos expostos a estresse pré-abate por choque térmico (40°C por 1h) NORTH CUTT et al. (1994b) encontraram elevadas perdas de água por gotejamento nas primeiras 6h *post mortem*. A tentativa de adaptar os animais à temperaturas de estresse calórico, com tratamentos de 35°C por 3h realizado por 3 dias consecutivos antes do dia de abate, não foi capaz de eliminar os efeitos adversos do tratamento de choque térmico sobre as perdas de água nas primeiras 6h do abate. Neste trabalho, os autores descrevem ainda que os músculos do peito foram mais sensíveis ao tratamento de choque térmico pré-abate, do que os músculos da coxa e sobrecoxa.

7. A sangria e os percentuais de perda de sangue

A sangria é a operação na linha de abate que consiste na incisão da artéria carótida e veia jugular na região do pescoço e escoamento máximo de sangue do corpo do animal.

O peso total de sangue em cada ave é estimado em 11,6 a 7,3% do peso corporal (KOTULA & HELBACKA, 1966a). NEWELL & SHAFFERNER (1950) e KOTULA & HELBACKA (1966b) reportaram que a quantidade de sangue perdido durante a sangria foi de 35 a 54% do total corpóreo, em que 35% deste volume é perdido durante os primeiros 90s após a sangria. WARRISS (1977) descreveu que este percentual pode atingir 60% e dos 40% que ficam na carcaça, 20 a 25% permanecem nas vísceras e 15 a 20%, nas massas musculares.

Afim de quantificar o percentual de perda de sangue, alguns autores determinam o peso das aves antes e após a sangria e, através da diferença entre estes pesos, o percentual de sangue eliminado é calculado em relação ao peso vivo. Utilizando esta forma de determinação, DICKENS & LYON (1993) descreveram médias de perda de sangue de

2,41 a 2,96% em frangos de 1800g, atordoados eletricamente. WILSON & BRUNSON (1968) encontraram variações nestes percentuais de 2,75 a 3,23 ao compararem métodos de atordoamento. SOURJ et al. (1972) citaram média de 3,6% em aves com peso entre 1100 a 1500g. PAPINAHU et al. (1995) narraram percentuais de 3,3 a 3,9 em aves com 42 dias. MARION et al. (1985) descrevem valores de 4,35% em frangos que receberam dicumarol, um redutor da capacidade de coagulação. Uma grande variação nestes resultados foi reportado por CONTRERAS (1995) que descreveram médias de 2,05 a 5,48% em frangos sem atordoamento ou com atordoamento elétrico a 40V e 1000Hz.

7.1. Fatores que alteram a eficiência da sangria

Revisando o assunto sangria, ABRAM & GOODWIN (1977) afirmaram que os aspectos como tipo de dieta, jejum prolongado, temperatura ambiental pré abate e aplicação de fármacos como thiouracil, dicumarol e epinefrina apresentavam pequena influência sobre a liberação de sangue durante a sangria.

Variações na eficiência da sangria são encontradas quando utilizado fármacos que afetam a capacidade de coagulação sanguínea. O uso de dicumarol 48h antes do abate aumenta significativamente a eficiência da sangria. MARION et al. (1985) estudando o efeito de dietas contendo vitamina K (anti-hemorrágico) ou dicumarol (inibidor dos fatores de coagulação) descreveram percentuais de perda de sangue de 3,76 e 4,35%, respectivamente.

Avaliando o efeito de dietas isocalóricas com três níveis de proteínas e minerais, em aves submetidas a temperaturas ambientais de 24 ou 38°C, HAMDY et al. (1980) não encontraram efeito das dietas sobre a perda de sangue, entretanto aves mantidas a 24°C apresentaram maior perda de sangue. Resultados semelhantes em relação ao efeito da temperatura ambiental pré-abate foi reportado por WALTERS (1994) que, utilizando temperatura de 16, 27, ou 35°C por 8h antes do abate, encontrou perda mais elevada de sangue em frangos mantidos a 16°C.

A eficiência da sangria em função dos fatores pré-abate foi estudada escassamente. Entretanto, considerando o efeito das temperaturas ambientais, descrito no parágrafo anterior, é possível que exista uma relação estreita entre a eficiência da sangria e o sistema termoregulador. GÜRTLER et al. (1984) relataram que em condições de baixas temperaturas maior volume de sangue é mantido nos grandes vasos afim de reter calor, o que sugere uma maior eficiência na sangria. Por outro lado, em condições de temperaturas elevadas, a necessidade de liberação do calor corporal provoca vasodilatação e aumento

no fluxo sangüíneo capilar nas regiões cutâneas. Isto permite supor que a eficiência da sangria em animais submetidos a temperaturas ambientais elevadas é reduzida, em decorrência de um maior volume de sangue estar direcionado para regiões periféricas. Um fator adicional descrito por WARRISS (1978) que determina a vasoconstrição dos vasos sangüíneos é o atordoamento elétrico por causar a liberação de catecolaminas. Assim, esse efeito do atordoamento poderia anular ou mascarar o efeito dos fatores pré-abate sobre a eficiência da sangria.

Os métodos de atordoamento utilizados em aves são os principais responsáveis por variações na eficiência da sangria (ABRAM & GOODWIN, 1977). Aves atordoadas com choque elétrico apresentam elevada perda de sangue em comparação com aquelas sem atordoamento ou atordoadas com gases. De acordo com isso, WILSON & BRUNSON (1968) encontraram em frangos submetidos a atordoamento elétrico ou gás carbônico média de perda de sangue de 3,21 e 2,75%, respectivamente. CONTRERAS & BERAQUET (1995) comparando frangos sem atordoamento ou com atordoamento elétrico a 40V e 1000Hz descreveram médias de 2,05 e 5,48%, respectivamente. Confrontando resultados de perda de sangue obtidos em frangos submetidos a atordoamento com gases, POOLE & FLETCHER (1995) descreveram que a eficiência da sangria foi mais baixa em aves atordoadas com CO₂ ou N₂, do que aquelas aves sem atordoamento.

Apesar do atordoamento elétrico aumentar a eficiência da sangria, resultado da vasoconstrição periférica determinada pela liberação de catecolaminas (KOTULA & HELBACKA, 1966a; WARRISS, 1978), variações nesse método são responsáveis por alterações na perda de sangue. Estudando o efeito de tempos de atordoamento elétrico de 0, 5, 10, 20, ou 40s com 100V AC sobre a perda de sangue após 3min da sangria, PAPINAHU et al. (1995) relataram que nos tratamentos de 0 e 5s foram encontradas perda de sangue de 3,9 e 3,8% significativamente mais elevadas ($p < 0,05$) do que aqueles tratamentos com tempos de atordoamento de 10, 20 e 40s, cujos percentuais variaram de 3,3 a 3,6%. Pesquisando o efeito de voltagem de 20, 40, 80 ou 100V aplicadas com frequência de 60Hz sobre a eficiência da sangria, CONTRERAS (1995) descreveu para a perda de sangue resultado significativamente mais elevado no tratamento de 40V com médias de 4,14%, do que no tratamento de 100V com médias de 2,26%.

O atordoamento elétrico pode provocar a fibrilação que é a contração desordenada do ventrículo com a subsequente falência cardíaca. Em revisão dos métodos de abate humanitário, CHILDERS (1987) descreveu que o abate induzido por atordoamento, aprovado em 18 de junho de 1985 pelo USDA, resultam em perda de sangue e qualidade da carne similar aquela encontrada em processos convencionais, além de reduzir a

incidência de pontos hemorrágicos no tecido muscular e adiposo e a presença de hematomas em carcaças de ovinos e suínos. Avaliando o efeito do atordoamento elétrico convencional ou atordoamento elétrico com simultânea parada cardíaca, em carcaça com traumatismos musculares induzidos por uso de pistola, no período que antecede o abate, GREGORY & WILKINS (1984) observaram que em aves com parada cardíaca houve redução no aparecimento de lesões hemorrágicas e menor índice de pigmento heme.

Outros fatores como o intervalo de tempo entre o atordoamento e a realização da incisão são considerados de relevada importância sobre a eficiência da sangria. Estudando em bovinos intervalos de tempo de 0, 3 ou 6min, WILLIAMS et al. (1983) encontraram significativa redução na perda de sangue quando o intervalo foi superior a 3 minutos.

7.2. Efeitos negativos da baixa eficiência da sangria

Embora a presença de pontos ou manchas hemorrágicas na carne seja, normalmente, associada a baixa eficiência da sangria, foi demonstrado que estes defeitos não estão relacionados com o sangue que permanece disperso na carcaça após a sangria. WILSON & BRUNSON (1968) encontraram em aves submetidas a atordoamento elétrico elevada eficiência na sangria e alta incidência de manchas de sangue. Em contrapartida, aves atordoadas com gás carbônico, com reduzida eficiência na sangria apresentaram baixa incidência ou ausência de pontos e manchas hemorrágicas.

A presença de pontos hemorrágicos em carcaças é relacionada ao manejo pré-abate deficiente e ao atordoamento elétrico. Avaliando aves com apanha realizada pela asa ou pé submetidas a atordoamento elétrico ou com gás carbônico, WILSON & BRUNSON (1968) encontraram elevada incidência de pontos hemorrágicos em aves tratadas com atordoamento elétrico provenientes de apanha pela asa ou pé, entretanto no atordoamento com gás carbônico esta incidência foi baixa. O uso de gás carbônico associado a apanha pela asa resultou em aves com ausência de pontos hemorrágicos. Em carnes vermelhas, segundo GRANDIN (1985), o atordoamento elétrico desencadeia aumento na pressão sangüínea, levando a rompimento de pequenos vasos e derramamento de sangue no tecido muscular.

A baixa eficiência na sangria pode determinar alterações na coloração da pele variando de vermelho claro a escuro, vísceras com veias aparentes de aspecto ingurgitado e congestão de coração, fígado e baço. Nesses casos, a carcaça pode sofrer condenação total como cadáver ou condenação parcial de cortes e órgãos com quantidade excessiva de sangue (HARRIS & CARTER, 1977).

A quantidade de sangue presente nos tecidos musculares após o abate está relacionada com níveis de contaminação. AIRES (1955) descreveu que o sangue é o carreador dos microrganismos que entram no interior dos tecidos a partir da ferida de sangria ou das paredes intestinais que são regularmente atravessadas por bactérias. Confirmando a descrição de AIRES (1955), McCARTHY et al. (1963) estudando contaminações em amostras, coletadas imediatamente após o abate, provenientes de músculos *pectoralis major* normais ou com manchas de sangue induzidas por traumatismo pré-abate observaram que 61 a 75% das amostras com manchas de sangue apresentaram contaminações com bactérias aeróbicas e anaeróbicas, enquanto em tecidos normais o percentual de contaminação foi de 41 a 50%. Esses autores descreveram que às 24 e 48h *post mortem* houve maior crescimento no número de microrganismos em músculos com manchas de sangue do que aqueles normais.

Outro problema associado a sangria imprópria é a oxidação de gorduras na carcaça. WARRISS (1977) citou que maior quantidade de sangue remanescente na carcaça representa uma maior proporção de pigmentos heme, resultando em aceleração nas reações de rancidez oxidativa e redução na vida-de-prateleira.

8. Resfriamento de carcaças de frango

O método de resfriamento convencional utilizado pela indústria de frango no Brasil consiste na redução inicial da temperatura da carcaça de 39-41°C para 8°C através de dois processos distintos: o pré-resfriamento e o resfriamento. No pré-resfriamento as carcaças são imersas em tanques com água a temperaturas próximas a 20°C. No resfriamento, o processo é semelhante e a temperatura da água varia de 0 a 8°C. O tempo gasto na etapa de pré-resfriamento e resfriamento é de 45min a 1h na maioria das empresas. O produto, após o gotejamento e embalagem, é submetido a tratamento drástico de resfriamento em túnel de congelamento com ar a temperaturas entre -30 a -35°C por cerca de 6 horas. Esse processo é utilizado para reduzir a temperatura no interior dos músculos de 8 a -1°C. Após, as carcaças embaladas são estocadas a temperaturas ao redor de 0°C (BERAQUET, 1990; BERAQUET, 1994).

Diferentes métodos de resfriamento são utilizados para diminuir a temperatura de carcaças de frangos logo após o abate, a fim de garantir as características físico-químicas, microbiológicas e os atributos sensoriais de sua carne. Entre estes métodos encontram-se o resfriamento por "spray" e a ar (RISTIC, 1992; STEPHAN & FEHLHABER, 1994), por CO₂ (TOMLINS, 1995) e N₂ (ENGLER & COBB, 1990). As patentes registradas nos últimos oito anos foram para equipamentos que visam a otimização do resfriamento de carcaças de

frango em câmara de resfriamento a ar (HAZENBROEK, 1994; JANSEN & DOORNBOS, 1995) e para método (ENGLER & COBB, 1990), onde é proposto a aplicação de N₂ por 5 a 30s sobre as carcaças com a formação de uma camada delgada de gelo, seguido de resfriamento a ar por 10 a 15 minutos.

Os inúmeros trabalhos que investigam o efeito dos tratamentos de frio, após o abate, sobre as características de qualidades da carne de frango são contraditórios, entretanto é evidenciado que, estes apresentam efeitos significativos no desenvolvimento das reações bioquímicas que convertem os músculos em carne.

8.1. Resfriamento e velocidade da glicólise

Em aves, a velocidade das reações de glicólise e o início do *rigor mortis* acontecem de forma rápida, entretanto há discordância dos autores em relação ao período de duração desta etapa na transformação do músculo em carne. Segundo KHAN (1971), em frangos processados em abatedouros comerciais, o pH cai a valores entre 6,1 a 6,3 num período de 15 a 20min *post mortem*, quando coincide com o início do *rigor mortis*. Por outro lado, BARBUT (1994) descreveu em frangos quedas de pH mais acentuadas aos 15min *post mortem* e portanto uma instalação do *rigor mortis* mais rápida. É provável que a variação nos resultados para pH aos 15min encontrados entre os autores seja em decorrência da variação de linhagem de aves, diferentes processos de abate ou variações intrínsecas entre as aves de mesmo lote frente aos fatores de estresse pré-abate ocasionando diferentes tempos na instalação do *rigor mortis*.

Em relação a variação na velocidade de instalação do *rigor mortis* em aves de mesmo lote de 107 aves, RISTIC (1979) encontrou para valores de pH aos 15min pequena quantidade de carcaças (5,6%) com pH menor que 5,7, número pouco maior (19,7%) com pH maior que 6,3 e a grande maioria (74,7%) mostraram pH entre 5,7 e 6,3. SEEMANN (1986), determinando os valores de pH com eletrodo de punção em músculos peitorais, descreveu frangos com pH baixo (5,7), médio (6,1) e alto (6,3) aos 35min *post mortem*. Prevendo a ocorrência de carcaças com diferentes velocidades de glicólise *post mortem* SMOLINSKA et al. (1989) e SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) utilizaram em seus estudos de resfriamento, somente carcaças de frango com pH maior ou igual a 6,1 selecionadas aos 15min após o abate, numa tentativa de padronizar a velocidade das reações *post mortem* do material experimental.

Em lotes de frango com o pH igual ou maior do que 6,1 aos 15min *post mortem*, o resfriamento por imersão aplicado 30min após o abate retarda o desenvolvimento das

reações glicolíticas. Comparando peito de carcaças resfriadas por imersão em água e gelo e peitos não resfriados, SMOLINSKA et al. (1989) verificou que em carcaças não resfriadas o *rigor mortis* pode iniciar-se 1,5h ou, quando resfriadas, após 3h do abate. Para a determinação do início do *rigor*, esses autores utilizaram a medida de 1 μ mol/g de ATP no músculo *pectoralis major*.

Segundo os estudos de KHAN & FREY (1971) e aqueles descritos por BARBUT (1994) as reações glicolíticas e a instalação do *rigor mortis* acontecem antes ou durante as operações de resfriamento. Entretanto, como descreve SMOLINSKA et al. (1989) nem todas as aves são resfriadas com o *rigor mortis* instalado, assim resta saber o efeito do resfriamento em peito de aves em pré-*rigor* e o efeito do frio durante a resolução do *rigor mortis* sobre as características de qualidade em peito de frango.

8.2. Temperaturas e encurtamento muscular *post mortem*

Em geral, quanto maior é a temperatura após o abate mais rapidamente desenvolvem-se os processos bioquímicos, o que pode ser observado no músculo bovino, onde a 30°C o pH decresce de 7,0 a 5,5 após 15h, a 14°C após 22h, e a 5°C, após 36 a 40h (HONIKEL & HAMM, 1985). Quando carcaças com temperatura entre 39 a 43°C são submetidas ainda na fase de pré-rigidez a temperaturas de resfriamento até 10°C ocorre uma redução na velocidade das reações de glicólise, entretanto em temperaturas inferiores a 10°C estas reações se aceleram, provocando o encurtamento das fibras musculares (HONIKEL & HAMM, 1980). Na literatura, há discordância em relação a temperatura que causa esse “encurtamento pelo frio”, JUDGE et al. (1989) citam temperaturas de resfriamento entre 0 a 16°C. Entretanto, os autores são unânimes em relatar a existência do fenômeno de “encurtamento pelo frio”, quando não houve, nestas temperaturas, degradação da maior parte do ATP existente no músculo.

Segundo LOCKER & HAGYARD (1963), músculos apresentando “encurtamento pelo frio” mostram drástico endurecimento da carne após o cozimento. O mecanismo do “encurtamento pelo frio”, consiste na aceleração do metabolismo muscular pelo aumento da concentração dos íons cálcio no sarcoplasma, procedentes das mitocôndrias e do retículo sarcoplasmático devido a inativação das bombas de cálcio existentes nas membranas lipoproteicas do retículo que, em função do frio, perdem a capacidade de reter estes íons. Com isso, a concentração de cálcio no espaço miofibrilar aumenta em até 30 a 40 vezes e, em presença de ATP é iniciado o encurtamento do sarcômero pela ativação da actomiosina-ATPase.

A extensão do "encurtamento por frio" depende da constituição do músculo e da relação entre fibras brancas e vermelhas. Músculos com maior quantidade de fibras brancas são menos susceptíveis ao encurtamento pelo frio (DAVEY et al., 1967; CONFORTH et al., 1980). Embora frangos tenham uma maior quantidade de fibras brancas na região do peito, o resfriamento à baixas temperaturas tem sido descrito como indutor do "encurtamento pelo frio", devido a lentidão do metabolismo de glicólise anaeróbica e o tardio desenvolvimento do *rigor mortis* (PAPA & FLETCHER 1988a; SAMS & JANKY, 1991).

Durante o processamento, dependendo do pH muscular e das temperaturas de resfriamento, peitos de frangos podem apresentar o encurtamento do músculo pelo *rigor mortis* ou pelo frio (DUNN et al., 1995). Esses autores, utilizando resfriamento a ar aos 15min após o abate em tratamentos de 0°C por 80min ou -12°C por 50min, não encontraram diferenças significativas para pH, comprimento de sarcômero e força de cisalhamento, mas no tratamento de resfriamento de -12°C por 50min houve uma grande variação nos resultados de medida de maciez do peito, atribuída ao efeito de "encurtamento pelo frio". Nesse tratamento, quando os dados foram submetidos a análise de correlação, foi observado um coeficiente elevado de $r = -0,89$ entre o valor de pH aos 15min *post mortem* e o comprimento de sarcômero. Isso demonstrou que, em temperaturas de -12°C, aves com maior quantidade de energia disponível nos músculos de peito aos 15min sofreram maior encurtamento muscular. Num segundo experimento, quando para os mesmos tratamentos se utilizou carcaças estimuladas eletricamente, no resfriamento rápido (-12°C) observou-se elevados valores de pH, maior comprimento de sarcômero, menor perda de peso por cozimento e menor força de cisalhamento, quando comparado com o tratamento de 0°C por 80min.

Outro problema associado a fase de pré-rigidez e o frio é o "encurtamento no descongelamento", onde carcaças em pré-*rigor* congeladas rapidamente e estocadas em baixas temperaturas desenvolvem, no momento do descongelamento, um grande encurtamento que culmina com redução na maciez. Este fenômeno é resultado da retomada, no músculo, das reações de glicólise interrompidas pelas baixas temperaturas. BEHNKE & FENEMA, (1973) trabalhando com peito de frango congelado aos 15min *post mortem* a -23°C por 1h, seguida de temperaturas de -78°C ou -3°C demonstraram que, após o descongelamento a 60°C por 20 minutos, as amostras do tratamento de -78°C desenvolveram um grande encurtamento resultando em elevadas perdas de água, enquanto naquelas congeladas (-3°C) não foram observados efeitos adversos.

Possivelmente à -3°C as reação de glicólise e os mecanismos de maturação não foram interrompidos.

Em bovinos, a redução da temperatura inicial das carcaças de $30-37^{\circ}\text{C}$ para valores intermediários entre 15 a 25°C , antes do início do *rigor mortis*, enquanto os valores de pH estão próximo a 6,3, evita o encurtamento pelo frio e, conseqüentemente produzem carne mais macia (HONIKEL & HAMM, 1985).

8.3. Efeito do resfriamento sobre as características de qualidade

O uso de temperaturas elevadas no pré-resfriamento, como as empregadas atualmente foi preconizada com o objetivo de evitar o encurtamento muscular produzido pelo frio, que resulta no endurecimento da carne após seu cozimento. Autores como KLOSE et al. (1955), DAWSON et al. (1956), DODGE & STADELMAN (1959) e SMITH et al. (1969) afirmaram que baixas temperaturas utilizadas logo após o abate, em frangos, resultariam em redução da maciez. Utilizando temperaturas entre 0 e 20°C , SMITH et al. (1969) descreveram encurtamento significativamente ($p < 0,01$) menor em músculos *pectoralis major* de frangos submetidos a temperaturas entre 12 e 18°C , logo após o abate. Em carne de peito de peru, o comportamento parece ser semelhante: WAKEFIELD et al. (1989) relataram que o resfriamento por imersão a temperatura de 7°C aplicado aos 65min *post mortem* em animais que apresentaram pH maior do que 6,4 aos 20min afetou negativamente a maciez.

A extensão do encurtamento muscular *post mortem* é afetado pelas temperaturas utilizadas logo após o abate, entretanto a relação entre maior encurtamento muscular pós-abate e menor maciez nem sempre é verdadeira (MARSH & LEET, 1966). Utilizando amostras de *pectoralis major* na forma de tiras incubadas a temperaturas de 40 , 30 , 20 , 10 , 5 e 0°C pós-abate, DUNN et al. (1993) encontraram maior encurtamento muscular de 39 e 43% em amostras incubadas a 0 e 40°C , respectivamente. Entretanto maior maciez foi observada em tiras submetidas a 0 , 5 e 40°C , com médias para força de cisalhamento que variaram de $3,17$ a $5,49\text{kg}/\text{cm}^2$, do que aquelas tratadas com temperaturas entre 10 a 30°C com médias entre $5,06$ a $7,22\text{kg}/\text{cm}^2$.

Embora tenha sido descrito que em frangos baixas temperaturas utilizadas logo após o abate resultam em menor maciez, trabalhos mais recentes tem demonstrado que temperaturas baixas não afetam negativamente a maciez. BILGILI et al. (1989) utilizando 40 frangos machos submetidos a temperaturas de 41 , 28 , 14 , e 0°C por 4h, seguido de temperaturas de 0°C encontraram para o tratamento de 0°C as menores médias para força

de cisalhamento, comprimento de sarcômero e perda de peso por cozimento. As variações médias encontradas para a força de cisalhamento foram 13,41kgf/g para a temperatura de 41°C, 12,91kgf/g para 28°C, 11,11kgf/g para 14°C e 10,1kgf/g para 0°C. Comparando a maciez em carcaças com tratamento de resfriamento rápido (sem pré-chiller com 28°C no interior do peito aos 15min) e resfriamento convencional (8°C no interior dos músculos aos 65min), através de análise sensorial às 24h do abate, usando escala de 5 pontos, SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) reportaram em peitos resfriados convencionalmente maior maciez ($p<0,001$) com escore médio de 4,5, do que em peitos resfriados rapidamente com escore médio de 4,3. Como já citado anteriormente, resultados semelhantes foram descritos por DUNN et al. (1993) que utilizando temperaturas de 40, 30, 20, 10, 5 e 0°C após o abate por 380min encontraram amostras de peito mais macias nas carcaças submetidas aos tratamentos de 0 e 5°C, do que em carcaças tratadas com temperaturas intermediárias de 10 a 30°C.

Considerando os trabalhos de temperaturas pós-abate, descrito no parágrafo anterior observa-se que o efeito negativo sobre a maciez ocorreu em temperaturas elevadas. Isso confirma os relatos de DeFREMERY & POOL (1960) que descrevem para temperaturas elevadas o efeito de indução do encurtamento pelo *rigor mortis*. Entretanto, PAPINAHU et al. (1996), utilizando peitos intactos, músculos peitorais desossados ou amostras do *pectoralis major* na forma de tiras, incubadas por 8h em temperaturas de 0, 23 e 41°C, descreveram que músculos intactos ou desossados mostraram evidências de “encurtamento por frio” e “encurtamento por *rigor*” em condições de temperaturas baixas ou elevadas. Esse autor não verificou encurtamento extremo em amostras na forma de tira.

Carcaças de frango resfriadas por imersão em soluções de cloreto de sódio apresentaram maior maciez do que aquelas cuja redução da temperatura foi em água e gelo. Em amostras oriundas de resfriamento em solução de cloreto de sódio a 5% a -1°C aplicados por uma noite, JANKY et al. (1978) encontraram significativo aumento no rendimento de peso, baixa perda de água no descongelamento, reduzida perda no cozimento e, na análise sensorial, elevado escore para maciez e suculência quando comparado a tratamento de imersão com água e gelo a 1°C por uma noite. DAWSON et al. (1988b) demonstraram ainda que em tratamentos de imersão aplicados aos 5, 10 e 15min *post mortem* com solução de cloreto de sódio por 30min resultaram em amostras mais macias em temperatura de 1°C por 30min, do que em temperaturas de 20°C por 10min seguido de 1°C por 20min. Os autores justificam que, essa maior maciez frente a solução de cloreto de sódio, possivelmente tenha sido resultado da interferência do cloreto de sódio

no desenvolvimento normal do *rigor mortis*, com a precipitação dos íons cálcio no retículo sarcoplasmático na forma de cloreto de cálcio.

O efeito dos diferentes métodos de resfriamento sobre as características de qualidade tem demonstrado resultados contraditórios (ANDERSEN, 1975). Utilizando métodos e temperaturas diferentes PEDERSEN (1982) descreveu que o resfriamento com ar forçado a temperatura de 0°C por 30min resultaram amostras de peito com menor perda de peso por cozimento do que o tratamento convencional. Na análise sensorial não foram observados efeitos sobre a maciez, suculência e qualidade global. Por outro lado, UIJTENBOOGAART & REIMERT (1994), utilizando carcaças estimuladas eletricamente com 100V AC por 1,5min e resfriadas a 4,4°C aos 30min por imersão em água e gelo ou resfriadas por ar a temperatura de 4°C, encontraram amostras mais macias em carcaças resfriadas com ar. Resultados semelhantes foram descritos por RISTIC, (1991) quando utilizou carcaças inteiras resfriadas por imersão ou por "spray".

Tratamentos de resfriamento rápido empregados logo após a evisceração de frangos produziram carne mais macia. ARAFA & CHEN (1978), comparando amostras oriundas de carcaças submetidas a resfriamento em túnel com nitrogênio líquido na forma de "spray" por 8min e amostras resfriadas de forma convencional, encontraram amostras com maior comprimento de sarcômero, menor perda de peso por cozimento e maior maciez no grupo com resfriamento rápido. Contrariando esses resultados, CANTRELL & HALE (1974) confrontando tratamentos de resfriamento convencional e resfriamento com CO₂ em aves comerciais leves e fêmeas pesadas White Leghorn, não observaram efeito significativo sobre a maciez de peito de aves leves. Entretanto nas aves pesadas, o resfriamento com CO₂ resultou em amostras menos macias. A este efeito os autores atribuíram a ocorrência de "encurtamento no descongelamento".

O rendimento do peso da carcaça não foi influenciado pelas temperaturas de pré-resfriamento entre 0 a 41°C aplicadas por imersão (BILGILI et al., 1989). Entretanto, carcaças resfriadas por imersão em soluções de cloreto de sódio a 5% em temperaturas de -1°C aplicadas por uma noite apresentaram maior rendimento, do que carcaças submetidas a soluções de água e gelo em temperatura de -1°C por uma noite (JANKY et al. 1978). Diferença ainda maiores foram determinadas por CANTRELL & HALE (1974) quando o método de resfriamento por imersão a -1°C foi substituído por resfriamento com CO₂: a -1°C houve uma redução de 6% no peso das carcaças.

Maiores perdas de peso durante o cozimento de peito de frango (em chapa pré-aquecida à 150°C, até a temperatura de 82-85°C ser atingida no interior do músculo) foram

obtidas quanto mais elevadas foram as temperaturas de resfriamento. De acordo com isso, BILGILI et al. (1989) encontraram valores médios de 32,4% para aves resfriadas a temperaturas de 41°C, 29,6% para 28°C, 27,9% para 14°C e 25,1% para 0°C. Por outro lado, os métodos de resfriamento rápido reduzem as perdas de peso por cozimento em peitos de frangos (FLAMING 1970; RISTIC, 1984; RISTIC, 1991).

9. Características físicas da carne

9.1. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água é um termo originalmente usado para descrever a capacidade do músculo e dos produtos cárneos em manter a água ligada sob condições específicas (TROUT, 1988; FENNEMA, 1990). A importância do seu estudo decorre da influência da capacidade de retenção de água sobre o aspecto da carne antes do cozimento, comportamento durante a cocção e a palatabilidade do produto.

Aproximadamente 95% da água presente no músculo é classificada como água livre presente no espaço sarcoplasmático; estas moléculas se encontram fracamente ligadas entre si e podem migrar entre as estruturas musculares e são mantidas pela membrana celular. O restante dos 5% da água é classificada como água quimicamente ligada às proteínas e que permanece desta forma na maioria das condições. Para fins de determinação da capacidade de retenção de água é de interesse a água livre, pois quase todas as modificações observadas na CRA são devidas as modificações experimentadas pela água ligada fracamente (HONIKEL et al., 1983; TROUT, 1988; ERDÉSZ et al., 1991).

A fixação da água pelas proteínas acontece de várias formas: água ligada quimicamente aos grupos polares dos aminoácidos das cadeias miofibrilares, água atraída pelos grupos hidrófilos das proteínas presente nas estruturas filamentosas, em que esta força de ligação diminui à medida que aumenta a distância entre a proteína e a água, e ainda as moléculas de água que podem ser imobilizadas pela configuração protéica, mas não se ligam diretamente a ela (HONIKEL & FISCHER, 1977; LAWRIE, 1991).

As moléculas de água fixada aos filamentos podem estar presente em maior ou menor quantidade, dependendo da fibra muscular. Se a estrutura muscular se encontra contraída, de tal modo que a actina e a miosina se sobrepõe, o espaço estrutural diminui e a quantidade de água imobilizada é reduzida. Porém um afrouxamento da fibra provoca o aumento do espaço e possibilita maior imobilização de água (HAMM, 1982; PARDI et al., 1993).

A capacidade de retenção de água após o abate depende da fase *post mortem* em que se encontra o músculo. Em geral na fase de pré-rigidez a CRA é elevada, no *rigor mortis* é reduzida e no *post rigor* é outra vez elevada. No músculo intacto, a diminuição da CRA nas primeiras horas *post mortem* é determinada pela velocidade de queda do pH e não pela concentração de ATP (HONIKEL & HAMM, 1980; HAMM et al. , 1983).

Em condições normais, a perda de água e a redução na capacidade de retenção de água são conseqüências inevitáveis da morte do animal. No *post mortem*, a glicólise permanece até que o pH, no músculo, chega ao nível mínimo, por volta de 5,5, num período de 12 a 24h para a espécie bovina quando a capacidade de fixação da água é mínima, coincidindo com o ponto isoelétrico das proteínas musculares e com a instalação completa do *rigor mortis*. Nesta fase, o número de grupos carregados positiva e negativamente são iguais, tendendo a atraírem-se entre si e somente aqueles grupos deixados livres são os que podem atrair moléculas de água. Entretanto, com a resolução do *rigor mortis* há tendência para o aumento da capacidade de fixação de água (HAMM et al., 1983; HONIKEL et al., 1983).

Nas situações em que a instalação do *rigor mortis* é acelerada ocorre um aumento na velocidade das reações glicolíticas com conseqüente elevação da temperatura corporal e acúmulo de ácido láctico. A conseqüente redução do pH no músculo antes que o calor corporal tenha se dissipado, leva a desnaturação das proteínas musculares, resultando em elevadas perdas de água por gotejamento. Entretanto, se a velocidade de instalação do *rigor mortis* é lenta e a extensão da glicólise é baixa, o pH se mantém elevado e a carne tende a apresentar elevada capacidade de retenção de água (HONIKEL et al., 1983).

Um dos métodos mais antigos e ainda utilizados para medir a CRA é por pressão (HAMM, 1960). Com esse procedimento, a água livre é quantitativamente reduzida por pressão sobre uma pequena amostra de 0,5 a 2,0g entre papéis de filtro. A água liberada da amostra é medida diretamente pela pesagem no filtro de papel ou indiretamente pela área úmida do filtro de papel relativo a área da amostra pressionada (TROUT, 1988).

O método por pressão é considerado moderadamente efetivo para a previsão das perdas por gotejamento do músculo durante a estocagem em condições de resfriamento. Outra aplicação desse método é para determinar a suculência de amostras cozidas (TROUT, 1988).

9.2. Cor

Em frangos, normalmente a coloração da pele e músculos pode variar de lote para lote como consequência da composição da dieta em função dos tipos e teores de xantofilas utilizados e do fator genético. Entretanto, variações de cor entre músculos de animais de mesmo lote em suínos são atribuídos a sensibilidade individual ao estresse. SWATLAND (1993), encontrando esta mesma variação em perus, descreveu que possivelmente os processos de seleção estariam envolvidos com o desencadeamento das características PSE. Em frangos a ocorrência de peitos pálidos foram descritas raras vezes, onde numa delas NORTHCUTT et al. (1994b) descreveram a incidência tanto em aves submetidas a estresse por calor quanto em aves que receberam tratamentos de adaptação ao estresse calórico.

Embora as qualificações de carne PSE e DFD relacionadas com a cor dos músculos em suínos não sejam comuns em aves, variações em cor em termos semelhantes ao PSE estão sendo atualmente descritas em frangos (UIJTENBOOGART et al., 1994; NORTHCUTT et al., 1994a) e com mais frequência em perus (SANTE, 1990; SWATLAND, 1993; BARBUT, 1993; THE EFFECT... 1995, BARBUT 1996; BARBUT, 1997).

As diferenças de cor encontradas entre peito, perna e coxa são consequências do tipo de fibra e metabolismo predominante em cada porção muscular. Assim as fibras vermelhas, com elevado conteúdo em citocromo e mioglobina, onde prevalece o metabolismo aeróbico são encontradas em músculos de perna e coxa de frango, enquanto fibras brancas que possuem baixo teor em citocromo e mioglobina, com metabolismo anaeróbico, são típicas dos músculos peitorais (OBANU et al., 1984).

CONTRERAS (1995) estudando os efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne de peito de frango não observou as diferenças de cor mencionadas por NORTHCUTT et al. (1994a). Desta forma os valores descritos por CONTRERAS & BERAQUET (1995) podem ser considerados como cor normal para peitos, onde as médias para o valor L^* variaram de 46,4 a 49,7, para a^* de 1,9 a 3,0 e para b^* de 4,1 a 5,6.

BARBUT (1993) encontrou em peitos de perus, as 2h *post mortem*, variações de cor desde muito pálidos até muito escuros, onde as amostras foram distribuídas subjetivamente numa escala crescente de cor, de acordo com os critérios de 5 julgadores treinados. Após, a cor foi medida objetivamente no sistema CIE L^* , a^* e b^* , em 5 pontos da superfície no músculo sem pele. Nas amostras mais claras foram encontrados para L^* , a^* e

b* os valores 53,6, 0,6 e 8,6, respectivamente e nas amostras mais escuras para L*, a* e b* os valores 41,1, 2,5 e 9,1, respectivamente. O parâmetro luminosidade foi significativamente ($P < 0,01$) correlacionado com o pH ($r = -0,71$), força de gel ($r = -0,84$) e com a perda de peso por cozimento ($r = 0,87$), enquanto os outros dois parâmetros de cor a* e b* não apresentaram correlações. NORTHCUTT et al. (1994a) também descreveram diferença significativa entre peitos pálidos e normais para a medida de valor L* que foi significativamente mais elevado em peitos PSE. Porém não houve diferença entre os valores médios para teores de vermelho e amarelo.

SILVEIRA (1997) estudando técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína, quando avaliou o efeito da insensibilização elétrica e por CO₂ às 24h *post mortem* encontrou para cor nos músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus* variações de 46,38 a 54,84 para a luminosidade, de 5,42 a 8,57 para o teor de vermelho e 6,65 a 14,75 para o teor de amarelo. O autor cita que diversas classificações são apresentadas para definir as carnes do tipo PSE em função da luminosidade. Entre estas, POMMIER & HOUGE (1992) consideraram para o *longissimus dorsi* valores acima ou igual a 53,5 como carne PSE. Para o músculo *semimembranosus*, GARRIDO et al. (1995) propuseram que valores de L* variando de 45,32 a 46,62 correspondem as características DFD e ligeiramente DFD, enquanto valores superiores a 49,12 definem carnes PSE. De uma forma geral, é verificado que carnes com a anomalia PSE apresentam valores elevados para a luminosidade. Em perus, BARBUT (1997) sugeriu a medida de valor L* como uma forma de identificar na linha de abate peitos de perus PSE, valores maiores ou igual a 52 correspondendo a esse tipo de carne.

Segundo JUDGE et al. (1989) carnes de suínos em condições PSE sofrem alterações na dispersão da luz e a coloração pálida se deve a maior proporção de água livre localizada entre as células musculares, mais do que dentro das mesmas, como ocorre em condições normais. Quando grande quantidade de água nos tecidos está fora das células, a superfície para refletir luz torna-se maior e a capacidade em absorvê-la, menor. Ainda em relação a suínos, LAWRIE (1991) cita que em casos de anomalias onde a característica PSE é moderada, pode aparecer no mesmo músculo dois tons ou seja, duas colorações diferentes caracterizadas pelo aparecimento de áreas pálidas e escuras na superfície de corte do músculo.

A cor das carnes, que representa o índice de frescor e qualidade mais óbvio para o consumidor, é determinada pela proporção relativa das três formas da mioglobina (heme pigmentos); mioglobina reduzida (Mb) com coloração vermelho púrpura; mioglobina oxigenada ou oximioglobina (O₂ Mb) com coloração vermelho brilhante e mioglobina

oxidada ou metamioglobina (Met Mb) com coloração marrom. Embora a hemoglobina constitua de 12 a 30% do total dos pigmentos nos músculos, a maioria dos estudos consideram somente a mioglobina como índice de cor nas carnes frescas. Como ambas as proteínas têm propriedades espectrais similares, as medidas espectrais de cor em carnes, envolvendo a mioglobina, também registram a contribuição da hemoglobina (MARRIOT et al., 1967; GOVINDARAJAN, 1973; HOOD, 1980; SARANTÓPOLUS & PIZZINATTO, 1990; CONTRERAS, 1995).

No período decorrente do abate, outras alterações de cor podem ser provocadas pelas condições da estocagem sob refrigeração, temperatura, presença de luz, presença de oxigênio e material de embalagem. Estas condições afetam com mais intensidade as carnes bovinas pelo seu alto conteúdo em mioglobina e pela instabilidade nos padrões de cor, entretanto em frangos o baixo conteúdo em mioglobina torna a cor da carne mais estável (UIJTENBOOGAART & REIMERT, 1994).

As variações na cor da carne fresca geralmente estão associadas a diferenças na quantidade de mioglobina, morfologia e pH do músculo. Como esta é uma propriedade superficial pode ser avaliada subjetivamente por pontuações conforme padrões de cor. No trabalho THE EFFECT ... (1995) foi avaliado o efeito de dietas com elevadas quantidades de vitamina E sobre a incidência de carnes PSE em peito de perus, utilizando um padrão de cor que variou de 1 a 4, que correspondeu a carnes pálidas e escura, respectivamente.

9.3. Textura (maciez)

A textura, para os vários tipos de carne, é o critério de qualidade mais importante. Embora seja ampla a faixa de aceitação de maciez pelos consumidores, é certo que há vantagens para a carne mais macia quando os outros fatores são constantes. Os demais fatores que contribuem para as características organolépticas da carne incluem basicamente suculência e sabor (BRATZLER, 1976; LAWRIE, 1991).

Atualmente, o problema mais importante e comumente detectado em carne de peito de frango é variação na maciez. A maioria dos autores que investigaram o defeito acreditam que este seja decorrência de alterações na estrutura miofibrilar, ocasionados por altas velocidades na instalação do *rigor mortis* em aves submetidas a condições de estresse pré-abate (PAPA & FLETCHER, 1988a).

Vários trabalhos tentaram relacionar o grau de maciez com a velocidade de instalação do *rigor mortis* e a acidificação da carne, porém nem sempre os resultados são positivos. Segundo DeFREMERY & POOL (1962) e KHAN (1971) uma rápida queda no

teor de glicogênio, normalmente acompanhado por queda acentuada de pH e rápido início do *rigor mortis*, desencadeia na carne menor capacidade de retenção de água e perda na maciez. De acordo com este raciocínio, WAKEFIELD et al. (1989) inferiram que quanto mais alto o pH logo após o atordoamento maior a maciez da carne. Entretanto, CONTRERAS & BERAQUET (1995) encontraram carnes de peito mais macias, quando as aves sofreram estimulação elétrica e houve rápida instalação do *rigor mortis*.

Na literatura, há discordância em relação a valores limite de força de cisalhamento para considerar carne de peito de frango como macia. LYON et al. (1985) utilizaram como referência 7,5kgf/g, enquanto SIMPSON & GOODWIN (1974) usaram o valor de 8kgf/g como limite, acima do qual a carne seria considerada dura. Por outro lado CONTRERAS (1995) reportou que, em músculos de peito desossados convencionalmente, os valores de força de cisalhamento encontram-se na faixa de 5,5 a 5,8kgf/g

A descrição incompleta do ponto de onde foram coletadas as amostras no músculo de peito para a realização da medida de força de cisalhamento dificulta a comparação dos resultados de textura entre os diversos trabalhos de pesquisa. A força de cisalhamento pode variar em função das diferentes posições que originaram as amostras e as condições de cozimento aplicadas as mesmas (CONTRERAS, 1995).

A textura da carne pode ser avaliada por métodos subjetivos utilizando julgadores e métodos objetivos onde são usados equipamentos que medem a força necessária para cisalhar as amostras, entretanto nem sempre é boa a correlação entre os resultados obtidos pelos dois métodos.

10. Características bioquímicas da carne

Nos músculos após o abate desenvolvem-se três fases conhecidas por "pré rigor", *rigor mortis* e *post rigor*, os quais diferenciam-se bioquimicamente em relação a quantidade de energia disponível no músculo na forma de glicogênio, compostos de fosfocreatina e ATP ou dos produtos resultantes da utilização da energia como o ácido láctico, nucleotídeos adenosina e inosina. As formas para estimar o desenvolvimento do *rigor mortis* estão relacionadas de forma direta ou indireta com a glicólise anaeróbica que é o conjunto de reações bioquímicas que utilizam glicose proveniente das reservas de glicogênio e produzem ácido láctico. Geralmente, as medidas empregadas para este fim são os teores de glicogênio, pH e valor R (BOUTON et al., 1973; SMITH et al., 1992).

10.1. Glicogênio

O glicogênio, polímero natural, encontrado principalmente em músculos e fígados dos mamíferos é descrito como uma molécula altamente ramificada, contendo várias cadeias de 12 a 18 resíduos de D-glicose, com importante papel na reserva energética do corpo (MANNERS, 1957). Em vida, a massa muscular de bovinos armazena cerca de dois terços do glicogênio total do corpo, o que corresponde a 1,57% do peso vivo (BEMILLER, 1965).

Os métodos atuais para a quantificação do glicogênio subestimam o valor real disponível nos músculos, uma vez que, nos tecidos celulares, o glicogênio está ligado às proteínas através de duas formas de ligação, uma insolúvel ("desmoglycogen") que está presa a proteína por valências residuais e a forma livre ("lyoglycogen") que pode ser extraída e determinada (MANNERS, 1957; BEMILLER, 1965).

As determinações do peso molecular deste polímero apresentam grandes variações que dependem do músculo ou órgão de onde foram coletadas as amostras, espécie animal utilizada e sistema de alimentação empregado durante a vida do animal. Assim, normalmente estes valores são fornecidos em ordem de magnitude, em valores absolutos. A maioria das amostras tem mostrado médias de peso molecular entre 1 a 10×10^6 e são do tipo polimolecular, entretanto outras formas polidispersas foram também determinadas e apresentaram médias duas a três vezes maiores ou menores do que a polimolecular. Exemplo disso é o glicogênio encontrado no fígado humano com formas de glicogênio com peso molecular de 9×10^6 e 2×10^6 (MANNERS, 1957).

O glicogênio se encontra distribuído em todos os tecidos, mas é importante considerá-lo no fígado e no músculo estriado, onde o seu metabolismo assume maior significado na transformação do músculo em carne, apresentando grande importância no estudo das alterações *post mortem*, tendo em vista que sua concentração a nível muscular no momentos do abate definirá de maneira significativa a formação de ácido láctico e a conseqüente queda do pH. SHRIMPTON & MILLER (1960) estudando intervalos de 0 e 24h de tempo de jejum encontrou 1min *post mortem* em aves alimentadas, índices de glicogênio que variaram de 6,3 a 4,5mg/g, enquanto em aves submetidas a jejum, as variações foram de 1,8 a 1,7mg/g. WARRISS et al. (1993), avaliando em frangos tempos de transporte de 0, 2, 4 e 6h, encontrou aos 10min *post mortem*, no *pectoralis superficialis* teores de glicogênio médias que variaram de 10,7 a 12,6mg/g.

MELLOR et al. (1958) examinaram a função do glicogênio, do pH e da textura do músculo. Aves classificadas com alta concentração de glicogênio apresentaram médias finais de pH 5,9 a 4,1, enquanto aves classificadas com média concentração de glicogênio mostraram valores de pH entre 6,2 a 5,6. Em músculos com taxas elevadas de glicogênio foram encontradas amostras com maior maciez.

10.2. Valor R

Os compostos de alta energia nas células musculares, quando o animal está vivo é a creatina fosfato, trifosfato de adenosina (ATP) e difosfato de adenosina (ADP), hexoses fosfatadas e glicogênio. Após a morte do animal, estes compostos são utilizados no metabolismo celular. Nos primeiros momentos *post mortem* as taxas de adenina são mantidas. Entretanto, conforme as reservas são esgotadas o ATP é desfosforilado a ADP e a monofosfato de adenosina (AMP). A seguir, o AMP é desaminado e passa a monofosfato de inosina (IMP) que é enzimaticamente transformado a inosina e finalmente em hipoxantina (HONIKEL & FISCHER, 1977). A mudança na concentração destes compostos foi descrita como um método para determinar o estágio do *rigor mortis* (DAVIDEK & KHAN 1967; KHAN & FREY, 1971; HONIKEL & FISCHER, 1977; HONIKEL et al., 1981; CALKINS et al. 1982).

Os nucleotídeos uma vez extraídos e diluídos em tampão fosfato 1M, pH 7,0, podem ser facilmente identificados em espectrofotômetro. Os compostos ATP, ADP e AMP apresentam absorvância máxima a 259-260nm, enquanto que nos nucleotídeos monofosfato de inosina, inosina e hipoxantina a absorvância máxima é na faixa de 248 a 250nm (HONIKEL & FISCHER, 1977). Esse autor descreveu que a razão entre as absorvância de 250nm e 260nm, denominado valor R, quando abaixo de 1,05, a quantidade de ATP é predominante na amostra e acima de 1,05 a quantidade de IMP no meio é mais elevada. Mais tarde HONIKEL et al. (1981) reportaram que o valor R igual a 1,10 coincidiu com quantidades de ATP de 1,0 μ mol/g de amostra, pH igual a 5,9 e a perda da extensibilidade das fibras musculares de bovinos, concluindo com isso que o valor R de 1,1 poderia ser um critério indicativo do início da instalação do *rigor mortis*.

Confirmando a descrição de HONIKEL et al. (1981) para o valor R que determina o início do *rigor mortis*, SAMS & MILLS (1993) trabalhando com aves submetidas a tempos de jejum de 0, 5 e 10h encontraram, logo após a sangria, variações para o valor R de 0,97 a 1,02 em amostras com pH de 6,21 a 6,33. Isto indicou que músculos peitorais com valores R inferior ou igual a 1,0 estão em pré-*rigor*. Uma hora após o abate, estes autores observaram valores R médios de 1,09 a 1,12 em amostras com pH de 5,93 a 6,0. Neste

intervalo de valor R houve indicação de início do *rigor mortis*. No período de 1h *post mortem*, quando as carcaças foram estimuladas eletricamente e submetidas a temperaturas elevadas, o pH variou de 5,78 a 5,86 e o valor R, de 1,36 a 1,40, indicando estágio adiantado de *rigor mortis*.

10.3. Valor de pH

No animal vivo, os valores de pH no plasma sanguíneo se encontram próximo a 7,4 e são mantidos por dois mecanismos reguladores de pH; o sistema tampão fosfato importante no fluido intracelular, que tende a resistir às alterações de pH no intervalo entre 6,1 e 7,4 e o sistema tampão bicarbonato fisiologicamente efetivo em valores próximos a 7,4 que dependem das concentrações de bicarbonato e pressão parcial de gás carbônico (LEHNINGER et al., 1995).

Em condições normais, após o sacrifício do animal, o sistema tampão bicarbonato perde sua eficiência uma vez que é baseado em trocas do meio sanguíneo, entretanto o sistema tampão fosfato tende a resistir as alterações de pH entre 6,1 e 7,4. A importância, para o organismo, em manter o relativo equilíbrio ácido básico significa manter os complexos enzimáticos atuantes por um maior tempo (LEHNINGER et al., 1995).

Em ausência de oxigênio, a queda inicial do pH é devido inicialmente a liberação de íons H^+ resultantes da hidrólise enzimática do ATP, quando em pH 7,0 partes destes íons são novamente ligados durante a fosforilação de ADP a ATP. Depois, a maioria dos íons formados (em torno de 90%) são resultados da degradação de glicogênio e glicose 6-fosfato a lactato. A cada lactato formado há a liberação de um íon hidrogênio (HONIKEL & HAMM, 1974). Em relação a valor de pH final em peito de frango, os autores divergem. JONES & GREY (1989) descreveram variações médias de pH entre 5,6 a 5,8, SAMS & MILLS (1993) reportaram resultados entre 5,78 a 5,86 e MELLOR et al. (1958) observaram valores médios mais elevados entre 5,9 a 6,2.

11. Referências bibliográficas

- ABRAM, J.; GOODWIN, T. L. Factors affecting chicken bleed out - a review. *World's Poultry Science Journal*. Rome, v.33, n.2, p.69-75. 1977.
- AIRES, J. C. Microbial implications in handling, slaughtering, and dressing meat animals. *Advances in Food Research*. London, v.6, n.2, p.101-7. 1955.

- ANDERSEN, B. C. Some practical problems regarding the choice of chilling method for poultry. *In: The quality of poultry meat. In: SECOND EUROPEAN SIMPOSIUM ON POULTRY MEAT QUALITY.* May 12-15 Dosterbeek, the Netherlands. *Proceedings...* Dosterbeek., p.1-10. 1975.
- ARAFA, A. S.; CHEN, T. C. Liquid nitrogen exposure as an alternative means of chilling poultry. *Journal of food science.* Chicago, v.13, n.3, p.1036-7. 1978.
- ARBOIX, J. A. Influencia de la calidad de la carne en los productos elaborados. *In: Sesiones técnicas sobre canales porcinas.* Monells, IRTA. 13p. 1986.
- ASGHAR, A. PEARSON, A. M. Influence of *ante* and *postmortem* treatments upon muscle composition and meat quality. C.O CHICHESTER, E. M. MRAK, G. F. STEWART (ed) Academic Press. Inc. *Advances in Food Research.* London, v. 26, n.1, p.53-213, 1980.
- BAHR, J. M. O estresse calórico nas aves. Efeitos sobre o mecanismo hormonal no processo reprodutivo. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL.* 27 a 30 de junho de 1995, Campinas. Brasil. *Proceedings...* Campinas. 1995, p.33-6.
- BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International.* Chicago, v. 26, n.1, p.39-43. 1993.
- BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science.* Ottawa, v.76, n.3, p.455-7. 1996.
- BARBUT, S. Measuring PSE in turkey meat. *Meat International.* Netherlands, v.4, n.3, p.28-30. 1994.
- BARBUT, S. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Science.* Langford, v.38, n.1, p.74-7. 1997.
- BEHNKE, J. R.; FENEMA, O. Quality changes in prerigor poultry at -3°C. *Journal of Food Science.* Chicago, v. 38, n.2, p.275-78. 1973.
- BEMILLER, J. N. Glycogen. *In: Methods in carbohydrate chemistry.* Roy L. Whistler (ed.) Academic Press. New York, v.5, n.2, p.138-42. 1965.

- BENIBO, B. E.; FARR, A. J. The effects of feed and water withdrawal and holding shed treatments on broiler yield parameters. **Poultry Science**. Champaign, v.64, n.5, p.920-24. 1985.
- BERAQUET, N. J. Abate e evisceração, *In: Abate e processamento de frangos*. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas (ed.). Campinas, São Paulo. 1994. 150p.
- BERAQUET, N. J. Operações e controles em abatedouros de aves. **Revista Nacional da Carne**. São Paulo, n.162, p.19-24. 1990.
- BILGILI, S. F., EGBERT, W. R., HOFFMAN, D. L. Research note: Effect of postmortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *pectoralis major*. **Poultry Science**. Champaign, v.68, n.11, p.1588-91. 1989.
- BLANCHARD, P. J.; MANTLE, D. Comparison of proteolytic enzyme levels in chicken, pig, lamb and rabbit muscle at point of slaughter: role in meat tenderisation post mortem. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Wageningen, v.71, n.1, p.83-91. 1996.
- BOUTON, P. E.; CARROLL, F. D.; FISCHER, A. L.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R. Effects of altering ultimate pH on bovine muscle tenderness. **Journal Food Science**. Chicago, v.38, n.5, p.816-20, 1973.
- BRATZLER, L. J. Características organoléptica de la carne. J. F. PRICE and B. S. SCHWEIGERT (eds). **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Traduzido por Marcos Barrado. Zaragoza: ACRIBIA, S. A. 1976. 668p.
- CALKINS, C. R. ; DUTSON, T. R.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z. L. Concentration of creatine phosphate, adenine nucleotides and their derivates in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. **Journal Food Science**. Chicago, v.47, n.47, p.1350-53. 1982.
- CANTRELL, D. F.; HALE, K. K, JR. Influence of chilling methods and aging time on yield and tenderness of fowl. **Poultry Science**. Champaign, v.53, n.5, p.1725-27. 1974
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas Alimentarias: Bioquímica - propriedades funcionales: Modificações químicas**. 346p. Traduzido por Francisco

- López Capont. Zaragoza: ACRIBIA, S. A. 1989. Tradução de Protéines alimentaires. Biochimie-Propriétés fonctionnelles- Valeur nutritionnelle - Modifications chimiques.
- CHILDERS, A. B. New advances in human slaughter of meat animals. **Journal of Food Protection**. Ames, v.50, n.8, p.709-10. 1987.
- CONFORTH, D.P.; PEARSON, M. A.;MERKEL, R.A. Relationship of mitochondria and sarcoplasmatic reticulum to cold shortening. **Meat Science**. Essex, v.4, n.2, p.103-6. 1980
- CONTRERAS, C. J. C. Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango "Pectoralis major". Campinas, 1995. 150p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- CONTRERAS, C. J. C.; BERAQUET, N. J. Effect of deboning and electrical stimulation on post mortem biochemical changes in chicken breast. P. major. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 41th* The Hague, Netherlands. *Proceedings ...* The Hague, 1995. v.4, S-IVB. 46.41.
- CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S. The effect of transportation distance of preslaughter lairage time on the pigmeat quality. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 37th*. Kulmbach. *Proceedings...*, Kulmbach, 1991, v. 1, p. 224-8.
- DAVEY, C. L.; KUTTEL, H; GILBERT, K. V. Shortening as a factor in meat ageing. **Journal of Food Technology**. Mysore, v.2, n.1, p.53-6. 1967.
- DAVIDEK, J.; KHAN, A. W. Stimulation of inosinic acid in chicken muscle and its formation and degradation during post mortem again. **Journal of Food Science**. Chicago, v.32, n.2, p.155-57. 1967.
- DAWSON, L. E.; DAVIDSON, J. A.; FRANG, M.; WALTERS, S. The effects of time interval between slaughter and freezing on toughness of broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.35, p.1140. 1956.
- DAWSON, P. L.; JANKY, D. M.; DUKES, M. G.; THOMPSON, L. D.; WOODWARD, S. A. Tenderness of hot-boned broiler breast fillets chilled in either water or brine using two different chilling regimens. **Poultry Science**. Champaign, v.67, n.11, p.1545-8. 1988.

- 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**, vol. 66, n.8, p.1331-3. 1987.
- DeFREMERY, D.; POOL, M. Biochemistry of chicken muscle as related to rigor mortis and tenderization. **Food Research**. Chicago, v.25, n.1, p.73-7, 1960.
- DeFREMERY, D.; POOL, M. The influence of post-mortem glycolysis on poultry tenderness. **Food Research**. Chicago, v.28, n.2, p.173-6. 1962.
- DICKENS, J. A.; LYON, C. E. Effect of two stunning voltages on blood loss and objective texture of meat deboned at various post-mortem times. **Poultry Science**. Champaign, v.72, n.3, p.589-93. 1993.
- DIESTRE, A. Estudios de la investigación aplicados a la carne de la canal de cerdos. In: **Jornada Técnica Incoporc-5; Salones de la Feria de Lérida**, 30 de mayo al 2 de junho, p.110-20. 1986.
- DODGE, J. W.; STADELMAN, W. J. Post mortem again of poultry meat and its effect on the tenderness of breast muscle. **Food Technology**. Chicago, v.13, n.2, p.81-4. 1959.
- DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**. Essex, v.36, n.2, p.105-21, 1994.
- DUKE, G. E.; BASHA, M.; NOLL, S. Optimum duration of feed and water removal prior to processing in order to reduce the potential for fecal contamination in turkeys. **Poultry Science**. Champaign, v.53, n.7, p.516-22. 1997.
- DUNN, A. A.; KILPATRICK, D. J.; GAULT, N. F. S. Contribution of rigor shortening and cold shortening to variability in the texture of *pectoralis major* muscle from commercially-processed broilers. **British Poultry Science**. Langford, v 36, n.3, p.401-13, 1995.
- DUNN, A. A.; KILPATRICKS, D. J.; GAULT, N. F. S. Effect of post mortem temperature on chicken *pectoralis major* muscle shortening and cooked meat tenderness. **British Poultry Science**. Langford, v.34, n.4, p.689-97. 1993.
- DUTSON, T. Relationship of pH and temperature to disruption of specific muscle proteins and activity of lysosomal proteases. **Journal of Food Biochemistry**. West Port, v.7, n.4, p.223-45, 1983.

- EHINGER, F.; GSCHWINDT, B. The effect of transport on poultry. II. The influence of transport time on the physiological characteristics of male and female broilers. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.59, n.3, p.401-4. 1979.
- ENGLER, S. V.; COBB, G. **Method of producing fresh meat in which substantial moisture loss during production is reduced**. United States Patent. US 4 940 599 (US4940599). Engler, Scarborough, Ont., Canada. 1990.
- ERDŐSZ, S. H.; ERDŐSZ, S.; JANKÓNE, F. J. Functional properties of poultry meat, possibilities for measuring water-binding capacity. *In: QUALITY OF POULTRY PRODUCTS. I. POULTRY MEAT*. UIJTENDBOOGAART, T. G. & VEERKAMP, C. (eds.) Spelderholt Jubilee Symposia Doorwerth. 1991.
- ETHERINGTON, D.J. Condition of meat - factors influencing protease activity. **Journal Animal Science**. Chicago, v.59, n.6, p.1644-70. 1984.
- ETHERINGTON, D.J.; MARK, A.J. T.; DRANSFIELD, E. Condition of meat from different species . Relationship between tenderising and the levels of cathepsin B, cathepsin L, calpain I, calpain II and beta-glucuronidase. **Meat Science**. Essex, v.20, n.1, p.1-18. 1987.
- FALASCHINI, A. F.; TROMBETTA, M. F.; VOLPELLI, L. A. Valutazione del rapporto tra stress-sensibilità e qualità della carne in suini figli di verri diversi. **Revista di Suinicoltura**. Bologna, n.7, p.53-7. 1990.
- FELÍCIO, P. E. de. Tipificação de carcaça e anomalias da qualidade de carne suína, *In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS.*, 21 a 24 de outubro de Águas de Lindóia. São Paulo. 1991. Anais... Águas de Lindóia. 1991. p.18-21.
- FENNEMA, O. R. Comparative water holding properties of various muscle food. **Journal of Muscle Foods**. Trumbull, n.1, p.363-81. 1990.
- FISCHER, K. Transport of slaughter animals. Effects, weaknesses, measures. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.76, n.5, p. 521-6. 1996.
- FLAMING, A. K. Physical aspects of meat cooling. *In Weight losses in foodstuffs during chilling, freezing, storage and transport*. **Bulletin of the International Institute of Refrigeration**. v.3, p.151-60. 1970.

- FLETCHER, D. L. Ante mortem factors related to meat quality. *In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT*, 10th, Doorwerth. 1991. *Proceedings...* Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services. 1991. p.11-9.
- FORREST, J. C., ABERLE, E. D., HEDRICK, H. B. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Traduzido por Bernabé Sanz Pérez. Zaragoza. ACRIBIA, S. A. (ed.) 1979. 364p. Tradução de: Principles of Meat Science.
- FRONING, G.W., BABJI, A.S., MATHER, F.B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on colour and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.57, n.3, p.630-3. 1978.
- GARRIDO, M.D. ; PEDUYÉ, J.; BANON, S.; LAECINA, J. Objective assessment of pork quality. **Meat Science**. Essex, v.37, n.3, p.411-420. 1994.
- GOVINDARAJAN, S. Fresh meat color, critical Review. **Food Technology**. Cleveland, v.4, n.1, p.117-40. 1973.
- GRANDIN, T. How to reduce bloodsplash. **Meat Ind.** N.31, p.48-50. 1985.
- GREASER, M. L. Conversion of muscle to meat. P. J. BECHTEL (ed.). **Muscle as Food**. London: Academic Press. 1986. 459p.
- GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J. Effect of cardiac arrest on susceptibility to carcass bruising in sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Wageningen, v.35, n.6, p.671-6. 1984.
- GÜRTLER, H., KETZ, H. A. KOLB, E. L. **Fisiologia Veterinária**. KOLB, E.L. (ed.) traduzido por Waldir Gandolfi. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 1984. 612p. Tradução de Lehrbuchder Physiologie der Haustiere.
- HAMDY, S.; KOSBA, M. A.; KHALIL, A. Z.; ABO EGLA, E. Carcass quality of chickens as affected by environmental temperature and diet. **Alexandria Journal of Agricultural Research**. Alexandria, v.28, n.3, p.39-48. 1980.
- HAMM, R. Postmortem changes in muscle with rigor to processing of hot-boned beef. **Food Techonology**. Cleveland, v.36, n.11, p.105-15. 1982.

- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**. Cleveland, v.10, n. 2, p.355-443. 1960.
- HAMM, R.; HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.; HAMID, A. Modificaciones en la carne vacuna luego de la faena y sus consecuencias sobre la capacidad de retención de agua. **Fleischwirtschaft, Español**. Frankfurt, n1, p.42-8. 1983.
- HARRIS, C. E.; CARTER, T. A. Broiler blood losses with manual and mechanical killers. **Poultry Science**. Champaign, v.56, n.6, p.1827-31. 1977.
- HAZENBROEK, J. E. **Method and apparatus for transferring a bird from one conveyor system to another**. United States Patent. US 5 344 360 (US5344360). Hazenbroek, Numansdrop, Netherlands. 1994.
- HILLEBRAND, S. J. W., VAN DER LEUN, M., SMULDERS, F. J. M., KOOLMEES, P. A. Glycolytic rate and sensory quality of turkey *pectoralis superficialis* -Physical-chemical and morphological muscle characteristics. **In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 10th**, Doorwerth, 1991. *Proceedings...* Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services, p.45-53. 1991.
- HONIKEL, K. O ; FISCHER, C. A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal Food Science**. Chicago, v.42, n.6, p.1663-76. 1977.
- HONIKEL, K. O.; FISCHER, C.; HAMM, R. Influencia de la temperatura de almacenamiento de los músculos vacunos recién faenados sobre la capacidad de retención de productos cárnicos. **Fleischwirtschaft, Español**. Frankfurt, n.2, p.43-50. 1983.
- HONIKEL, K. O; HAMM, R. La influencia del refrigerado sobre las calidades de la carne vacuna recién faenada. **Fleischwirts, Español**. Frankfurt, n.2, p.16-22. 1980.
- HONIKEL, K.O. & HAMM, R. Enfriado, congelado y descongelado. Aspectos coloidoquímicos de la calidad de la carne. **Fleischwirtschaft, Español**. Frankfurt, n.1, p.46-53. 1985.
- HONIKEL, K.O. & HAMM, R. Ueber die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im fleisch nach den schlachten. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, n.54, p.557-60. 1974.

- HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.; HAMID, A. HAMM, R. Influence of post mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**. Chicago, v.46, n.1, p.1-7. 1981.
- HOOD, D. Z. Factors affeting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. **Meat Science**. Essex, v.5, n.4, p.247-65. 1980.
- IVASHOV, V. I.; TATULOV, YU. V.; NEMCHINOVA, I. P. Influence of different conditions of transportation and pre-slaughter handling on quality indices of pork. *In*: **INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40th**, The Hague. 1994, *Proceedings...* The Hague, 1994. v.9, p.W-2.04.
- JANKY, D. M.; ARAFA, A. S.; OBLINGER, J. L.; KOBURGER, J. A.; FLETCHER, D. L. Sensory, physical, and microbiological comparison of brine chilled, water chilled, and hot packaged (no chill) broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.57, n.2, p.417-21. 1978.
- JANSEN, A. J.; DOORNBOS, G. J. **Cooling equipment and method for cooling of slaughtered animals**. Netherlands Patent Application. NL 93 01 871 A. (NL9301871A). Stork Bronswerk, Amersfoort, Netherlands. 1995.
- JENSEN, F. The influence of transportation on broilers. **Poultry International**. Chicago, v.17, n.3, p.12/14/16. 1978.
- JENSEN, O. Influence of transport-time on yield of broilers. *In*: **POULTRY MEAT SYMPOSIUM QUALITY OF POULTRY MEAT**. Copenhagen, 1981. *Proceedings...* Copenhagen. 1981. p.38-43.
- JONES, J. M.; GREY, T. C. Influence of processing on product quality and yield. *In*: **Processing of Poultry**. G.C. MEAD, (ed.), p. 127-30. 1989.
- JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C. HEDRICK, H. B. MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. DUBUQUE, H. (ed). 1989. 351p.
- KHAN, A. W. Effect of temperature during post mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on poultry meat tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v.36, n.1, p.120-1. 1971.

- KHAN, A. W. ; FREY, A. R. A simple method for following rigor mortis development in beef and poultry meat. **Canadian Institute of Food Technology Journal**. Quebec, v.4, n.4, p.139-42. 1971.
- KHAN, A. W.; NAKAMURA, R. Effects of pre-and post mortem glycolysis on poultry tenderness. **Journal Food Science**. Chicago, v.35, n.3, p.266-7. 1970.
- KIJOWSKI, J. C., NIEWIAROWICZ, A., KUJAWSKA-BIERNAT, B. Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. **Journal Food Technology**. Mysore, v.17, p.553-60. 1982.
- KLOSE, A. A.; HANSON, H. L.; POOL, M. F.; LINEWEAVER, H. Toughness in frozen birds aged for various times. **Poultry Science**. Champaign, v.34, p.1205-6. 1955.
- KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature, and inhibitor on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain. **Journal of Animal Science**. Chicago; v.70, p.3071-80. 1992.
- KOTULA, A. W.; HELBACKA, N. V. Blood retained by chicken carcasses and cut-up parts as influenced by slaughter method. **Poultry Science**. Champaign, v.45, p.404-10, 1966b.
- KOTULA, A. W.; HELBACKA, N. V. Blood volume of live chickens and influence of slaughter technique on blood loss. **Poultry Science**. Champaign, v.45, p.684-8, 1966a.
- LANDES, D. R.; DAWSON, L. E. PRICE, J. F. Protein extractability of turkey breast muscle exhibiting different rates of post mortem glycolysis. **Journal Food Science**. Chicago, v.36, n.1, p.122-5. 1971.
- LAWRIE, R. A. Meat Science. 5th. Pergamon Press (ed). New York, NY. 1991.
- LEE, Y. B.; HARGUS, G. L.; HAGBERG, E. Effect of antemortem environmental temperatures on posmortem glycolysis and tenderness in excised broiler breast muscle. **Journal of Food Science**. Chicago, v.41, n.4, p.1466-9. 1976.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principios de bioquímica** (ed). Savier. Traduzido por W. R. Lodi e A. A. Simões. São Paulo. Brasil. 1995. 839p. Tradução de Principles of biochemistry.

- LOCKER, R.H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Wageningen, v.14, n.11, p.787-93. 1963.
- LYON, C. E.; HAMM, D. E.; THOMSON, J. E. pH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. **Poultry Science**. Champaign, v.64, n.2, p.307-10. 1985.
- MacFARLANE, J. J., HARRIS, P. V., SHORTHORSE, W. R. Manipulation of meat quality, particularly tenderness, by the processor. **Australian Society of Animal Production**. Chicago, v.10, p. 219-26. 1986.
- MANNERS, D. J. The molecular structure of glycogens. MELVILLE WOLFROM (ed.) *In: Advances in carbohydrate chemistry*. Academic Press. New York, v.12, p. 261-6. 1957.
- MARIBO, H. Is it possible to alter ultimate pH by different treatments of pigs prior to slaughter. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40TH*, The Hague. 1994, *Proceedings...* The Hague. 1994. v.9, W-2.03.
- MARION, J. E.; HARMS, R. H.; ARAFA, A. S. Effect of dicumarol and vitamin K source on blood loss and processed yields of broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.64, n.7, p.1306-9. 1985.
- MARPLE, D. N.; CASSENS, R. G. A mechanism for stress susceptibility in swine. **Journal Animal Science**. Chicago, v.37, p.546-56. 1973.
- MARRIOT, N. G; NAUMANN, H. D., STRINGER, W.C; HEDRICK, H.B. Color stability of prepackged fresh beef as influenced by pre-display environments **Food technology**. Cleveland, v.21, n.2, p.104-10. 1967.
- MARSH, B. B.; LEET, N. G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v.31, n.3, p.450-9. 1966.
- MCCARTHY, P. A.; BROWN, W.; HAMDY, M. K. Microbiological studies of bruised tissues. **Journal Food Science**. Chicago, v.28, n.3, p.245-53. 1963.

- McEWEN, S. A.; BARBUT, S. Survey of turkey downgrading at slaughter: carcasses defects and associations with transport, toenail trimming, and type of bird. **Poultry Science**. Champaign, v.71, n.7, p.1107-15. 1992.
- MELLOR, D. B.; STRINGER, P. A.; MOUNTNEY, G. J. The influence of glicogen on tenderness of broiler meat. **Poultry Science**. Champaign, v 37, p.1028-9. 1958.
- MIKAMI, M.; WHITING, A. H. TAYLOR, M. A. J.; MACIEWICZ, R. A.; ETHERINGTON, D. J. Degradation of myofibrils from rabbit, chicken and beef by cathepsin L and lysosomal lysates. **Meat Science**. Essex, v.21, n.3, p.81-87. 1987.
- MURRA, Y., ROSENBERG, M. M. Studies on blood sugar and glycogen levels in chickens. **Poultry Science**. Champaign, v.32, p.805-11. 1953.
- MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W. **Harper: Bioquímica**. Traduzido por Ezequiel Weisbich et al. ATHENEU EDITORA SÃO PAULO LTDA. 1994. Tradução de Harper's: Biochemistry.
- NEWBOL, R. P.; HARRIS, P. V. The effect of pré-rigor changes on meat tenderness. A review. **Journal de Food Science**. Chicago, v.37, n.3, p.337-40. 1972.
- NEWELL, G. W. ;SHAFFERNER, C. S. Blood loss by chickens during killing. **Poultry Science**. Champaign, v.29, p.271-275. 1950.
- NGOKA, D. A; FRONING, G. W.; LOWRY, S. R.; BABJI, A. S. Effect of sex, age, preslaughther factors, and holding condition of turkey breast muscles. **Poultry Science**. Champaign, v.61, n.10, p.1996-2003. 1982b.
- NGOKA, D. A; FRONING, G. W; LOWRY, S. R.; BADJI, A. S. Effects of sex, age, preslaughter factors and holding conditions on the quality charcteristic and chemical composition of turkey breast muscle. **Poultry Science**. Champaign, v. 67, n.4, p.635-40. 1982a.
- NORTHCUTT, J. K. Influence of antemortem treatment on post mortem muscle properties of poultry meat. Dissertation Abstracts International. Abstract of thesis, B, 55 (2) 245-246 Order no. DA9417648, 175p. North Carolina State Univ, USA. 1994a.
- NORTHCUTT, J. K.; FOEGEDING, E. A. EDENS, F. W. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Science**. Champaign, v.73, n.2, p. 308-16. 1994b

- NURMAHMUD, L.; SAMS, A. R. Tenderizing spent fowl meat with calcium chloride. III. Biochemical characteristics of tenderized breast meat. **Poultry Science**. Champaign, v.76, n.3, p.543-47. 1997
- 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, n.20, p.53-8. 1984.
- PAPA, C. M.; FLETCHER, D. L. Pectoralys muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. **Poultry Science**. Champaign, v.67, n.4, p.635-40. 1988a.
- PAPA, C. M.; FLETCHER, D. L. Effect of wing restraint on postmortem muscle shortening and the textural quality of broiler breast meat. **Poultry Science**. Champaign, v.67, n.2, p.275-9. 1988b.
- PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. L. The influence of temperature on broiler breast muscle shortening and extensibility. **Poultry Science**. Champaign, v.75, p.797-802. 1996.
- PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. Effects of electrical stunning duration on postmortem rigor development and broiler breast meat tenderness. **Journal of Muscle Foods**. Trumbull, v.6, n.1, p.1-8. 1995.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: tecnologia da sua obtenção e transformação**. Goiânia: Centro Editorial e Gráfico Universidade de Goiás, v.1, 1993. 586p.
- PEDERSEN, R. Immersion chilled fresh chickens. Organoleptic characteristics, shelf-life and determination of water uptake. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.62, n.11, p.1374-79, 1982.
- PEM, V.; CEPIN, S.; ZGUR, S,. The influence of preslaughter treatment on meat properties in heifers. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40TH, 1994, The Hague. Proceedings...* The Hague. 1994. v. 9, W-2.05.
- PENNY, I. F. Enzimologia de la maturacion. *In: Avances de la ciencia de la carne*. ACRIBIA. S.A. (ed.) Zaragoza, Espanha, 1984, p.148-81. 1984.
- POMMIER, S. A. & HOUDE, A. Relationship between genotypes for malignant hyperthermia determined by the restriction endonuclease assay and pork meat quality. *In:*

- INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38th, Agosto de 1992, Clermont Ferrand-France. *Proceedings...* Clermont Ferrand, v. 2, p. 209-12. 1992.
- POOLE, G. H.; FLETCHER, D. L. A comparison of argon, carbon dioxide, and nitrogen in a broiler killing system. **Poultry Science**. Champaign, v.74, n.7, p.1218-23. 1995.
- PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHFER, T; SINELL, H. J. **Tecnología e higiene de la carne**, Traduzido de Jaime Esain Escobar et al. Zaragoza, ACRIBIA S. A. (ed.), 1994. 854p. Tradução de: Fleisch. Technologie und Hygiene der Gewinnung under Verarbeitung.
- READTS, J. A ambiência como fator de maior produtividade. **Avicultura industrial**. São paulo, maio, n.1021, p.118-22, 1995.
- RISTIC, M. After air spray cooling: water uptake and meat quality of broilers. **Fleischerei**. Frankfurt, v. 42, n.12, p.963-4. 1991.
- RISTIC, M. The relation between duration of fattening, retail grade and meat quality of broilers. **Fleischerei**. Frankfurt, v.30, n.9, p.696-8. 1979.
- RISTIC, M. Air spray cooling and its effect on the carcass quality of broilers. **Mitteilungsblatt der Bundesanstalt fuer Fleischforschung**. Kulmbach, v.31, n.116, p.156-64. 1992.
- RISTIC, M. Shelf life of poultry parts in dependence of time of preparation. *In: THERMAL PROCESSING AND QUALITY OF FOODS. EUROPEAN COOPERATION IN SCIENTIFIC & TECHNICAL RESEARCH THERMAL PROCESSING SYMPOSIUM*. Kulmbach, Germany *Proceedings...* Kulmbach, p.647-52. 1984.
- SALMON, R. E. Effect of food and water deprivation on live-weight shrinkage, eviscerated carcass yield and water absorption during chilling of turkey carcasses. **British Poultry Science**. Champaign, v.20, n.3, p.303-6. 1979.
- SAMS, A. R.; JANKY, D. M. Characterisation of rigor mortis development in four broiler muscles. **Poultry Science**. Champaign, v.70, n.4, p.1003-9, 1991.

- SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler *pectoralis* to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**. Champaign, v.72, n.9, p.1789-96. 1993.
- SANTE, V.; BIELICKI, G.; LACOURT, P.; MIRI, A.; GUIGNOT, F.; LACOURT, A.; RENOU, J. P. Rigor mortis onset in turkey muscle in comparison with muscle of other animal species. In: **MEAT SYMPOSIUM 5TH** Journees Recherche Viande, 11 et 12 octobre. Champanelle. France. *Proceedings...* Champanelle. 1990.
- SARANTOPOLUS, C. G. L. & PIZZINATTO, A. Fatores que afetam a cor das carnes. **Coletânea do Ital**. Campinas, v. 20, n.1, p.1-12. 1990.
- SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J.; HOEKSTRA, W. G.; BRAY, R. W. Effect of preslaughter change to a cold environment on characteristics of pork muscle. **Journal Animal Science**. Chicago, v.20, n.?, p.487-92. 1961.
- SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J.; HOEKSTRA, W. G.; BRAY, R. W. Alteration of post mortem change in porcine muscle by preslaughter heat treatments and diet modification. **Journal Food Science**. Chicago, v.28, n.3, p.292-7. 1963.
- SEEMANN, G. Beziehungen zwischen der pH wert Änderung nach dem schlachten und anderen fleischqualitätsparametern beim hähnchen. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v. 66, n.4, p. 604-6, 1986.
- SHRIMPTON, D. H.; MILLER, W. S. Some causes of toughness in broilers. II. Effects of breed, management and sex. **Poultry Science**. Champaign, v.1, p.111-16. 1960.
- SILVEIRA, E. T. F. Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína. ". Campinas, 1997. 260p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas 1997..
- SIMPSON, M. D.; GOODWIN, T. L. Comparison between shear values and test panel scores for predicting tenderness of broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.53, n.6, p.2042-6. 1974.
- SMITH, D. P.; FLETCHER, D. L.; PAPA, C. M. Post-mortem biochemistry of peckin duckling and broiler chicken *pectoralis* muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.71, n.10, p.1768-72. 1992.

- SMITH, M. C.; JUDGE, M. D.; STADELMAN, W. J. A "cold shortening" effect in avian muscle. **Journal of Food Science**. Chicago, v.34, n.1, p.42-46. 1969.
- SMOLINSKA, T.; ABDUL-HALIM, F. The effects of freezing systems and frozen storage on the quality of broiler tissue muscle. **Archiv fuer Gefluegelkunde**. Stuttgart, v.56, n.2 p.80-5, 20. 1992.
- SMOLINSKA, T.; KOPEC, W.; POPIEL, A. Effects of salt modified post mortem changes in chicken meat on sausages quality. *In: EUROPEAN WPSA SYMPOSIUM ON THE OF POULTRY MEAT, IXth*. 22-25 august, Ulmer, 1989. *Proceedings...* Hohenheim: Scholtyssek University Hohenheim. 1989. p.191-7.
- SOSNICKI, A. A.; GREASER, M. L. Alterations of protein functionality in PSE-like poultry muscles. *In: INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS IFT ANNUAL MEETING 1996: BOOK OF ABSTRACTS*. Franklin, p. 5 ISSN 1082-1236. 1996.
- SOURI, B. N. ; GOPALAKRISHNAN, C. A.; KHAN, M. M. H. B. ; RAJAN, N. T. Studies on dressing data and on relationship of live weight and dressed weight in Desi birds. **Indian Veterinary Journal**. Bangalore, v.49, n.9, p.920-7. 1972.
- STEPHAN, F.; FEHLHABER, K. Poultry meat production. Examining the hygiene of the air-spray cooling method. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.74, n.8, p.870-3. 1994.
- SWATLAND, H. J. Muscle growth in turkeys. **Misset World Poultry**. Doetinchem, v.9, n.12, p. 44-5. 1993.
- TAKAHASHI, K.; HATTORI, A.; KUROYANAGI, H. Relationship between the translocation of paratropomyosin and the restoration of rigor-shortened sarcomeres during post-mortem ageing of meat - a molecular mechanism of meat tenderization. **Meat Science**. Essex, v.40, n.3, p.413-423. 1995.
- THE EFFECT OF VITAMIN E ON TURKEY PERFORMANCE. **Misset World Poultry**. Doetinchem, v. 11, n.2, p.13-5. 1995. (ANON)
- TOMLINS, R. Cryogenic freezing and chilling of food. **Food Technology International Europe**. p.145-6, 148-9. 1995.

- TOPEL, D. G. Pork quality and stress adaptation in swine. *In: Meat Science Day*. Ames, *Proceedings...* Ames, 1972, p.2-17.
- TROUT, G. R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods - a review of methodology. *Meat Science*, Essex, v. 23, n.3, p. 235-52. 1988.
- UIJTENBOOGAART, T. G. & REIMERT, H. G. M. Effects of the method of chilling, electrical stimulation and boning time on quality characteristics of chicken broiler breast meat. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40TH* the Hague, Netherlands. *Proceedings...* The Hague, v. 4, n.S-IVB. 41. 1994.
- VEERAMUTHU, G.J. The influences of rigor mortis acceleration and fiber type on calpain and calpastatin activities and myofibrillar fragmentation in broiler chicken muscle. Abstract-of-thesis. Dissertation Abstracts International, B; 56 (2) 587 Order no. DA9520485, Univ. Texas A&M College Station, TX 77843-1122, USA. 1995.
- WABECK, C. Feed and water withdrawal time relationship to processing yield and potential fecal contamination of broilers. *Poultry Science*. Champaign, v.51, p.1119-21. 1972.
- WAKEFIELD, D. K; DRANSFIELD, E.; DOWN, N. F. & TAYLOR, A. A. Influence of post mortem treatment on turkey and chicken meat texture. *Journal Food Science Technology*. Mysore, v. 24, n.2, p.81-92. 1989.
- WALTERS, B. S. Blood and pink color defects in poultry muscle. Dissertation Abstracts International, B-54 (10) 4980-4981 Order no. DA9332703. Univ. of Wisconsin Madison. USA. 1994. 122p.
- WARRISS, P. D. Factors affecting the residual blood content of meat. *Meat Science*. Essex, v.2, n.2, p.155-9. 1978.
- WARRISS, P. D. The residual blood content of meat – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Wageningen, v.28, n.5, p.457-61. 1977.
- WARRISS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. *British Veterinary Journal*. Langford, v.149, n.4, p.391-8, 1993.

- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. Degradation of myofibrillar proteins by extractable lysosomal enzymes and m-calpain, and the effects of zinc chloride. **Journal of Animal Science**. Chicago, v. 69, n.11, p.4449-60. 1991.
- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos Taurus* and *Bos Indicus* cattle. **Journal of Animal Science**. Chicago, v. 68, n.12, p.2716-28. 1990.
- WILLIAMS, J. C.; VIMINI, R. J.; FIELD, R. A.; RILEY, M. L.; KUNSMAN, J. E. Influence of delayed bleeding on sensory characteristics of beef. **Meat Science**. Essex, v.9, n.3, p.181-90. 1983.
- WILSON, J. G.; BRUNSON, C. C. The effects of handling and slaughter method on the incidence of haemorrhagic thighs in broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.47, n.4, p.1315-18. 1968.
- WOOD, D. F., RICHARDS, J. F. Effect of pre-slaughter epinephrine injection on post-mortem aspects of chicken broiler *pectoralis* muscle. **Journal of Food Technology**. Mysore, v.54, n.6, p.520-7, 1975.

CAPÍTULO 2

Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria no abate de frango.

RESUMO

Afim de avaliar a eficiência da sangria em relação a fatores pré-abate, três ensaios foram conduzidos em abatedouro comercial. No **Ensaio 1** (20°C), as distâncias de transporte foram de 52, 116 e 160km. No **Ensaio 2**, (26,5°C) as distâncias foram de 33, 58, 115 e 130km. No **Ensaio 3** (33°C) as distâncias foram de 38 e 55km. Todas as aves foram retiradas de gaiolas da posição alta ou baixa e submetidas a tempos de descanso 0, 2 ou 4 horas.

Dos fatores estudados, a temperatura ambiental foi a que teve maior influência na eficiência da sangria. Em temperatura ambiental de 20°C, as aves apresentaram percentual de perda de sangue de 2,69% mais elevada ($p<0,001$), do que em temperaturas de 26,5 e 33°C com médias de 2,03 e 2,06%, respectivamente.

Em relação ao efeito das distância de transporte na eficiência da sangria os resultados foram influenciados pela temperatura ambiental. A 20°C, o transporte por distância longa (160km) resultou em maior eficiência na sangria, 3,35% de perda de sangue contra 2,35% para distância menor (52km). Em temperatura mais elevada (26,5°C), a maior distância (130km) resultou em menor eficiência na sangria (1,88%) contra 2,22% para menor distância (33km).

O efeito do tempo de descanso na perda de sangue durante a sangria foi influenciado pela distância de transporte e pela temperatura ambiente. Os dados sugerem que, o abate das aves sem descanso resulta em maiores perdas de sangue.

Palavras-chave: eficiência da sangria; frango; pré-abate.

ABSTRACT

To evaluate the bleeding efficiency in relation to pre-slaughter handling, three trials were conducted in a commercial poultry processing plant. In **Trial 1** (20°C), the transport distances were 52, 116 and 160km. In **Trial 2**, (26.5°C) the distances were 33, 58, 115 and

130km. In Trial 3 (33°C) the distances were 38 and 55km. All birds were removed from their cages from the high or low positions and submitted to resting periods of 0, 2 or 4 hours.

At an ambient temperature of 20°C, the birds showed an average blood loss of 2.69%, significantly higher ($p<0.001$) than those at temperatures of 26.5 and 33°C, with averages of 2.03 and 2.06%, respectively.

With respect to the effect of transport distance on the bleeding efficiency, the results were influenced by the environmental temperature. At 20°C, long distance transportation (160km) resulted in a significantly higher bleeding efficiency of 3.35% blood loss, against 2.35% for short transport distances (52km). A higher environmental temperature (26.5°C) and longer distance (130km), resulted in a significantly lower bleeding efficiency of 1.88% blood loss against 2.22% for the shorter distance (33km).

The resting period effects on blood loss were influenced by the environmental temperature and transportation distance. The data suggest that slaughtering birds on arrival at the slaughterhouse results in higher blood losses.

Key words: bleeding efficiency; chicken, pre-slaughter,

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de carcaças de frango com características de qualidade desejáveis depende do controle total das operações que envolvem o preparo dos animais para o abate, deslocamento da granja ao frigorífico, pré-abate eminente, métodos de abate e conservação. Considerando que algumas condições de ordem fisiológica, prática, regulamentar ou econômica não podem ser modificadas tais como susceptibilidade ao estresse, temperatura ambiental pré-abate, tempo de descanso e atordoamento elétrico faz-se necessário o conhecimento do efeito das mesmas para que medidas possam ser adotadas pela indústria, visando a ausência de riscos a saúde pública e a manutenção dos padrões de qualidade. A eficiência da sangria está envolvida com riscos a saúde pública, padrão de cor inerentes a carne de frango e benefícios ou prejuízos econômicos.

A baixa eficiência na sangria pode determinar alterações na coloração da pele variando de vermelho claro a escuro, vísceras com veias aparentes de aspecto ingurgitado e congestão de coração, fígado e baço. Nesses casos, a carcaça pode sofrer condenação total como cadáver ou condenação parcial de cortes e órgãos com quantidade excessiva de sangue (HARRIS & CARTER, 1977).

A quantidade de sangue presente nos tecidos musculares após o abate está associada a níveis de contaminação. AIRES (1955) descreveu que o sangue é o carreador dos microrganismos que entram no interior dos tecidos a partir da ferida de sangria ou das paredes intestinais que são regularmente atravessadas por bactérias. Confirmando a descrição de AIRES (1955), McCARTHY et al. (1963) estudando contaminações em amostras, coletadas imediatamente após o abate provenientes de músculos *pectoralis major* normais ou com manchas de sangue induzidas por traumatismo pré-abate observaram que 61 a 75% das amostras com manchas de sangue apresentaram contaminações com bactérias aeróbicas e anaeróbicas, enquanto em tecidos normais o percentual de contaminação foi de 41 a 50%.

Outro problema associado a sangria imprópria é a oxidação de gorduras na carcaça. WARRIS (1977) citou que maior quantidade de sangue remanescente na carcaça representa uma maior proporção de pigmentos heme, resultando em aceleração nas reações de rancidez oxidativa e redução na vida-de-prateleira.

A eficiência da sangria normalmente é expressa em percentual de perda de sangue, determinado pela diferença de peso das aves antes da pendura e após a sangria em relação ao peso vivo. As médias para a perda de sangue, encontradas na literatura variam de 2,05 a 5,48% (WILSON & BRUNSON, 1968; SOURJ et al., 1972; MARION et al., 1985; DICKENS & LYON, 1993; CONTRERAS, 1995; PAPINAHU & FLETCHER, 1995). Alterações nestes percentuais estão relacionados a fatores de estresse e temperaturas ambientais pré-abate (WARRIS, 1978; HAMDY et al., 1980; WALTERS, 1994), utilização de fármacos (MARION et al., 1985), métodos de atordoamento (WILSON & BRUNSON, 1968; POOLE & FLETCHER, (1995), variações nos métodos de atordoamento elétrico (CONTRERAS, 1995; PAPINAHU & FLETCHER, 1995) e intervalo de tempo entre o atordoamento e a sangria (WILLIAMS et al., 1983).

O comportamento da eficiência da sangria em função dos fatores pré-abate em aves foi pouco estudado. Avaliando o efeito da temperatura ambiental no *ante mortem*, dois artigos mencionaram que esta exerceu influência sobre a quantidade de sangue eliminado na sangria. Trabalhando com temperaturas de 24 e 38°C em frangos, HAMDY et al. (1980) descreveram maior perda de sangue em aves submetidas a temperaturas de 24°C, do que a 38°C. Por outro lado, WALTERS (1994) utilizando temperaturas de 4, 16, 27 ou 35°C por 8h antes do abate, encontrou elevada perda de sangue em frangos mantidos a 16°C. Esses dois autores não reportaram o percentual de perda de sangue e níveis de significância para os resultados.

WARRIS (1978) descreveu que o sangue residual na carcaça é determinado principalmente pelo grau de dilatação dos vasos sangüíneos no momento da sangria e que o estresse, nesse período, pode produzir a vasoconstrição periférica e vasodilatação das artérias no sistema muscular, resultando em redução na eficiência da sangria. Em contra partida, o mecanismo de termoregulação corporal também é responsável por diferentes graus de dilatação dos vasos sangüíneos, sugerindo a existência de uma relação estreita entre perda de sangue e temperatura ambiental. GÜRTLER et al. (1984) relataram que em condições de baixas temperaturas maior volume de sangue é mantido nos grandes vasos afim de reter calor corporal, o que pressupõe para temperaturas baixas pré-abate maior eliminação de sangue. Em condições de temperaturas elevadas, a necessidade de liberação do calor corporal provoca vasodilatação e aumento no fluxo sangüíneo capilar nas regiões cutâneas. Isso permite supor que a eficiência da sangria em animais submetidos a temperaturas ambientais elevadas é reduzida, em decorrência de um maior volume de sangue estar direcionado para regiões periféricas. Um outro fator adicional que poderia anular ou mascarar o efeito do estresse ou dos fatores pré-abate sobre a eliminação de sangue é o atordoamento elétrico. Segundo WARRIS (1978) esse tipo de insensibilização causa a liberação de catecolaminas e a vasoconstrição dos vasos sangüíneos.

Os métodos de atordoamento utilizados em aves são os principais responsáveis por variações na eficiência da sangria (ABRAM & GOODWIN, 1977). Aves atordoadas com choque elétrico apresentaram elevada perda de sangue em comparação com aquelas sem atordoamento ou atordoadas com gases. De acordo com isso, WILSON & BRUNSON (1968) encontraram em frangos submetidos a atordoamento elétrico ou gás carbônico média de perda de sangue de 3,21 e 2,75%, respectivamente. CONTRERAS (1995) comparando frangos sem atordoamento ou com atordoamento elétrico a 40V e 1000Hz descreveu médias de 2,05 e 5,48%, respectivamente. Confrontando resultados de perda de sangue obtidos em frangos submetidos a atordoamento com gases, POOLE & FLETCHER (1995) descreveram que a eficiência da sangria foi mais baixa em aves atordoadas com CO₂ ou N₂, do que aquelas aves sem atordoamento.

Apesar do atordoamento elétrico aumentar a eficiência da sangria, resultado da vasoconstrição periférica determinada pela liberação de catecolaminas (KOTULA & HELBACKA, 1966a; WARRIS, 1978), variações nesse método são responsáveis por alterações na perda de sangue. Estudando o efeito de tempos de atordoamento elétrico de 0, 5, 10, 20, ou 40s com 100V AC sobre a perda de sangue após 3min da sangria, PAPINAHU & FLETCHER (1995) relataram que nos tratamentos de 0 e 5s foram

encontradas perda de sangue de 3,9 e 3,8% significativamente mais elevadas ($p<0,05$) do que aqueles tratamentos com tempos de atordoamento de 10, 20 e 40s com percentuais que variaram de 3,3 a 3,6%. Pesquisando o efeito de voltagem de 20, 40, 80 ou 100V aplicadas com frequência de 60Hz sobre a eficiência da sangria, CONTRERAS (1995) descreveu para a perda de sangue resultado significativamente mais elevado no tratamento de 40V com médias de 4,14%, do que no tratamento de 100V com médias de 2,26%.

Normalmente, pontos hemorrágicos ou manchas de sangue na carne são associadas a baixa eficiência da sangria. Entretanto, este defeito em carcaças de frangos é relacionada na literatura ao manejo pré-abate deficiente e a insensibilização elétrica. Avaliando aves com apanha realizada pela asa ou pé submetidas a atordoamento elétrico ou com gás carbônico, WILSON & BRUNSON (1968) encontraram elevada incidência de pontos hemorrágicos em aves tratadas com atordoamento elétrico provenientes de apanha pela asa ou pé, entretanto no atordoamento com gás carbônico esta incidência foi baixa. O uso de gás carbônico associado a apanha pela asa resultou em aves com ausência de pontos hemorrágicos. Em carnes vermelhas, segundo GRANDIN (1985), o atordoamento elétrico desencadeia aumento na pressão sangüínea, levando a rompimento de pequenos vasos e derramamento de sangue no tecido muscular.

Os objetivos deste trabalho foram determinar o efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte da granja ao frigorífico, posição de gaiola no veículo e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria no abate de frangos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aves

Os frangos utilizados neste estudo foram da linhagem Hubbard/Petterson, com idade entre 50 a 53 dias, peso vivo médio entre 2,5 a 2,9kg, sexo misto, criados em granjas comerciais com densidade de lotação de 10 a 12 aves/m².

Na granja, os animais foram preparados para o abate de forma convencional, com jejum e dieta hídrica de 6h antes da apanha. Desta forma, o período de jejum correspondeu às 6h cumpridas na granja, mais o tempo de transporte e o tempo de descanso. A apanha das aves, efetuada por equipes da indústria, foi realizada pela imobilização das asas junto ao corpo e o seu deslocamento até a respectiva gaiola. O

horário da apanha foi realizado, nesse trabalho das 22 às 5 horas. Em cada gaiola foram colocados de 8 a 10 frangos.

As aves foram transportadas em caminhões com carroceria adaptada a este fim, com capacidade para 408 gaiolas dispostas em 51 colunas na carga, formando 3 filas com 17 colunas em cada fila. Cada coluna foi formada por 8 gaiolas. A velocidade média de transporte foi de 60km/h.

Na indústria, a operação de pendura foi executada pelo pessoal da sessão de chegada e recepção do abatedouro. Antes do atordoamento, as aves penduradas pelos pés aos ganchos da nória de transporte foram molhadas por chuveiros de água localizados na linha de abate. A corrente elétrica com intensidade de 70mA, tensão de 60V e 1000Hz foi aplicada na solução salina da calha de atordoamento. O tempo de permanência da cabeça das aves na calha de atordoamento foi de 10 segundos. A sangria manual foi realizada 12s após o atordoamento. O intervalo de tempo entre sangria e determinação de perda de sangue foi de 3 minutos.

2.2. Tratamentos

Um total de 930 frangos foram avaliados em condições de abate comercial. No **Ensaio 1** com temperatura ambiental de 20°C, as distâncias de transporte foram 52, 116 e 160km. No **Ensaio 2** com temperatura ambiental de 26,5°C, as distâncias foram 33, 58, 115 e 130km. No **Ensaio 3** com temperatura ambiental de 33°C, as distâncias utilizadas foram 38 e 55km. Nos três ensaios foram empregadas aves provenientes de gaiolas localizadas durante a viagem na posição alta e baixa. Nas colunas formadas por 8 caixas, as duas gaiolas de cima da carga foram consideradas da posição alta, e as duas de baixo, posição baixa.

As aves foram submetidas a tempos de descanso de 0, 2 e 4 horas. Durante o descanso, as aves permaneceram na plataforma de recepção a fim de evitar transtornos de deslocamentos, possível fonte adicional de estresse. Neste local, o sistema de ventilação e umidificação não foi adaptado para o conforto dos animais.

O delineamento experimental do trabalho é apresentado na **FIGURA 1**. A estrutura dos tratamentos (onde os fatores analisados foram distância de transporte, posição da gaiola e tempo de descanso) foi em fatorial hierarquico e cada unidade experimental foi composta por três aves. A medida de temperatura ambiente foi monitorada a intervalos de 30 minutos, realizada ao sol e na plataforma de recepção utilizando-se o equipamento

Vaissala Digital (Humidity & temperature indicator M HMI 31). A média dos valores de temperatura obtida ao longo do dia ao sol e na sombra (plataforma de recepção) foi utilizada para identificar a temperatura ambiental do dia.

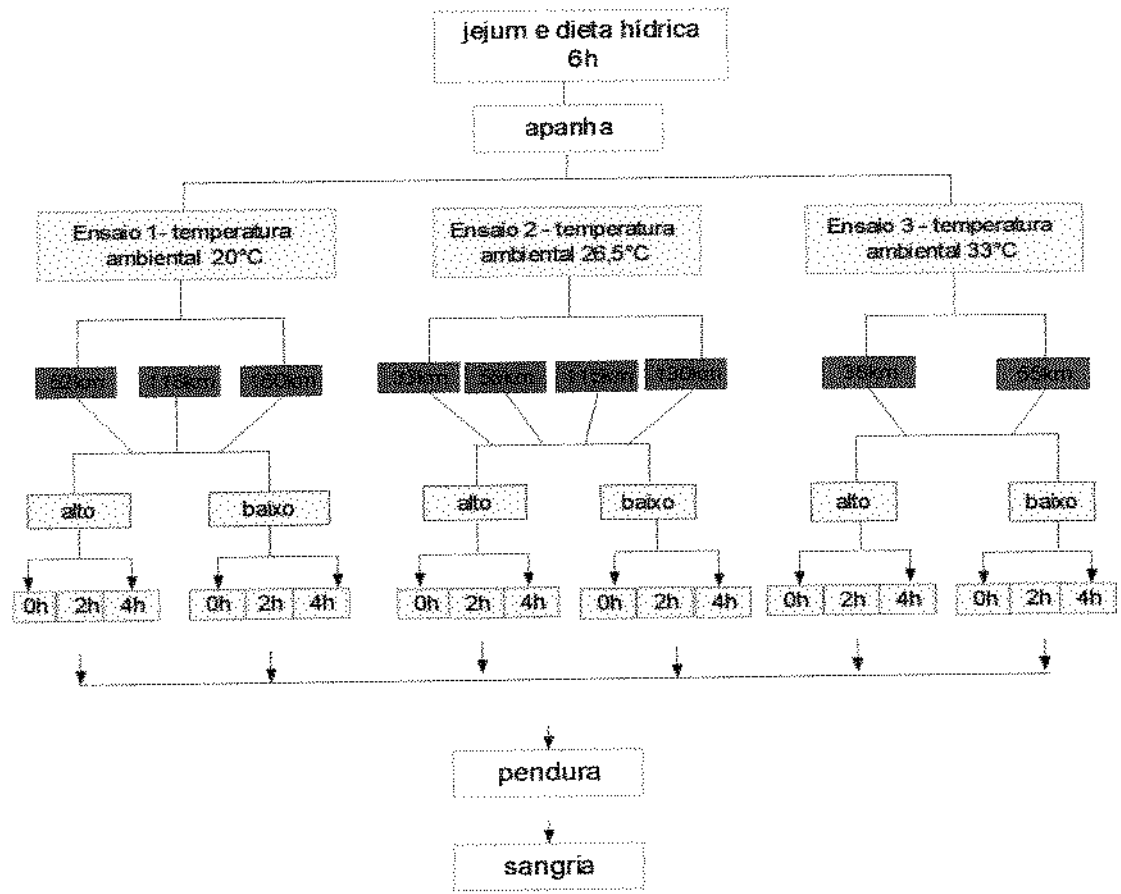


FIGURA 1. Representação esquemática do delineamento experimental para determinação da eficiência da sangria.

2.3. Determinação da eficiência da sangria

A eficiência da sangria foi obtida pela diferença de peso das aves antes da pendura e após a sangria, calculando-se os percentuais em relação ao peso vivo [perda de sangue = ((peso vivo – peso pós-sangria) / peso vivo) x 100].

2.4. Análise estatística

Os dados percentuais de eficiência da sangria foram submetidos a análise da variância e teste de média Duncan. O programa estatístico empregado foi o Statistica (1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os efeitos principais da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte, posição da gaiola e tempo de descanso sobre a eficiência da sangria são mostrados no **QUADRO 1**. As análises de variância para o efeito da temperatura são mostradas no **ANEXO 1**. Os testes para os efeitos entre os fatores (distância de transporte, posição da gaiola e tempo de descanso) nos **Ensaio 1, 2 e 3** são apresentados nos **ANEXOS 2, 3 e 4**. Nessas análises, onde foram observadas interações significativas, as mesmas são apresentadas na forma de **FIGURAS** (item 3.5).

A variação média para perda de sangue obtida dentro dos ensaios foi de 1,69 a 3,35% (**QUADRO 1**). Essas médias foram inferiores às descritas para aves submetidas a atordoamento elétrico, onde SOURJ et al. (1972) encontraram médias de 3,6%, MARION et al. (1985), de 3,76 e PAPINAHU & FLETCHER (1995) de 3,3 a 3,8%. Considerando os resultados encontrados no **Ensaio 1** (20°C) as variações médias de 2,35 a 3,35% para a eficiência da sangria foram próximas às reportadas para aves sem atordoamento, conforme narrado por CONTRERAS (1995) com médias de 2,04%, ou em aves atordoadas com gás carbônico, onde WILSON & BRUNSON (1968) relataram média de 2,75%. Entretanto, quando comparados os percentuais de perda de sangue observados nos **Ensaio 2 e 3** (26,5 e 33°C) com variações médias de 1,69 a 2,36%, esses resultados foram inferiores a média descrita por WILSON & BRUNSON (1968) e próximas àquela mencionada por CONTRERAS (1995). Essas variações demonstram que o efeito da temperatura ambiental associado aos fatores pré-abate podem afetar de forma mais severa a eficiência da sangria, do que a ausência do atordoamento.

3.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate

Aves submetidas à temperatura ambiental pré-abate de 26,5 e 33°C apresentaram perda de sangue de 2,03 e 2,06% significativamente ($p < 0,001$) mais baixas do que à temperatura de 20°C com média de 2,69%. Estes resultados demonstraram que temperaturas ambientais elevadas resultaram em menor eficiência da sangria. Fenômeno semelhante foi relatado por HAMDY et al. (1980) que estudando temperaturas ambientais de 24 ou 38°C, encontraram maior perda de sangue em frangos submetidos a temperaturas de 24°C, do que a 38°C. Por outro lado, WALTERS et al. (1994) comparando o efeito de temperaturas de 4, 16, 27 e 35°C aplicadas por 8h antes do abate, observaram elevada eliminação de sangue no tratamento de 16°C. Nesses dois trabalhos, os autores

não citaram os percentuais de eficiência da sangria e o nível de significância para os resultados.

QUADRO 1. Efeitos principais da temperatura ambiental, distância de transporte, posição de gaiola e tempo de descanso sobre a perda de sangue.

<i>Efeitos testados</i>		<i>n</i> ¹	<i>Perda de sangue (%)</i> ²
Ensaio 1 (20°C)		95	2,69 ^a
Ensaio 2 (26,5°C)		144	2,03 ^b
Ensaio 3 (33°C)		71	2,06 ^b
Ensaio 1 (20°C)	52km	33	2,35 ^a
	116km	35	2,61 ^a
	160km	27	3,35 ^b
	0h	33	2,79
	2h	30	2,91
	4h	32	2,62
	A	47	2,80
	B	48	2,74
Ensaio 2 (26,5°C)	33km	36	2,22 ^a
	58km	36	2,36 ^a
	115km	36	1,69 ^b
	130km	36	1,88 ^b
	0h	48	2,01 ^{ab}
	2h	48	1,87 ^b
	4h	48	2,22 ^a
	A	72	2,03
Ensaio 3 (33°C)	38km	36	2,31 ^a
	55km	35	1,80 ^b
	0h	23	1,85 ^b
	2h	24	2,42 ^a
	4h	24	1,88 ^b
	A	36	2,16 ^a
	B	35	1,94 ^b

¹ n = número de unidades experimentais, cada unidade formada por 3 frangos.

² Razão entre o peso de sangue liberado na sangria e o peso da ave viva x 100%

^{a, b} Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente, pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Posição da gaiola na carga do caminhão: A = Alta , B = baixa

Analisando os resultados de eficiência da sangria, observa-se que em temperaturas de 26,5 e 33°C resultaram em perdas de sangue de 0,63 e 0,66% menor do que a temperaturas de 20°C. Considerando que a eliminação de sangue é determinada pelo grau

de dilatação dos vasos sanguíneos no momento da sangria (WARRIS, 1978), supõe-se que em aves submetidas a temperaturas elevadas tenha acontecido maior dilatação dos vasos sanguíneos periféricos do que em aves mantidas a temperaturas de 20°C. Aparentemente, a maior quantidade de sangue nos vasos periférico responsáveis pela menor eficiência da sangria pode ser atribuído a provável necessidade em liberar calor corporal em temperaturas de 26,5 e 33°C. Por outro lado, GÜRTLER et al. (1984) não descreveram a participação ativa de hormônios supra-renais (adrenalina e noradrenalina) no estresse calórico, que poderia ter aumentado o aporte sanguíneo às pequenas artérias no sistema muscular, reduzindo também a quantidade de sangue nos grandes vasos.

3.2. Efeito das distâncias de transporte

No Ensaio 1, com temperaturas ambientais de 20°C, as distâncias de transporte afetaram significativamente ($p<0,001$) a perda de sangue. As aves transportadas por distância de 160km apresentaram maior perda de sangue com média de 3,35% do que aquelas transportadas por 52 ou 116km que resultaram em médias de 2,35 e 2,61%, respectivamente (QUADRO 1).

Conforme observado no item anterior, temperaturas de 20°C resultaram em maior eficiência da sangria, que foi atribuída a distribuição normal do fluxo sanguíneo nos tecidos. Considerando que, entre os tratamentos de 52, 116 e 160km, o fator de variação foi o tempo de exposição das aves à temperatura de 20°C e que, durante o transporte, as aves foram sujeitas a deslocamento de ar e a sensações térmicas mais baixas, possivelmente distância mais longa (160km) tenham criado a necessidade de retenção de calor corporal, ou este tempo de exposição permitiu a adaptação do corpo a temperaturas mais baixas. Isso, pode ter reduzido o fluxo sanguíneo aos tecidos periféricos e aumentado a quantidade de sangue nos grandes vasos, resultando em percentuais de eliminação de sangue de 1,00 e 0,74% a mais em aves transportadas por distância de 160km, quando comparado a distâncias de 52 e 116km.

No Ensaio 2, com temperaturas ambientais pré-abate de 26,5°C, distâncias mais curtas de 33 e 58km apresentaram médias de perda de sangue de 2,22 e 2,36% que foram significativamente ($p<0,001$) mais elevadas do que as médias de 1,69 e 1,88% para as distâncias de 115 e 130km. Nesta temperatura de 26,5°C, distâncias de 115 e 130km afetaram negativamente a eficiência da sangria. Isso leva a crer que tempos de transporte mais longos à temperaturas próximas a 26°C resulte em maior dilatação dos vasos

sangüíneos periféricos afim de liberar calor corporal, reduzindo com isso a eficiência da sangria.

No **Ensaio 3**, com temperaturas ambientais de 33°C, aves transportadas por distância de 38km mostraram média de perda de sangue de 2,16% significativamente ($p<0,001$) mais elevada do que aquela encontrada em distância de 55km com média de 1,94%. O efeito negativo da distância de transporte sobre a eficiência da sangria foi observado em distância de 55km. Isso mostra que em temperaturas elevadas (33°C), a distância de transporte necessária para reduzir a eficiência da sangria é reduzida pela metade, quando comparado a temperaturas de 26,5°C.

Avaliando o comportamento da eficiência da sangria em relação as distâncias de transporte nos três ensaios, é possível inferir que o efeito do tempo de transporte está associado à temperatura ambiental. Este efeito do tempo de transporte representa um “fator de tempo de exposição” que afeta a eficiência da sangria conforme a temperatura ambiental. Aparentemente, tempos de transporte mais longos potencializam o efeito da temperatura em relação aos mecanismos de termoregulação corporal e, em consequência, a eficiência da sangria.

RANDALL et al. (1993) descreveram as vibrações durante o transporte como fator de estresse. Um dos efeitos causados pela liberação de catecolaminas é o aumento do aporte sangüíneo aos músculos que, relacionado a eficiência da sangria, poderia reduzir a perda de sangue. Entretanto, face aos dados obtidos, este efeito parece ser discreto ou reprimido pelo efeito da temperatura ambiental e tempo de transporte, estudados neste trabalho.

O atordoamento elétrico, responsável pelo aumento na eficiência da sangria em decorrência da liberação de catecolaminas e a consequente vasoconstrição periférica (WARRIS, 1978), poderia anular o efeito de baixa eficiência da sangria causado por vasodilatação periférica em temperaturas elevadas. Entretanto os dados demonstraram que aves submetidas a atordoamento elétrico mantiveram o efeito das temperaturas ambientais e do tempo de transporte.

3.3. Efeito da posição da gaiola no veículo

Nos **Ensaio 1** e **2**, onde o transporte aconteceu sob temperaturas ambientais de 20 e 26,5°C, a posição das gaiolas no veículo não afetou a eficiência da sangria. Entretanto quando o transporte foi realizado sob temperaturas de 33°C, no **Ensaio 3**, aves

transportadas em gaiolas da posição alta resultaram em média de 2,16% significativamente mais elevadas ($p<0,05$) do que aquelas da posição baixa com média de 1,94%.

A maior eficiência na sangria foi observada em aves proveniente de gaiolas localizadas na posição alta. Supõem-se que aves transportadas na posição alta foram expostas a uma melhor ventilação, o que, mesmo sob temperaturas ambientais de 33°C, favoreceu a eficiência da sangria em 0,22%. Embora níveis de ventilação não tenham sido objeto de estudo neste trabalho, este resultado indica a importância da boa ventilação para o aumento na eficiência da sangria.

3.4. Efeito do tempo de descanso

Efeito significativo do tempo de descanso sobre a eficiência da sangria foi observado em temperaturas ambientais de 26,5 e 33°C, nos **Ensaio 2** e **3**, entretanto não houve efeito em temperaturas de 20°C, no **Ensaio 1** (**QUADRO 1**).

No **Ensaio 2**, com temperaturas de 26,5°C, tempo de descanso de 4h resultou em média de perda de sangue de 2,22% significativamente ($p<0,05$) mais elevada do que em tempos de descanso de 0 e 2h com médias de 2,01 e 1,87%. Isso demonstra que em temperaturas de 26°C, o tempo de descanso de 4h melhorou a eficiência da sangria, embora, em termos práticos este aumento tenha sido pequeno, comparado a 0 horas.

Comparando os resultados obtidos no **Ensaio 2**, observa-se que o aumento na eficiência da sangria foi de 0,21 e 0,35%, quando o tempo de repouso passou de 0 e 2h para 4 horas. Considerando esses dados, é possível que a menor perda de sangue seja resultado do estresse desencadeado pela operação de pesagem das aves realizada antes dos tratamentos de repouso (0, 2 e 4h). Em relação aos efeitos das catecolaminas sobre o aporte sanguíneo muscular, GÜRTLER et al. (1984) descreveram que a liberação de adrenalina provoca vasoconstrição nos tecidos periféricos, enquanto no sistema muscular estriado há um aumento no fluxo sanguíneo para a produção de trabalho, durante a primeira fase de estresse. Isso pode explicar a baixa eficiência da sangria obtida em frangos sem descanso ou descansados por 2 horas. Embora, WARRIS (1978) tenha reportado que durante o atordoamento elétrico ocorre a liberação de catecolaminas com a subsequente vasoconstrição também no sistema muscular, os resultados médios para perda de sangue encontrados nesse ensaio, revelam que os efeitos impressos antes do atordoamento elétrico apresentam influência significativa sobre a eficiência da sangria.

No **Ensaio 3**, aves submetidas ao abate sem descanso ou descansadas por 4h apresentaram médias de perda de sangue de 1,85 e 1,88% significativamente ($p < 0,001$) mais baixas do que a média de 2,42% para aves descansadas por 2 horas. Em temperaturas de 33°C, quando o tempo de descanso passou de 0 a 2h houve um incremento na perda de sangue, porém a ampliação deste tempo para 4h não foi benéfico na eficiência da sangria.

Comparando os dados médios do **Ensaio 3** verifica-se que em temperaturas de 33°C, quando o tempo de repouso passou de 0h para 2h houve um aumento de 0,57% na eficiência da sangria. Embora temperaturas elevadas determinem estresse calórico, possivelmente o incremento na perda de sangue em aves descansadas por 2h seja resultado da adaptação das aves ao estresse convencional desencadeado pela pesagem das aves antes dos tratamentos de repouso com a redução do fluxo sanguíneo aos tecidos musculares estriado. Entretanto, considerado o decréscimo na eficiência da sangria de 0,54% quando o descanso passou de 2h para 4h, a redução na perda de sangue não pode ser explicada em função do estresse convencional, mas é possível que, em temperaturas de 33°C, aves submetidas a tempo de descanso de 4h tenham manifestado o efeito do estresse calórico com a conseqüente adaptação do sistema termoregulador. Nessas condições, há aumento no fluxo sanguíneo nas regiões desprovidas de penas e sistema respiratório, e redução na quantidade de sangue nos grandes vasos, resultando em baixa eficiência da sangria.

3.5. Efeito de interação entre os fatores

3.5.1. Distância de transporte e tempo de descanso

Estatisticamente foi observado na perda de sangue, no **Ensaio 1** com temperatura de 20°C, interação significativa ($p < 0,001$) da distância de transporte e do tempo de descanso (**FIGURA 2.a, ANEXO 2**). Em tempos de descanso de 0 e 2h, aves transportadas por distância de 160km resultaram em melhor sangria com médias acima de 3,25%, do que aquelas submetidas a distâncias de 52 e 116km com médias abaixo de 2,75%. Entretanto, quando o tempo de descanso foi de 4h, no tratamento de 160km houve uma redução na eficiência da sangria em 0,55%, enquanto no tratamento de 116km houve um aumento de 0,60% na eliminação de sangue, quando comparado a descansos de 0 ou 2 horas. Considerando esses resultados, é possível inferir que o efeito das distâncias de transporte associado a temperatura de 20°C em aves descansadas por 0 ou 2h é mantido sobre a eficiência da sangria, mas quando o tempo de repouso é de 4h, esse efeito desaparece.

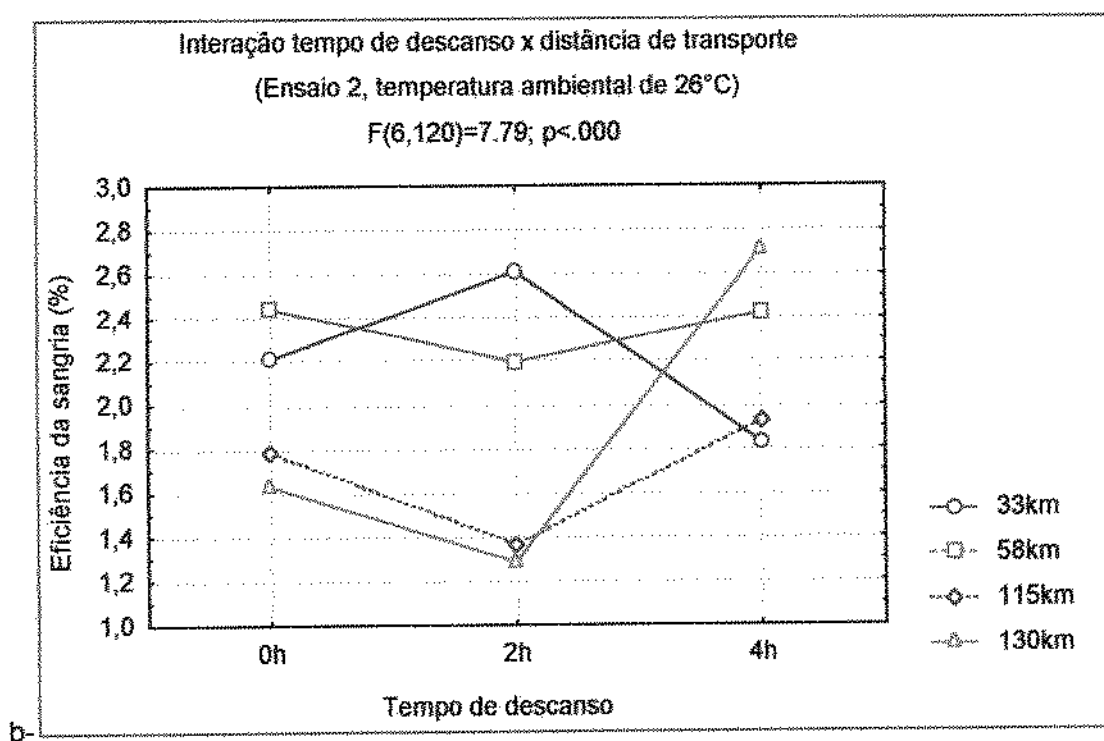
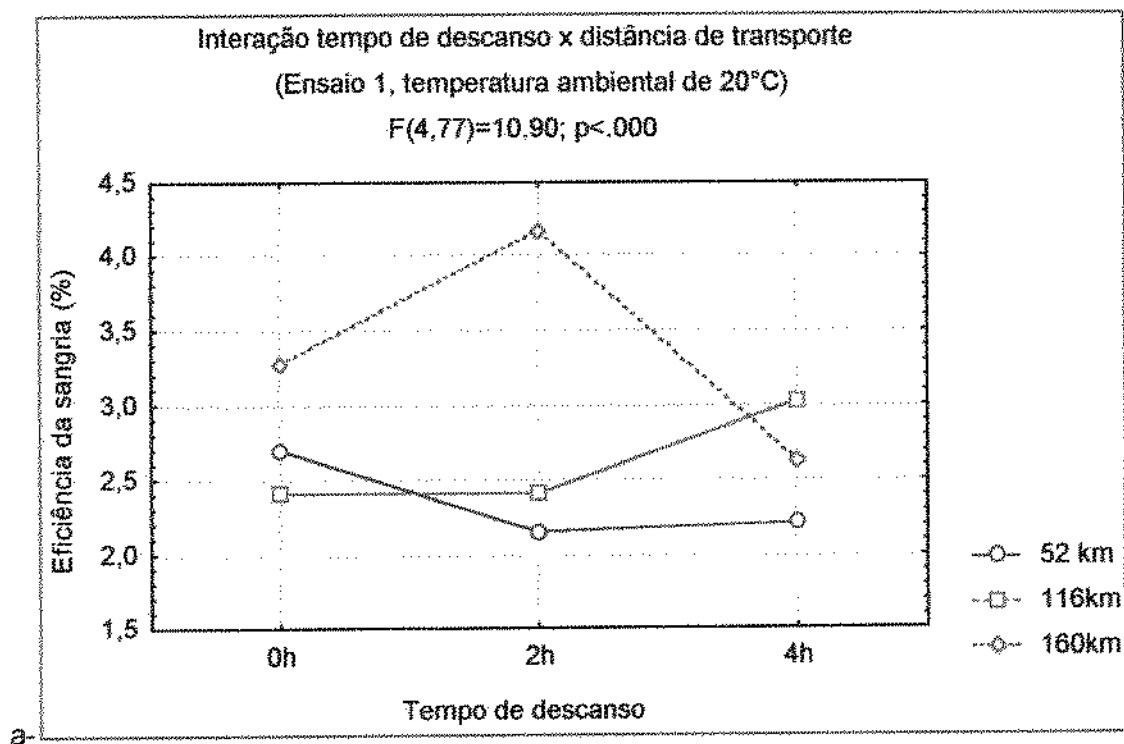


FIGURA 2. Interação dos tempo de descanso e das distância de transporte com a eficiência da sangria: a - temperatura ambiental de 20°C; b - temperatura ambiental de 26°C.

No Ensaio 2 com temperaturas ambientais pré-abate de 26,5°C, a análise da variância determinou interação significativa ($p<0,001$) das distâncias de transporte e dos

tempos de descanso na perda de sangue (FIGURA 2.b, ANEXO 3). Analisando os resultados médios da eficiência da sangria, observa-se que em tempo de descanso de 0 e 2h, as aves transportadas por distâncias curtas (33 e 58km) mostraram resultados superiores a 2,2%, enquanto aquelas transportadas por distâncias longas (115 e 130km), as médias foram inferiores a 1,8%. Quando o tempo de descanso foi de 4h verifica-se que distâncias de 58 e 115km resultaram em médias semelhantes as encontradas em repouso de 0 e 2h, entretanto em tratamentos de distâncias extremas, o comportamento foi divergente. Enquanto no tratamento de 33km houve uma redução de 0,40%, no tratamento de 130km houve um aumento de 0,90% na eficiência da sangria. Com esses resultados, é confirmado a manutenção do efeito das distâncias de transporte associado a temperatura ambiental sobre a eficiência da sangria em aves abatidas sem descanso ou descansadas por 2 horas.

Comparando os resultados obtidos nas interações no Ensaio 1 e 2, verifica-se que o efeito benéfico sobre a eficiência da sangria em aves transportadas por distância longa de 160km em temperaturas de 20°C (médias acima de 3,25%) ou por distância curta de 33km em temperaturas de 26,5°C (médias acima de 2,2%) desaparecem quando o tempo de descanso na indústria foi de 4 horas. Por outro lado, os efeitos negativos das distâncias de transporte sobre a eficiência da sangria, observado em distâncias de 116km em temperaturas de 20°C (médias abaixo de 2,5%) ou de distâncias de 130km em temperaturas de 26,5°C (médias abaixo de 1,6%), também desaparecem em tempos de repouso de 4 horas.

3.5.2. Distância de transporte e posição de gaiola

A interação significativa ($p < 0,05$) observada entre distância de transporte e posição da gaiola sobre a perda de sangue (FIGURA 3.a, ANEXO 3) demonstrou que, em temperaturas de 26,5°C, aves transportadas em gaiolas na posição alta do veículo apresentaram elevada eficiência da sangria com médias próximas a 2,5% em distâncias de transporte de 33 e 58km e reduzida perda de sangue de 1,6 a 1,8% em distâncias de 115 e 130km. Entretanto, aves transportadas em gaiolas na posição baixa, as distâncias de 33 e 58km resultaram em médias de 2,0 e 2,2%, enquanto em distâncias de 115 e 130km as médias foram próximas a 1,9%. Esses resultados revelam que aves transportadas em gaiolas na posição alta do veículo foram mais sensíveis ao efeito das distâncias de transporte sobre a eficiência da sangria do que aves transportadas na posição baixa.

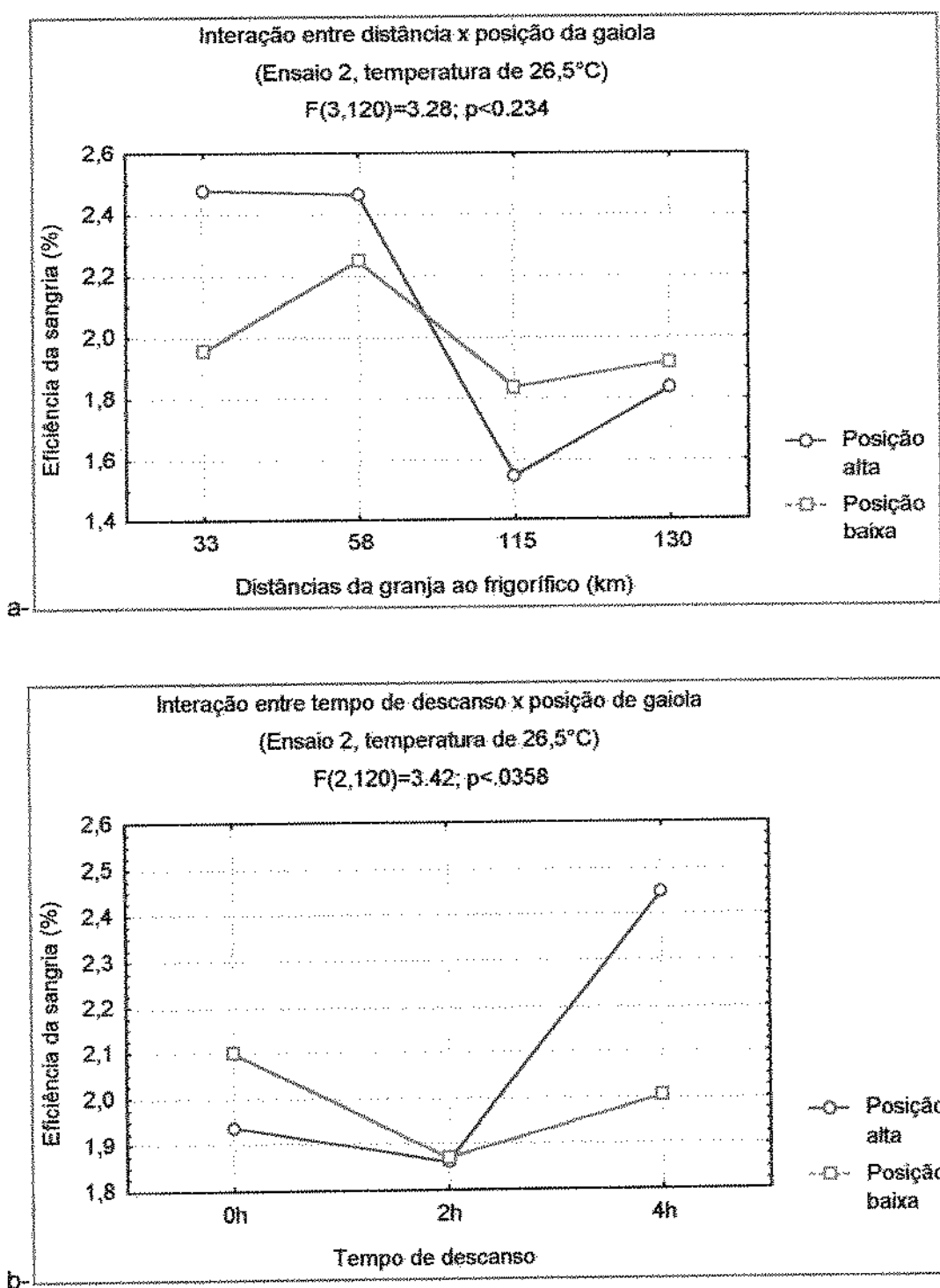


FIGURA 3. Interação para a- distância de transporte e posição da gaiola e b- tempo de descanso e posição da gaiola.

3.5.3. Tempo de descanso e posição de gaiola

A interação significativa ($p<0,05$) do tempo de descanso e da posição de gaiola na perda de sangue (FIGURA 3.b, ANEXO 3) mostrou que aves transportadas em gaiolas na posição alta do veículo apresentaram médias próximas a 1,9% em tempos de descanso de

0 e 2 horas. Entretanto, quando o repouso na indústria foi de 4h houve aumento na eficiência da sangria em 0,60%. Para aves transportadas em gaiolas na posição baixa, as médias para a perda de sangue foram mantidas próximo a 2,0% nos três tempos de repouso. Considerando a posição das gaiolas, observa-se que aves transportadas na posição alta apresentaram uma recuperação nos índices de eficiência da sangria, quando o tempo de descanso passou de 2 para 4h, entretanto o mesmo comportamento não foi verificado em aves transportadas em gaiolas na posição baixa do veículo.

4. CONCLUSÕES

- As temperaturas ambientais pré-abate influenciaram os percentuais de perda de sangue. Temperatura elevada de 33°C resultou em baixa eficiência da sangria quando comparado a temperaturas de 20 ou 26,5°C.
- A eficiência da sangria foi afetada pelas distâncias de transporte e esse efeito foi associado à temperatura ambiental. Distâncias de transporte da granja ao frigorífico mais longas potencializaram o efeito da temperatura sobre o percentual de perda de sangue.
- A posição da gaiola no veículo durante o transporte em temperaturas elevadas (33°C) afetou a perda de sangue. Aves transportadas em gaiolas na posição alta apresentaram maior eficiência da sangria, do que aquelas da posição baixa.
- O efeito das distâncias de transporte associado à temperatura ambiental sobre a eficiência da sangria permaneceu inalterado ou com pequenas variações em aves submetidas a tempos de descanso de 0 e 2 horas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAM, J.; GOODWIN, T. L. Factors affecting chicken bleed out - a review. **World's Poultry Science Journal**. Rome, v.33, n.2, p.69-75. 1977.
- AIRES, J. C. Microbial implications in handling, slaughtering, and dressing meat animals. **Advances in Food Research**. London, v.6, n.3, p.101-7. 1955.
- CONTRERAS, C. J. C. Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango "Pectoralis major". Campinas, 1995. 150p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- DICKENS, J. A.; LYON, C. E. Effect of two stunning voltages on blood loss and objective texture of meat deboned at various post-mortem times. **Poultry Science**. Champaign, v.72, n.3, p.589-93. 1993.
- GRANDIN, T. How to reduce bloodsplash. **Meat Industry**. n.31, p.48-50. 1985.
- GÜRTLER, H., KETZ, H. A. KOLB, E. L. **Fisiologia veterinária**. KOLB, E.L. (ed.) traduzido por Waldir Gandolfi. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. 612 p. Tradução de Lehrbuchder Physiologie der Haustiere.
- HAMDY, S.; KOSBA, M. A.; KHALIL, A. Z.; ABO EGLA, E. Carcass quality of chickens as affected by environmental temperature and diet. **Alexandria Journal of Agricultural Research**. Alexandria, v.28, n.3, p.39-48. 1980. (abstract, FSTA, Na:82-11-S2163).
- HARRIS, C. E.; CARTER, T. A. Broiler blood losses with manual and mechanical killers. **Poultry Science**. Champaign, v.56, n.6, p.1827-31. 1977.
- KOTULA, A. W.; HELBACKA, N. V. Blood retained by chicken carcasses and cut-up parts as influenced by slaughter method. **Poultry Science**. Champaign, v.45, p.404-10, 1966b.
- KOTULA, A. W.; HELBACKA, N. V. Blood volume of live chickens and influence of slaughter technique on blood loss. **Poultry Science**. Champaign, v.45, p.684-8, 1966a.
- KUENZEL, W. J.; INGLING, A. L. DENBOW, D. M.; WALTHER, J. H.; SCHAEFFER, M. M. Variable frequency stunning and a comparison of two bleed-out time intervals for maximizing blood release in processed poultry. **Poultry Science**. Champaign, v.57, n.2, p.449-54. 1978.
- MARION, J. E.; HARMS, R. H.; ARAFA, A. S. Effect of dicumarol and vitamin K source on blood loss and processed yields of broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.64, n.7, p.1306-9. 1985.
- McCARTHY, P. A.; BROWN, W.; HAMDY, M. K. Microbiological studies of bruised tissues. **Journal Food Science**. Chicago, v.28, n.3, p.245-53. 1963.

- PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. Effects of electrical stunning duration on postmortem rigor development and broiler breast meat tenderness. **Journal of Muscle Foods**. Trumbull, v.6, n.1, p.1-8. 1995.
- POOLE, G. H.; FLETCHER, D. L. A comparison of argon, carbon dioxide, and nitrogen in a broiler killing system. **Poultry Science**. Champaign, v.74, n.7, p.1218-23. 1995.
- RANDAL, J. M.; STREADER, W. V. MEEHAN, A. M. Vibration on poultry transporters. **British Poultry Science**. Langford, v.34, p.635-42. 1993.
- SOURI, B. N. ; GOPALAKRISHNAN, C. A.; KHAN, M. M. H. B. ; RAJAN, N. T. Studies on dressing data and on relationship of live weight and dressed weight in Desi birds. **Indian Veterinary Journal**. Bangalore, v.49, n.9, p.920-7. 1972.
- STATISTICA. Copyright © Stat Soft, Inc. Release 5.0. Tulsa. 1995.
- WALTERS, B. S. Blood and pink color defects in poultry muscle. Dissertation Abstracts International, B-54 (10) 4980-4981 Order no. DA9332703. Univ. of Wisconsin Madison. USA. 1994. 122p.
- WARRIS, P. D. Factors affecting the residual blood content of meat. **Meat Science**. Essex, v.2, n.2, p.155-9. 1978.
- WARRIS, P. D. The residual blood content of meat – a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Wageningen, v.28, n.5, p.457-61. 1977.
- WILLIAMS, J. C.; VIMINI, R. J.; FIELD, R. A.; RILEY, M. L.; KUNSMAN, J. E. Influence of delayed bleeding on sensory characteristics of beef. **Meat Science**. Essex, v.9, n.3, p.181-90. 1983.
- WILSON, J. G.; BRUNSON, C. C. The effects of handling and slaughter method on the incidence of haemorrhagic thighs in broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.47, n.4, p.1315-18. 1968.

CAPÍTULO 3

Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e sua influência sobre a qualidade da carne de peito de frango (*pectoralis major*).

RESUMO

A fim de avaliar os efeitos da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte da granja ao frigorífico e tempo de descanso sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e a qualidade da carne de peito de frango, dois ensaios foram conduzidos em abatedouro comercial. No Ensaio 1 com temperaturas ambientais de 30°C, as distâncias investigadas foram de 40 e 160km. No Ensaio 2 com temperatura ambiental de 17°C, as distâncias foram de 59 e 159km. Todas as aves dos Ensaio 1 e 2 foram submetidas a tempos de descanso de 0, 2 e 4h no abatedouro.

A temperatura ambiental pré-abate afetou significativamente ($p<0,01$) o valor de pH aos 15min e o valor R aos 15min e 1h *post mortem*. Em aves mantidas à temperatura de 30°C, o qual seja, sob condições de estresse calórico a instalação do *rigor mortis* foi acelerada.

O efeito dos tempos de descanso ($p<0,001$) e das distâncias de transporte ($p<0,01$) foi significativo sobre o valor R. A interação entre esses dois fatores demonstrou que aves transportadas por distâncias curtas (40 e 59km), e abatidas sem repouso no abatedouro apresentaram no *pectoralis major* rápida instalação do *rigor mortis*.

Os parâmetros de cor L* ($p<0,001$), a* ($p<0,05$) e b* ($p<0,001$) foram altamente influenciados às 24h *post mortem* pelas temperaturas ambientais pré-abate. Sob condições de estresse calórico pré-abate os músculos das aves apresentaram elevada luminosidade, alto teor de vermelho e baixo teor de amarelo.

Em temperaturas ambientais elevadas, o efeito das distâncias de transporte foi significativo sobre os parâmetros de cor a* ($p<0,05$) e b* ($p<0,001$). Aves transportadas por distância curta (40km) manifestaram elevado teor de vermelho e baixo teor de amarelo, em músculos *pectoralis major*.

A perda de peso por cozimento foi significativamente maior ($p<0,01$) em aves mantidas em condições de temperaturas ambientais elevadas no pré-abate com média de 28,7%, do que aquelas sob temperaturas de conforto térmico com média de 27,2%.

Aves transportadas por distâncias curtas (59km) sob temperaturas de conforto térmico apresentaram ($p<0,05$) maior perda peso por cozimento com média de 28,7%, do que aquelas transportadas por distância longa (159km) com média de 26,6%.

O efeito do tempo de descanso sobre a força de cisalhamento, no *pectoralis major* em aves mantidas a temperaturas de 17°C foi significativo ($p<0,001$). Em aves sem descanso, a média foi de 4,44kgf/g, enquanto em descanso de 2 e 4h as médias foram de 6,00 e 5,52kgf/g. Para a força de cisalhamento foi verificado efeito de interação significativa com os fatores distância de transporte e tempo de descanso. Em temperaturas de 30°C, aves transportadas por distância curta sem descanso apresentaram no *pectoralis major* força de cisalhamento acima de 6,2kgf/g. Por outro lado, na temperatura de 17°C, distâncias curtas e sem descanso, a força de cisalhamento foi inferior a 4,0kgf/g.

Palavras-chave: força de cisalhamento; frango; *pectoralis major*; pré-abate.

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of environmental pre-slaughter temperature, transport distance from the poultry farm to the slaughterhouse, and resting time on the development of *post mortem* chemical reactions and the chicken breast meat quality, two trials were conducted in a commercial slaughterhouse. In trial 1, with an environmental temperature of about 30°C, the distances studied were 40 and 160km. In trial 2 with an environmental temperature of about 17°C, the distances were 59 and 159km. All the birds in trials 1 and 2 were submitted to resting times of 0, 2 and 4h in a commercial poultry processing plant.

The pre-slaughter environmental temperature significantly affected ($p<0.01$) the pH value at 15min and the R value at 15min and 1h *post mortem*. In birds maintained under thermal stress (30°C), the onset of *rigor mortis* was accelerated.

The effect of a resting period ($p<0.001$) and transport distance ($p<0.01$) on the R value was significant. Birds transported short distances (40 and 59km) without a resting period presented a fast onset of *rigor mortis* in the *pectoralis major* muscle.

The color parameters L^* ($p<0.001$), a^* ($p<0.05$) and b^* ($p<0.001$) were highly influenced by the pre-slaughter temperature, 24h *post mortem*. Under the condition of pre-slaughter thermal stress, the birds displayed a high L^* color, high a^* and low b^* color values.

At high environmental temperatures, the effect of transport distance was significant on the color parameters a^* ($p<0.05$) and b^* ($p<0.001$). Birds transported for short distances (40km) manifested high levels of red and low levels of yellow color in the *pectoralis major* muscles.

The cooking loss was significantly higher ($p<0.01$) in birds kept at elevated pre-slaughter environmental temperature conditions, with an average of 28.7%, than in those kept at temperatures, of thermal comfort, with an average of 27.2%.

Birds transported for short distances (59km), at thermal comfort temperature presented ($p<0.05$) large cooking loss with average of 28.7%, than those transported by long distance (159km) with an average of 26.6%.

The effect of the resting time on birds kept at a temperature of 17°C was significant ($p<0.001$) on the shear force value of the *pectoralis major* muscle. In birds not submitted to a resting time, the average was 4.44kgf/g, while in those rested for 2 and 4h the averages were 6.00 and 5.52kgf/g. A significant interaction ($p<0.001$) was found between the factors of transportation distance and resting period. Chickens transported for short distances (40 and 59km) without a resting period pre-slaughter, showed R values in the *pectoralis major* greater than 1.20, while for distances of 159km or 160km an birds rested for 0, 2 or 4h, the R values were less or equal to 1.10 at 15min *post mortem*. This showed the fast development of biochemical reactions *post mortem* in the *pectoralis major* muscle of birds transported for short distances without resting.

Key Words: Chicken; *pectoralis major*; pre-slaughtering; shear force.

1. INTRODUÇÃO

A garantia de manutenção do mercado de carne de frango consiste no fornecimento de produtos com padrões de qualidade estáveis, visando a satisfação e segurança do consumidor, além de acesso econômico. Considerando os padrões de qualidade, no que diz respeito a satisfação das exigências sensoriais, músculos peitorais apresentam freqüentes variações indesejáveis nos parâmetros cor e textura. A importância dessas características é observada em momentos distintos, enquanto a coloração do peito do

frango está associado a aceitabilidade no momento da aquisição, a maciez, que constitui-se num dos principais atributos sensoriais, determina a aceitabilidade global.

As técnicas envolvidas com o manejo de criação podem afetar as características de qualidade da carne tais como lotação de ave no galpão criatório (DEAN et al., 1972), dietas (RISTIC et al., 1990), sexo e idade (OSMAN et al., 1990). Essas alterações podem ser atribuídas ao desenvolvimento do músculo, conteúdo de colágeno ou estar associadas a maturidade sexual. Considerando que estas propriedades são inalteradas no *post mortem*, (FLETCHER, 1991) e que em condições comerciais as técnicas de criação são padronizadas, os fatores lotação, dieta, sexo e idade não causam modificações relevantes sobre as características da carne.

As alterações nos parâmetros de qualidade entre animais de mesmo lote, idade e sexo são normalmente atribuídas ao estresse pré-abate que desencadeia transtornos fisiológicos podendo causar desenvolvimento bioquímico anômalo, durante a transformação do músculo em carne e, com isso, afetar a estrutura miofibrilar (DEFREMERY & POOL, 1962; FLETCHER, 1991). Em músculos com desenvolvimento bioquímico alterado, as diferentes velocidades nas reações de glicólise podem determinar alterações nas características de qualidade da carne. Suínos submetidos a temperaturas ambientais elevadas, imediatamente antes do abate, demonstraram através da medida de pH, glicólise rápida no *post mortem*, resultando em decréscimo na intensidade da cor no músculo, enquanto abruptas mudanças de temperatura de quente para frio, retardaram a glicólise e causaram firmeza no músculo e aparência seca (SAYRE et al. 1961; SAYRE et al., 1963).

Em condições normais *post mortem* 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). A medida que os músculos alcançam o *rigor mortis*, tornam-se muito firmes, rígidos e com baixa extensibilidade. O segundo coincide com a aparente resolução do *rigor mortis*. Embora o complexo actomiosina permaneça inalterado, ocorre uma degradação na matriz protéica miofibrilar, resultando em aumento na maciez da carne (LAWRIE, 1991).

As formas para estimar o desenvolvimento do *rigor mortis* estão relacionadas de forma direta ou indireta com a glicólise anaeróbica, que é o conjunto de reações químicas que utilizam glicose proveniente das reservas de glicogênio e produzem ácido láctico. Geralmente, as medidas empregadas para este fim são índices de glicogênio, pH e valor R. Em bovinos HONIKEL et al. (1981) reportaram que, o início do *rigor mortis* ocorreu com pH

5,9, em concentração de ATP igual a $1,0\mu\text{mol/g}$, momento que coincidiu com a baixa extensibilidade muscular. Esse mesmo valor de pH foi considerado por STEWART et al. (1984) e DUNN et al. (1993) como início do *rigor mortis* em aves. As descrições para o período entre abate e início do *rigor mortis*, em aves, variam de 15min a 4 horas. KIJOWSKI et al. (1982), baseado em medidas de pH, relataram para coxa um período entre 15 a 30min e para peito, entre 30 a 60 minutos. STEWART et al. (1984) estimou tempos entre 1 a 2 horas. As variações entre esses resultados podem ser devidas ao tipo de ave, músculo utilizado, condições de abate e critérios utilizados para definir e monitorar o desenvolvimento do *rigor mortis*. Também é importante considerar que, a velocidade de glicólise *post mortem* pode apresentar comportamentos distintos em aves tratadas em condições similares antes e após o abate. RISTIC (1979), utilizando um lote de 107 frangos, encontrou para valores de pH aos 15min, pequena quantidade de carcaças (5,6%) com pH menor que 5,7, número pouco maior (19,7%) com pH maior que 6,3 e a grande maioria (74,7%) mostraram pH entre 5,7 e 6,3. SEEMANN (1986), determinando os valores de pH com eletrodo de punção em músculos peitorais, descreveu frangos com pH baixo (5,71), médio (6,12) e alto (6,39) aos 35 minutos *post mortem*.

Outra determinação bioquímica é o valor R, razão entre as absorbâncias de 250nm e 260nm, que avalia a quantidade de monofosfato de inosina (IMP) para trifosfato de adenosina (ATP). Segundo HONIKEL & FISCHER (1977), em resultados de valores R abaixo de 1,05 a quantidade de ATP é predominante no tecido muscular e acima de 1,05 a quantidade de IMP no meio é maior. HONIKEL et al. (1981) descreveram que o valor R igual a 1,10 coincidiu com a perda da extensibilidade das fibras musculares em bovinos e, portanto, este valor poderia ser utilizado como critério indicativo do início do *rigor mortis*. Confirmando a descrição de HONIKEL et al. (1981) para o valor R que determina o início do *rigor mortis*, SAMS & MILLS (1993) trabalhando com aves submetidas a tempos de jejum de 0, 5 e 10h encontraram, logo após a sangria, variações para o valor R de 0,97 a 1,02 em amostras com pH de 6,21 a 6,33. Isso indicou que músculos *pectoralis* com valores R inferior ou igual a 1,0 estão em pré-*rigor*. Uma hora após o abate, estes autores observaram valores R médios de 1,09 a 1,12 em amostras com pH de 5,93 a 6,0. Nesse intervalo de valor R houve indicação de início do *rigor mortis*. No período de 1h *post mortem*, quando as carcaças foram estimuladas eletricamente e submetidas a temperaturas elevadas, o pH variou de 5,78 a 5,86 e o valor R, de 1,36 a 1,40, indicando estágio adiantado de *rigor mortis*.

Os principais fatores responsáveis no pré-abate por desencadear liberações de catecolaminas e alterações fisiológicas características dos mecanismos de estresse são:

intervalo de jejum e dieta hídrica (MURRA & ROSENBERG, 1953; SHRIMPTON & MILLER, 1960; SAMS & MILLS, 1993); condições de transporte (RISTIC, 1978; EHINGER & GSCHWINDT, 1979; WARRISS, 1993; FISCHER, 1996) e temperaturas ambientais (LEE et al., 1976; FRONING et al., 1978; OSMAN et al., 1990). Embora esses fatores sejam descritos como causadores de estresse, os efeitos destes sobre as características de qualidade em carne de aves são pouco estudados e, na literatura disponível, os resultados são contraditórios.

A prática do jejum associado ao tempo de descanso é indicada para reduzir o potencial de contaminação das carcaças por conteúdo do trato gastrintestinal (DUKE et al., 1997) e a reposição do glicogênio muscular. Considerando a possibilidade de neoglicogênese (formação de glicose, no fígado) durante o descanso pré-abate, os autores consultados relatam que, diferentes dos mamíferos, as aves neste período consomem ou mantêm as reservas de glicogênio. MURRA & ROSENBERG (1953) reportam que, em músculos de peito, a taxa de glicogênio foi baixa em jejum de 16h e elevada em aves alimentadas por 1 ou 10h antes do abate. Confirmando estes resultados, SHRIMPTON & MILLER (1960) estudando intervalos de 0 e 24h de jejum encontraram 1min *post mortem* em aves alimentadas, índices de glicogênio que variaram de 6,3 a 4,5mg/g, enquanto naquelas com jejum, variações de 1,8 a 1,7mg/g. Entretanto NGOKA et al. (1982) estudando tempos de jejum de 0 e 15 horas e SAMS & MILLS (1993) com intervalos de 0, 5 e 10h não encontraram diferenças nas taxas de glicogênio.

Os diferentes tempos de transporte nos quais as aves são submetidas provocam alterações nos parâmetros fisiológicos tais como: glicogênio hepático, glicose no sangue, lipídio sérico, proteína e valor de hemoglobina. Diferenças significativas foram encontradas por EHINGER & GSCHWINDT (1979) e WARRISS et al. (1993) que estudando intervalos de transporte de 0 a 6h encontraram para 6h redução no glicogênio hepático e glicose sérica e aumento nas taxas de lipídio sérico. Isso evidenciou esgotamento das reservas energéticas e a subsequente utilização do metabolismo oxidativo das gorduras corporais. Nestes tratamentos, os autores descreveram aumento nos índices de proteínas totais no sangue e aumento no valor de hematócrito, sinalizando a baixa quantidade de líquidos circulantes, característico de quadro de desidratação.

Os diferentes tempos de transporte influenciam significativamente a velocidade de glicólise. Avaliando um total de 200 aves com idade de 42 dias transportadas por distâncias de 10, 15, 20, 45 e 90km, RISTIC (1978) em músculos de peito e coxa encontrou no grupo de 45km lento desenvolvimento da glicólise aos 15min (pH elevado) e baixa extensão

destas reações às 24h (pH elevado). Na avaliação sensorial, amostras do tratamento 45km apresentaram elevados escores para suculência e sabor. Por outro lado, resultados diferentes foram descritos por EHINGER & GSCHWINDT (1979) que, transportando aves por 0, 1, 2, 3, 4, 5, e 6h, encontraram aos 15min *post mortem* rápida glicólise no tratamento de 0h (pH de 5,87) e lenta nos demais tratamentos (pH maior 6,2).

Avaliando a relação entre reservas de glicogênio no momento do abate, pH final e maciez MELLOR et al. (1958) encontraram em aves com maiores quantidades de glicogênio, baixo pH (5,9) e baixa força de cisalhamento (4,1kgf/g), enquanto aves com reduzidas reservas de glicogênio resultaram em elevado pH final (6,2) e elevada força de cisalhamento (5,6kgf/g). Comportamento contrário sobre a maciez foi sugerido por HILLEBRAND et al. (1991) que descreveram maior maciez (subjetiva) em músculos de peito de frango estressados pelo transporte. Embora sem diferenças significativas para textura (objetiva), EHINGER & GSCHWINDT (1979) observaram amostras mais macias em aves transportadas por 4 horas, do que aquelas por 0, 2 e 3 horas. WARRISS et al. (1993) com tempos de transporte de 2, 4 e 6h não encontraram diferenças significativas para concentração de glicogênio no *pectoralis major*, pH final e maciez.

Aves submetidas no pré-abate a circunstâncias de estresse térmico apresentam aceleração nas reações de glicólise e hidrólise do ATP, entretanto em temperaturas ambientais baixas essa evolução é retardada (MARPLE & CASSENS, 1973; WOOD & RICHARDS, 1975; FORREST et al., 1979). Contrariando essa descrição para o efeito de temperatura sobre a velocidade da glicólise, LEE et al. (1976) reportaram pequenas diferenças sobre o valor de pH avaliado aos 0 e 15min *post mortem* em tratamentos de estresse por calor (38°C), frio (4°C), frio extremo (-20°C) aplicados por 6h antes do abate e grupo controle (20°C). GÜRTLER et al. (1984) descreveram que aves em temperaturas abaixo de 14°C necessitam produzir calor para manter a temperatura corporal. Nessas situações, o organismo libera a tireoliberina que desencadeia a secreção de tiroxina, triiodotironina e catecolaminas que aumentam a combustão de substâncias nutritivas para a formação de calor. As catecolaminas tornam efetiva a utilização de compostos do tecido adiposo pelas mitocôndrias garantindo a manutenção da temperatura corporal. Entretanto, em temperaturas elevadas, esses autores não mencionaram a participação de qualquer tipo de hormônios com os mecanismos associados a redução da temperatura corporal.

Em relação a maciez, tratamentos induzidos de temperaturas elevadas antes do abate mostraram resultados contraditórios. Efeitos negativos de temperatura elevada sobre a maciez foram observados por FRONING et al. (1978) em peitos de perus em tratamento

de 42°C por 1h com força de cisalhamento de 5,88kgf/g, quando comparado a perus tratados a 4,3°C por 20min com força de cisalhamento de 4,44kgf/g, embora o pH aos 15min *post mortem* tenha sido semelhante nos dois grupos. Comportamento similar foi descrito por LEE et al. (1976) para o efeito da temperatura sobre queda de pH e maciez. Entretanto, OSMAN et al. (1990) avaliando o efeito da temperatura pré-abate sobre as características físicas e químicas em músculos de peito ou coxa não encontraram diferenças significativas.

Embora a rápida instalação do *rigor mortis* seja descrita como responsável pela redução da maciez, trabalhos recentes demonstram que o comportamento da textura em relação a velocidade de glicólise, pode apresentar comportamento contrário. Avaliando o efeito da estimulação elétrica, SAMS & MILLS (1993) encontraram a 1h *post mortem* menor força de cisalhamento (13,0kgf/g) em aves estimuladas eletricamente e submetidas a temperaturas elevadas no pós-abate (rápida glicólise, pH baixo, valor R elevado), quando comparado a força de cisalhamento (16,29kgf/g) obtida em aves abatidas convencionalmente (lenta glicólise, pH elevado, valor R baixo). Resultados semelhantes foram reportados por CONTRERAS (1995) que observou em aves estimuladas eletricamente maior maciez, com força de cisalhamento do peito de 7,6kgf/g, do que em aves sem estimulação com médias de 9,8kgf/g.

CONTRERAS (1995) descreveu que, em peitos desossados convencionalmente, os valores para força de cisalhamento encontram-se na faixa de 5,5 a 5,8kgf/g, enquanto na análise sensorial os valores atribuídos para maciez variaram de 6,3 a 7,6. Numa mesma escala, que ia de muito dura (0) a muito macia (10), LYON & LYON (1990) consideraram em amostras de peito de frango, força de cisalhamento igual a 7,5kgf/g como valor limite, acima do qual a carne de peito seria considerada dura.

Estudando a relação entre pH final e parâmetros de cor medido objetivamente através da composição da cor L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo) no sistema Hunter, NGOKA et al. (1982) encontraram diferenças significativas entre os valores de pH final de 5,89 a 5,95 em tratamentos de tempos de jejum de 0 e 15h, entretanto não houve diferenças para os parâmetros de cor. Comportamento contrário foi descrito por SEEMANN (1986) que relatou em grupos de aves com baixo pH aos 35min, menor teor de vermelho a* e maior teor de amarelo b*. Em peitos desossados convencionalmente CONTRERAS (1995) descreveu médias de 46,4 para valor L*, 3,0 para valor a* e 5,6 para valor b*. Neste estudo, o autor não realizou determinações de pH ou valor R.

Normalmente a perda de peso por cozimento é associada a velocidade e extensão de glicólise. De acordo com isto, SEEMANN (1986) descreveu menores perdas de peso no cozimento em grupos de aves com pH elevado nos primeiros 35min *post mortem*. NGOKA et al. (1982) estudando grupos de perus submetidos a tempos de jejum de 0 e 15h, encontraram maior extensão de glicólise em aves sem jejum com pH final de 5,89, do que aqueles em jejum por 15h com pH de 5,95. Essa diferença entre os dados de pH não resultou em efeito significativo sobre a perda de peso por cozimento.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da distância de transporte da granja ao frigorífico, tempo de descanso no abatedouro e temperatura ambiental sobre a queda do pH e início do *rigor mortis* em músculo *pectoralis major* e o seu efeito sobre os parâmetros objetivos (cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento) e subjetivos avaliados por análise sensorial, em frangos abatidos em condições convencionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aves

Os frangos utilizados neste estudo foram da linhagem Hubbard/Pettersson, com idade entre 50 a 53 dias, peso vivo médio entre 2,5 a 2,9kg, sexo misto, criados em granjas comerciais com densidade de lotação de 10 a 12 aves/m².

Na granja, os animais foram preparados para o abate de forma convencional, com jejum e dieta hídrica de 6h antes da apanha. Desta forma, o período de jejum correspondeu às 6h cumpridas na granja, mais tempo de transporte e tempo de descanso. A apanha das aves, efetuada por equipes da indústria, foi realizada pela imobilização das asas junto ao corpo e o seu deslocamento até a respectiva gaiola. O horário da apanha foi realizado, nesse trabalho, das 22 às 5 horas. Em cada gaiola foram colocados de 8 a 10 frangos.

As aves foram transportadas em caminhões com carroceria adaptada a este fim, com capacidade para 408 gaiolas dispostas em 51 colunas na carga, formando 3 filas com 17 colunas em cada fila. Cada coluna foi formada por 8 gaiolas. A velocidade média de transporte foi de 60km/h.

No abatedouro, a pendura foi executado pelo pessoal normalmente responsável por essa operação. Antes do atordoamento, as aves penduradas pelos pés aos ganchos da nória de transporte foram molhadas por chuveiros de água localizados na linha de abate,

afim de facilitar o deslocamento da carga elétrica no corpo da ave. A insensibilização foi efetuada submergindo-se a cabeça das aves em cuba de solução salina, onde foi aplicado corrente elétrica com intensidade de 70mA, tensão de 60V e 1000Hz. O tempo de permanência da cabeça das aves na calha de atordoamento foi de 10 segundos. A sangria manual foi realizada 12s após o atordoamento. O intervalo de tempo entre sangria e determinação de perda de sangue foi de 3 minutos. A escaldagem foi realizada 4min após a sangria, submergindo-se as aves em água à temperatura de 58°C por 2 minutos. Após o escaldamento, as aves foram submetidas a evisceração mecânica.

No resfriamento convencional das carcaças por imersão, iniciado aos 15min *post mortem*, foram utilizadas temperaturas de 15 a 20°C no pré-resfriamento e temperaturas de 0 a 8°C no resfriamento. Após o resfriamento por imersão, as carcaças foram resfriadas a ar em túnel de congelamento à temperaturas de -35°C, pelo período de 3 horas. As carcaças e amostras, embaladas em sacos de polietileno, foram transportadas da indústria para o Centro de Tecnologia de Carnes em caixas de PVC expandido contendo gelo. Nesse Centro, as carcaças foram armazenadas em câmara de resfriamento à temperatura de 4°C e retiradas conforme os períodos estabelecidos para cada análise.

2.2. Tratamentos

Afim de avaliar o efeito das temperaturas ambientais pré-abate, distâncias de transporte da granja ao frigorífico, tempo de descanso sobre a velocidade de instalação do *rigor mortis* e características de qualidade no *pectoralis major* dois ensaios foram conduzidos no abatedouro comercial, em duas épocas diferentes. No **Ensaio 1**, com temperatura ambiental de 30°C, foram estudadas as distâncias de 40 e 160km. No **Ensaio 2**, com temperatura de 17°C, foram testadas distâncias de 59km e 159km.

Após a chegada dos caminhões carregados no abatedouro, de cada carga foram selecionadas aleatoriamente 24 gaiolas, das quais se retirava também aleatoriamente 60 frangos. Esse lote de frangos foi dividido em três grupos de 20 aves, submetidos a tempos de descanso 0, 2 e 4 horas. Durante o descanso, as aves permaneceram na plataforma de recepção a fim de evitar transtornos de deslocamentos, possível fonte adicional de estresse. Nesse local, o sistema de ventilação e umidificação não foi adaptado para o conforto dos animais. A medida de temperatura ambiente foi monitorada a intervalos de 30min, realizada ao sol e na plataforma de recepção utilizando-se o equipamento Vaissala Digital (Humidity & temperature indicator M HMI 31). A média dos valores de temperatura

obtida ao longo do dia ao sol e na sombra (plataforma de recepção) foi utilizada para identificar a temperatura ambiental do dia.

A representação esquemática do desenho experimental é apresentado na FIGURA 1. A estrutura dos tratamentos (onde os fatores analisados foram distância de transporte e tempo de descanso) foi em fatorial hierárquico. Nesse trabalho, cada frango foi considerado uma unidade experimental e foram utilizados um total próximo a 240 frangos.

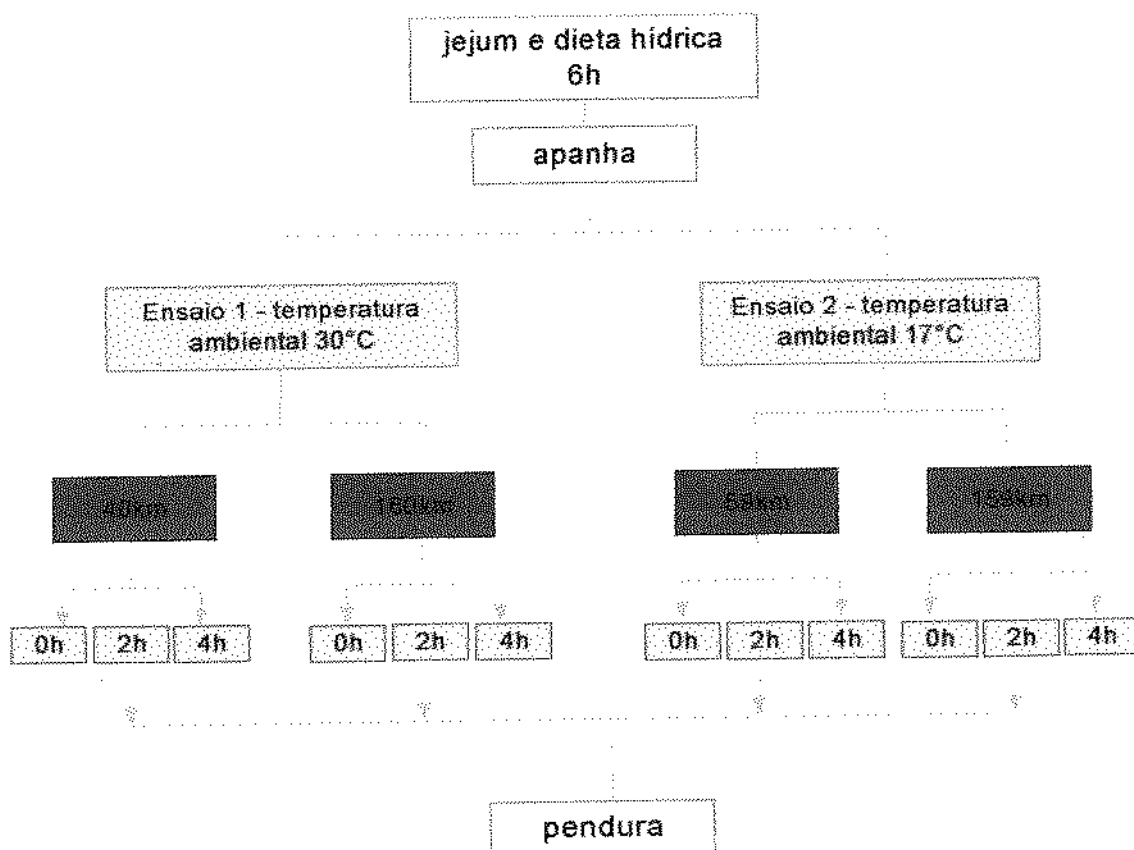


FIGURA 1. Representação esquemática do desenho experimental para determinação dos efeitos pré-abate sobre a velocidade de instalação do *rigor mortis* e sua influência nas características de qualidade, em músculos *pectoralis major*.

2.3. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas

As amostras para as análises bioquímicas (pH e valor R), foram obtidas por duas incisões paralelas na porção muscular do peito em sentido longitudinal ao externo. A distância entre o externo, primeira e segunda linha de incisão foi próximo a 1cm. Das duas amostras retiradas na forma de tiras, correspondendo aos lados esquerdo e direito, foram separadas duas porções de 3,5g do músculo *pectoralis major* e congeladas imediatamente à temperatura de -196°C. As amostras foram mantidas em botijão de nitrogênio líquido até

o momento das análises. As coletas para as análises bioquímicas foram realizadas após a evisceração (15min), após resfriamento em chiller (1h) e às 24h *post mortem*. Imediatamente após a coleta, as amostras foram congeladas e mantidas em nitrogênio líquido. Nesses momentos da coleta das amostras para as análises bioquímicas, foram realizadas as medidas de cor.

Para as determinações de perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC) e análise sensorial, os músculos de peito foram desossados a 1h *post mortem*. Após, os músculos foram embalados em sacos de polietileno e identificados. As amostras foram armazenadas em câmara de resfriamento à temperatura de 4°C e analisados às 72h *post mortem*. Na análise de PPC foram utilizados os músculo *pectoralis superficialis* e *pectoralis major*, dos lados esquerdo e direito. Os músculos *pectoralis major* dos lados esquerdo e direito foram utilizados para a análise sensorial e para a medida de força de cisalhamento.

2.4. Determinações bioquímicas e físicas

2.4.1. Medida de pH

A determinação de pH, em duplicata foi feita após a homogeneização por 2min de 1g de amostra em 10mL de solução contendo 1,04g de iodoacetato de sódio e 11,18g de cloreto de potássio, com pH ajustado a 7,0 conforme metodologia proposta por BENDALL (1973). A leitura foi realizada com potenciômetro Micronal M B375, com resolução de 0,001 unidades de pH.

2.4.2. Valor R

A determinação do valor R foi realizada em duplicata, segundo metodologia de HONIKEL & FISCHER (1977), onde a extração dos nucleotídeos de 2g de amostras foi obtido através de homogeneização por 30s (Omni mixer homogenizer M 17106), em solução de ácido perclórico 1M, na proporção de 1:10 em m/v. A seguir, esse foi filtrado e centrifugado por 5min a 3000G (Bioanalytical M Spin IV-E). Uma alíquota de 0,1mL do sobrenadante foi diluída em 4,9mL de tampão fosfato a 0,1M em pH 7,0. A absorbância a 250nm (monofosfato de inosina) e 260nm (trifosfato de adenosina) em espectrofotômetro (Hitachi M V-2000) foi determinada utilizando-se o tampão fosfato como referência e o valor R calculado como a razão entre as duas absorbâncias.

2.4.3. Perda de peso por cozimento

Determinada conforme descrição de BILGILI et al. (1989). As amostras identificadas foram pesadas em balança semi-analítica (Mettler M P1210), embaladas em papel alumínio e cozidas em chapa a 180°C até atingir a temperatura interna de 82 a 85°C. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. A diferença entre peso inicial e final das amostras de *pectoralis major* e *pectoralis superficialis* dos lados esquerdo e direito correspondeu à perda de peso no cozimento.

2.4.4. Força de cisalhamento

As amostras empregadas na determinação da PPC foram utilizadas para avaliar a textura. Conforme a metodologia proposta por FRONING & UIJTENBOOGAART (1988), de cada peito foram retiradas amostras na forma de paralelepípedos de 2 x 2 x 1,13cm³. Para medir a força de cisalhamento, as amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Bratzler acoplado ao aparelho Instron M 2318. Seis a oito amostras na forma de paralelepípedos foram usadas para determinar a força de cisalhamento de cada peito.

2.4.5. Cor, Sistema CIELAB

Na avaliação da cor do músculo foi utilizado o colorímetro Minolta Chroma Meter, M CR-200b, onde foram determinados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo) do Sistema CIELAB. As leituras, realizadas aos 15min (após a evisceração), 1h (após o chiller) e às 24h *post mortem*, foram tomadas em peitos não desossados nos pontos cranial, medial e distal do músculo *pectoralis major* nos lados esquerdo e direito das superfícies laterais remanescentes da incisão de onde foram retiradas as amostras para valor R e pH. A média dos seis pontos foi utilizada como a resposta de cor L*, a* e b* para cada carcaça.

2.5. Análise estatística

A fim de avaliar o efeito dos tratamentos, as respostas foram submetidas a análise da variância e teste de média Duncan. O programa estatístico empregado foi o Statistica (1995).

2.6. Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada 72h após o abate por equipe treinada de 10 julgadores, com idade de 20 a 45 anos, no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Tecnologia de Carnes (ITAL), em cabinas individuais sob luz vermelha. Nessa, foram avaliados os atributos maciez, suculência, sabor e qualidade global utilizando escala linear não estruturada de 0 a 10 pontos, onde para maciez 0 correspondeu a amostra "muito dura" e 10, "muito macia"; para a suculência 0 e 10 corresponderam a "muito seca" e "muito suculenta"; para sabor: 0 e 10 corresponderam a sabor "não característico" e "muito característico" e para qualidade global 0 e 10 referiram amostras "pouco aceitável" e "muito aceitável". O desempenho dos provadores foi avaliado pela técnica multivariada de análise de agrupamentos "cluster analysis", através do programa Statgraphics (1989).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Instalação do *rigor mortis*

3.1.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate

No presente trabalho foram utilizadas no *ante mortem* temperaturas de 17°C considerada de conforto térmico para aves adultas, e de 30°C considerada de estresse calórico.

Como pode ser observado no **QUADRO 1**, as temperaturas ambientais pré-abate afetaram significativamente o pH aos 15min ($p<0,01$) e valor R aos 15min e 1h ($p<0,01$) *post mortem* (**ANEXOS 5 e 6**). Aves submetidas à temperatura ambiental pré-abate de 30°C apresentaram no músculo *pectoralis major* pH mais baixo aos 15min e maior valor R aos 15min e 1h, quando comparados com os valores obtidos à temperatura de 17°C. Isso mostrou que os frangos submetidos à temperatura de 30°C tiveram reações de glicólise e hidrólise de ATP mais rápidas, do que os frangos mantidos à temperatura de 17°C. Resultados contrários para pH às 4h *post mortem* foram reportados por LEE et al. (1976), que não observaram diferenças significativas para aves mantidas no pré-abate por 6h à temperaturas de 38°C ou 20°C com médias de pH de 5,83. Para valor R, os pesquisadores que investigaram o efeito de temperaturas ambientais pré-abate, em carne de frangos não realizaram essa medida.

O pH final foi significativamente ($p<0,01$) mais elevado em peito de aves mantidas no *ante mortem* a 30°C com média de 5,88, do que a 17°C com médias de 5,70 (**QUADRO**

1). Isso é indicação de que, em aves mantidas à temperatura ambiental de 17°C, houve maior extensão nas reações de glicólise no *pectoralis major*, do que no peito de aves mantidas à temperatura de 30°C. Com isso, supõem-se uma maior quantidade de reservas energéticas musculares no momento do abate, em aves do tratamento de 17°C. Esses resultados de pH final conflitam com os relatados por LEE et al. (1976) que observaram em aves estressadas por calor (38°C) pH médio de 5,46 significativamente mais baixo às 24h, do que aves mantidas a 20°C com pH de 5,53.

Em condições de temperaturas ambientais de 17°C, supõem-se baixo gasto de energia destinado a termoregulação. Porém, em temperaturas de 30°C supõem-se um maior consumo de energia, pois os animais necessitam aumentar a irrigação sangüínea das regiões periféricas desprovidas de penas e a frequência cardio-respiratória para a perda de calor através das trocas gasosas do pulmão.

QUADRO 1. Efeitos da temperatura ambiental, distância de transporte e tempo de descanso sobre o pH e valor R em peito de frango.

		15min		1h		24h	
Parâmetros		pH	valor R	pH	valor R	pH	valor R
Ensaio 1 (30°C)		5,98 ^b	1,12 ^a	5,94	1,17 ^a	5,88 ^a	1,39
Ensaio 2 (17°C)		6,08 ^a	1,04 ^b	5,93	1,09 ^b	5,70 ^b	1,40
Ensaio 1 (30°C)							
KM	40	5,97	1,16 ^a	5,94	1,17	5,91	1,38
	160	5,99	1,09 ^b	5,92	1,16	5,84	1,39
TD	0	5,98 ^b	1,21 ^a	5,99	1,14	5,93	1,39
	2	6,07 ^a	1,06 ^b	5,90	1,15	5,83	1,39
	4	5,90 ^c	1,10 ^b	5,90	1,19	5,87	1,37
Ensaio 2 (17°C)							
KM	59	6,09	1,06	5,94	1,12 ^a	5,72	-
	159	6,08	1,03	5,93	1,06 ^b	5,72	-
TD	0	5,88 ^b	1,12 ^a	5,88	1,16 ^a	5,77	-
	2	6,22 ^a	0,96 ^b	5,91	1,03 ^b	5,70	-
	4	6,14 ^a	1,05 ^a	6,00	1,08 ^b	5,68	-

^{a, b} Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

KM = distância de transporte granja/abatedouro em km

TD = tempo de descanso no abatedouro em horas

3.1.2. Efeito do tempo de descanso

As análises de variância para os fatores distância de transporte e tempo de descanso, nos **Ensaio 1** e **2** sobre o pH e valor R aos 15, 1h e às 24h *post mortem*, são apresentadas nos **ANEXOS** de 7 a 17. Os efeitos dos fatores são discutidos separadamente. Nas análises onde foram observadas interações significativas entre esses fatores, os dados são apresentados na forma de **FIGURAS** (itens 3.1.4 e 3.1.5).

Na discussão que segue conforme sugerido por HONIKEL et al. (1981) e evidenciado por SAMS & MILLS (1993), valor R igual ou maior do que 1,10 será utilizado como critério de que a ave se encontra em *rigor mortis*. Da mesma forma, valor de pH igual ou menor a 5,90 será utilizado como valor indicativo para início do *rigor mortis* em peito de frango, conforme adotado por FRONING & NEELAKANTAN (1971), STEWART et al. (1984), DUNN et al. (1993) e DICKENS & LYON (1995).

No **Ensaio 1**, com temperaturas de 30°C, os tempos de descanso afetaram significativamente ($p < 0,001$) o pH e o valor R do *pectoralis major* aos 15min *post mortem* (**QUADRO 1**). Tempos de descanso de 2h resultaram em maior pH e menor valor R do músculo, quando comparado a 0 e 4 horas. Isso demonstrou que a instalação do *rigor mortis* foi mais rápida em aves sem descanso ou descansadas por 4 horas.

Considerando os resultados de pH, obtidos no **Ensaio 1**, os dados médios foram de 5,98, 6,07 e 5,90 para 0, 2 e 4h de descanso. No tratamento de 4h, o valor médio de pH (5,90) correspondeu a peitos em *rigor mortis* aos 15min *post mortem*. Resultados contrários foram reportados por SAMS & MILLS (1993) que encontraram, 1h pós-abate, pH mais baixo em peitos de aves submetidas a 0h com valor de 5,94, do que o pH daqueles peitos oriundos de tratamento de 5h com valor de 6,00.

Considerando os resultados de valor R do *pectoralis major* para os tratamentos de 0, 2 e 4h, as médias para valor R aos 15min foram de 1,21, 1,06 e 1,10, que diferiram entre si. Esses resultados conflitam com aqueles descritos por SAMS & MILLS (1993) que, comparando tratamentos de 0 e 5h, não encontraram diferenças significativas logo após o abate, com médias de 1,02 e 0,97, e aos 60min com médias de 1,09 e 1,12. Comparando os resultados do **Ensaio 1**, observa-se que a fase de *rigor mortis* encontrada aos 15min, em aves sem descanso ou descansadas por 4h foram semelhante aquela relatada por SAMS & MILLS (1993) a 1h pós-abate. SHRIMPTON & MILLER (1960) afirmou que a instalação do *rigor mortis* pode ocorrer em 10min *post mortem* em condições de estresse pré-abate. É possível que, nesse ensaio, a instalação rápida do *rigor mortis* em peito de

aves sem descanso seja resultado do efeito da temperatura ambiental (30°C) e do estresse causado pela pesagem realizada antes da pendura. Nos demais tratamentos, entre a pesagem e o abate, houve intervalos de 2 e 4 horas.

No **Ensaio 2**, conduzido à temperatura de 17°C, os tempos de descanso influenciaram o pH ($p<0,001$) e o valor R ($p<0,01$) aos 15min *post mortem* (**QUADRO 1**). Avaliando os resultados de pH, observa-se que aves sem descanso resultaram em pH mais baixo com média de 5,88 do que aves descansadas por 2 e 4h com médias de 6,22 e 6,14. Quando comparado os dados de valor R, verifica-se que em aves sem repouso, a média de 1,12 foi mais elevada do que aquelas com descanso de 2 e 4h, com valores de 0,96 e 1,05, respectivamente. Esses resultados revelam que aves sem descanso apresentaram menor pH e maior valor R, quando comparado a tratamentos de 2 e 4h, demonstrando uma instalação rápida do *rigor mortis* aos 15min pós-abate nos peitos de frangos sem repouso.

Considerando a concordância nos resultados obtidos nos **Ensaio 1 e 2**, infere-se que independente da temperatura ambiental de conforto térmico ou de estresse calórico, o abate imediato das aves, sem repouso no abatedouro resultou em instalação mais rápida do *rigor mortis*.

Analisando os resultados gerais encontrados para tempos de descanso nos **Ensaio 1 e 2**, observa-se que, em temperaturas de 17°C (**Ensaio 1**), as médias para valor R e pH encontradas 1h *post mortem* foram semelhantes aos resultados obtidos aos 15min *post mortem*, em temperatura de 30°C (**Ensaio 2**). Isso demonstra que os efeitos dos tempos de descanso no *rigor mortis* foram influenciados pelos efeitos das temperaturas ambientais, onde temperaturas de 30°C pré-abate resultaram na instalação mais rápida do *rigor mortis*.

Os músculos das aves submetidas à temperatura ambiente de 17°C e descansadas por 2 ou 4h apresentaram tempos de instalação do *rigor mortis* semelhante aqueles descritos por KIJOWSKI et al. (1982) em músculos de peito. Com isso, seria possível inferir que aves estressadas (ausência do descanso; operação de pesagem; temperaturas elevadas) resultaram em instalação do *rigor mortis* no período de 15min *post mortem*.

3.1.3. Efeito da distância de transporte

No **Ensaio 1**, com temperaturas de 30°C, a distância de transporte influenciou o valor R ($p<0,01$) aos 15min (**QUADRO 1**). Maior Valor R com média de 1,16 foi observado em peito de aves transportadas por distância curta de 40km, do que o valor de 1,09

encontrado em distância longa de 160km. Esses resultados mostram que aves transportadas por distâncias mais curtas apresentaram no *pectoralis major* instalação mais rápida do *rigor mortis*.

No **Ensaio 2** com temperaturas de 17°C, o valor R do *pectoralis major* 1h *post mortem* foi afetado significativamente ($p<0,05$) pelas distâncias de transporte (**QUADRO 1, ANEXO**). Na distância de 59km foi observado valor R de 1,12 significativamente maior do que 1,06 observado para a distância de 159km. Confirmando os resultados obtidos no **Ensaio 1**, aves transportadas por distâncias mais curtas evidenciaram desenvolvimento mais rápido das reações bioquímicas *post mortem*. Os pesquisadores que investigaram o efeito das distâncias de transporte não realizaram a medida de valor R. Entretanto, WARRISS et al. (1993) medindo a concentração de lactato nos músculos peitorais encontrou maior concentração dessa substância (52,4mg/100mL) em aves não transportadas, do que aquelas transportadas por 2h (47,2 mg/100mL), demonstrando que aves sem transporte mostram reações de glicólise mais rápida do que aquelas submetidas a transporte.

Confrontando-se os **Ensaio 1 e 2**, verifica-se que o efeito das distâncias de transporte se manifestou aos 15min *post mortem* à temperatura de 30°C e a 1h *post mortem* na temperatura de 17°C.

Contrariando os resultados de valor R verificado no **Ensaio 1 e 2**, os valores de pH aos 15min e a 1h *post mortem* nos dois ensaios não mostraram diferenças significativas (**QUADRO 1**). Esses dados contrariam aqueles reportados por EHINGER & GSCHWINDT (1979) que descreveram aos 15min, menor pH (5,87) para tempos de transporte de 0h, do que para aves submetidas a transporte por 1 ou 2h (6,30 ou 6,24, respectivamente).

3.1.4. Interação entre distância de transporte e tempo de descanso com o valor R

No **Ensaio 1**, conduzido à temperatura de 30°C, a análise da variância identificou efeito de interação ($p<0,001$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso com o valor R (**FIGURA 2.a, ANEXO 8**). Aves transportadas por distância de 40km sem descanso apresentaram valor R aos 15min *post mortem* acima de 1,30. Em contrapartida, distância de 40km associada a descanso de 2 ou 4h ou distância de 160km associada a descanso de 0, 2 ou 4h mostraram valor R entre 1,05 a 1,10.

Na literatura, valor R médio variando de 1,36 a 1,40 foi descrito por SAMS & MILLS (1993) 1h *post mortem* em músculo de peito de carcaças estimuladas eletricamente e

submetidas a temperaturas elevadas pós-abate. Entretanto, SHRIMPTON & MILLER (1960) descreveram que a instalação do *rigor mortis* em aves pode ocorrer aos 10min *post mortem* em condições de estresse pré-abate.

GÜRTLER et al. (1984) reportaram que a primeira fase do estresse, de “luta ou fuga”, que corresponde ao alto rendimento em termos de disponibilidade e aproveitamento de energia, tem uma duração em torno de 30 minutos. Após, o organismo promove a adaptação ao estresse a partir da liberação de corticosterona. De acordo com essas afirmações, no tratamento 40km-0h, o elevado valor R (acima de 1,30 aos 15min *post mortem*) pode ser atribuído a permanência da primeira fase de estresse, onde maior quantidade de energia está altamente disponível. É possível que o rápido consumo energético *post mortem* seja resultado do fácil acesso da energia às células musculares de aves abatidas em condições de estresse causado pelo transporte, temperatura elevada ou pela pesagem, pois neste tratamento não houve descanso entre pesagem e abate. Por outro lado, esse efeito observado em aves transportadas por distância curta sem descanso desapareceu, quando o descanso foi de 2 a 4 horas. Com isso, foi conjecturado que períodos de 2 ou 4h de descanso permitem o desenvolvimento completo da primeira fase de estresse, resultando no pré-abate em músculos com déficit energético e no pós-abate em músculos com menor velocidade na instalação do *rigor mortis*.

Em aves transportadas por 160km, considerando que o estresse tenha sido desencadeado no início da viagem, foi suposto que este intervalo de tempo de transporte, acima de 2,5h, tenha permitido o desenvolvimento completo da primeira fase do estresse e a implantação dos mecanismos de adaptação a essa circunstância orgânica. Isso explicaria a instalação lenta do *rigor mortis* quando confrontado ao tratamento de 40km-0h. Por outro lado, a semelhança nos resultados de valor R para 0, 2 e 4h de descanso, permitem supor que aves em déficit energético (distância de 160km) ou em fase de adaptação ao estresse, não dispõem de mecanismos efetivos para a neoglicogênese (síntese hepática de glicose), a fim de restabelecer as taxas de glicogênio muscular. Assim, o manejo de descanso pré-abate de até 4h, em aves transportadas por 160km, não cumpre com a função de reposição do glicogênio muscular.

No Ensaio 2, com temperaturas de 17°C foi determinado o efeito de interação ($p<0,01$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso sobre o valor R aos 15min *post mortem* (FIGURA 2.b, ANEXO 9). Aves transportadas por 59km sem descanso apresentaram valor R acima de 1,2, enquanto aves transportadas por 59km com descanso de 2 e 4h ou por 159km com descanso de 0, 2 e 4h mostraram médias de valor R entre

0,95 a 1,05. O comportamento desses resultados (valor R aos 15min) encontrado em temperaturas de 17°C (Ensaio 2) foi semelhante aquele observado em temperaturas de 30°C (Ensaio 1), o que confirma o efeito das distâncias de transporte e tempo de descanso sobre a instalação do *rigor mortis*, conforme discutido no Ensaio 1.

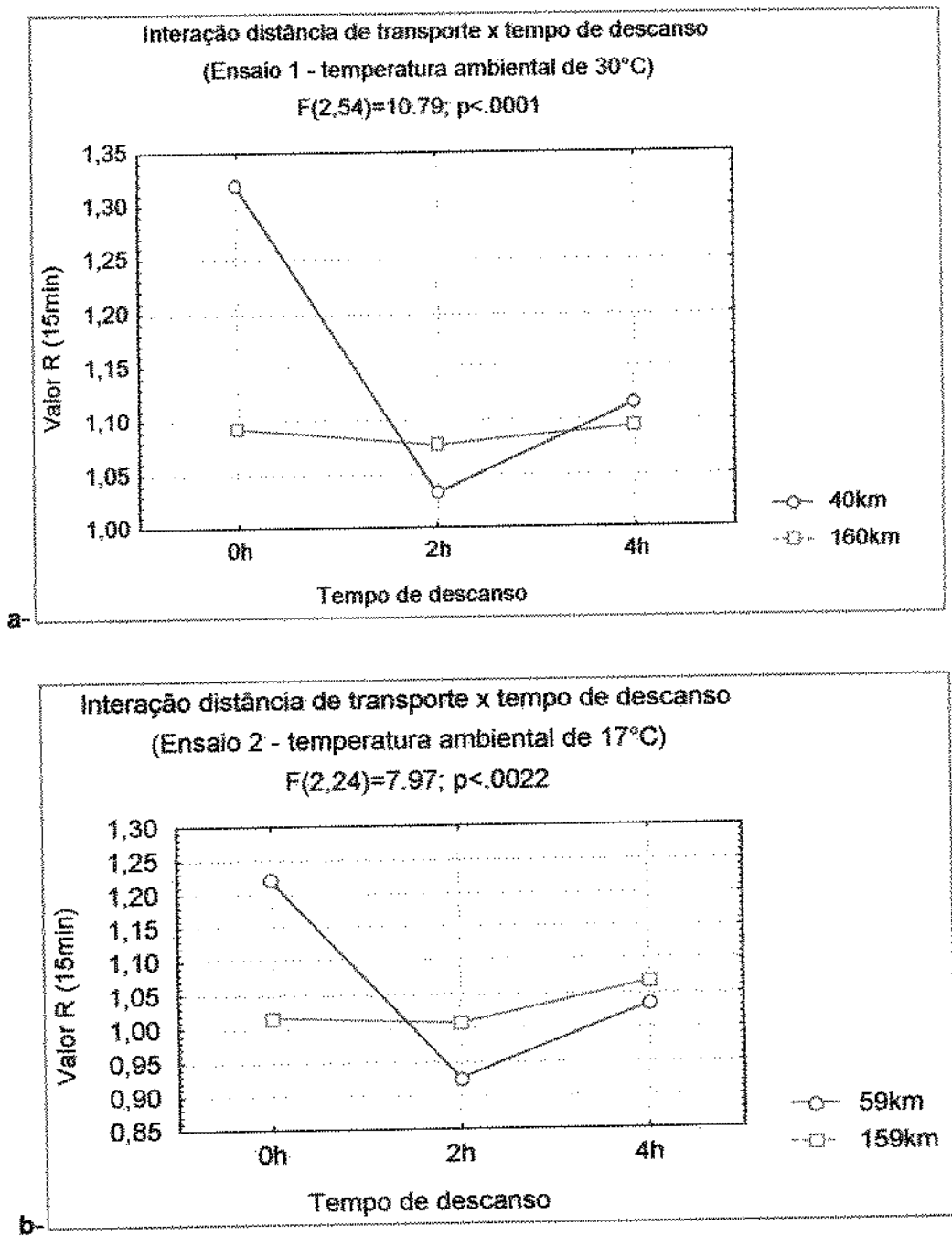


FIGURA 2. Interação da distância de transporte e do tempo de descanso com o valor R aos 15min *post mortem* a- no Ensaio 1 e b- no Ensaio 2.

A diferença observada entre os resultados das interações no Ensaio 1 e 2 foi com relação a fase de instalação do *rigor mortis*. Mantendo o efeito das distâncias de transporte

e dos tempos de descanso, as médias de valor R foram mais elevadas no **Ensaio 1**, com temperaturas de 30°C, do que aquelas observadas no **Ensaio 2**, com temperaturas de 17°C. Essa comparação confirma o efeito das temperaturas ambientais pré-abate sobre o desenvolvimento das reações bioquímicas em músculos de peito de frango.

3.1.5. Interação entre distância de transporte e tempo de descanso com o pH final

Embora a análise da variância não tenha revelado influência significativa para os efeitos das distâncias de transporte e dos tempos de transporte sobre o valor de pH final (**QUADRO 1**), foi determinado interação significativa ($p < 0,01$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso com o pH às 24h *post mortem*, em temperaturas de conforto térmico (**FIGURA 3**, **ANEXO 17**).

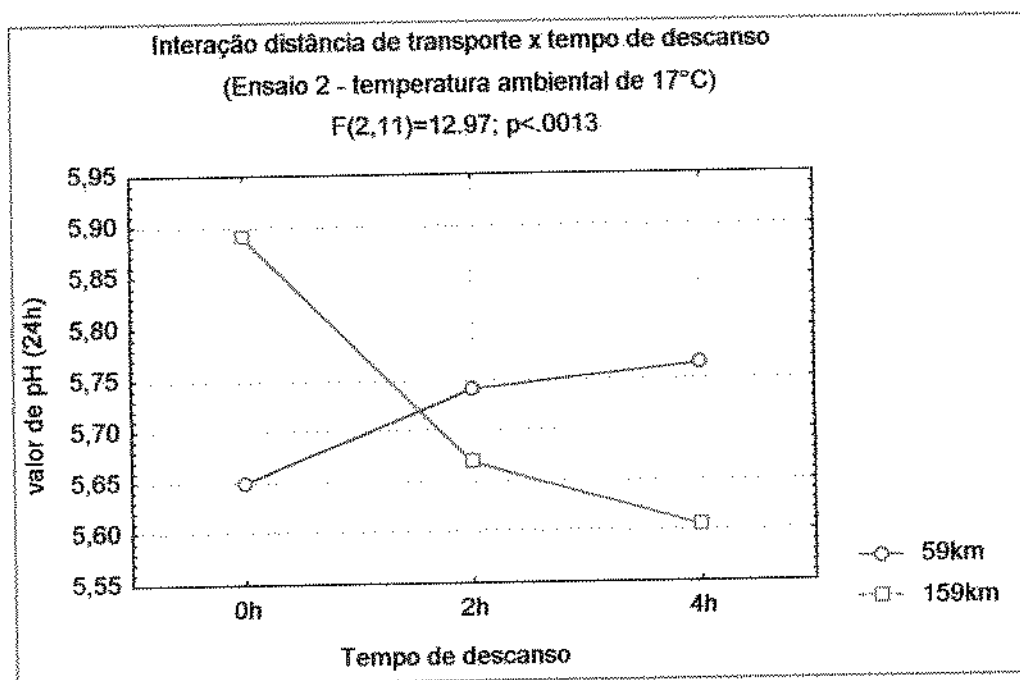


FIGURA 3. Interação da distância de transporte e do tempo de descanso com o pH final.

Aves transportadas por distância curta sem descanso (59km-0h) apresentaram pH final próximo a 5,65, enquanto aves descansadas por 2 ou 4h mostraram pH final próximo a 5,75. Menor pH final supõe maior extensão na glicólise e maior quantidade de energia utilizada no processo glicolítico, o que pode ser explicado pela maior disponibilidade de energia no momento do abate em decorrência do estresse pré-abate. Entretanto, em distância curta associada a descansos de 2 ou 4h foi observado os mais altos valores de pH final. Nesses tratamentos (59km-2h, 59km-4h) também foi observado baixo valor R aos 15min *post mortem* (conforme discutido no item 3.1.4).

Avaliando os resultados em função do tempo de descanso, maiores variações no pH às 24h em músculos de peito foram decorrentes de aves abatidas sem descanso. Entretanto, quando utilizado descansos de 2 ou 4 horas, os valores de pH final ficaram mais próximos.

3.2. Parâmetros de cor

3.2.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate

Os parâmetros de cor foram influenciados significativamente pelas temperaturas ambientais pré-abate, conforme apresentado no **QUADRO 2 (ANEXO 18)**.

a. Teor de vermelho

O valor a^* foi significativamente maior aos 15min ($p<0,001$), 1h ($p<0,01$) e às 24h ($p<0,05$) *post mortem* em peitos de frangos mantidos a temperaturas ambientais pré-abate de 30°C, no **Ensaio 1**, do que aqueles frangos mantidos a temperaturas de 17°C, no **Ensaio 2**. Resultado semelhante foi reportado por FRONING et al. (1978) que comparando tratamentos de 42°C por 1h e 4°C por 20min encontraram maior teor de vermelho com média de 15,7 em peitos de perus estressadas por calor, do que aqueles estressados por frio com valor médio de 12,8.

O maior teor de vermelho em peito de aves mantidas em temperaturas ambientais elevadas (30°C) pode ser atribuído a baixa eficiência da sangria e a permanência de maior quantidade de sangue nos tecidos (conforme verificado no capítulo 2), resultando em maior quantidade de hemoglobina e, por conseguinte, maior quantidade de pigmentos heme (MARRIOT et al., 1967).

QUADRO 2. Efeito da temperatura ambiental, distância de transporte e tempo de descanso sobre os parâmetros de cor (valor L*, a* e b*).

15min				1h				24h				
	n ¹	L ^{*2}	a ^{*3}	b ^{*4}	n ¹	L ^{*2}	a ^{*3}	b ^{*4}	n ¹	L ^{*2}	a ^{*3}	b ^{*4}
Ensaio 1 (30°C)	60	42,00	2,45 ^a	3,28 ^b	55	45,40	2,60 ^a	4,34 ^b	54	48,90 ^a	2,95 ^a	4,20 ^b
Ensaio 2 (17°C)	30	41,90	1,66 ^b	4,64 ^a	30	44,70	2,20 ^b	6,08 ^a	17	46,90 ^b	2,35 ^b	5,51 ^a
Ensaio 1 (30°C)												
KM	40	42,40 ^a	2,54	2,66 ^b	30	45,80	2,66	3,47 ^b	30	48,70	3,30 ^a	3,04 ^b
	160	41,60 ^b	2,34	3,92 ^a	25	45,10	2,53	5,50 ^a	24	48,90	2,50 ^b	5,74 ^a
TD	0	42,70 ^a	2,40	3,40	20	45,60	2,56	4,50	20	49,20	2,90	4,15
	2	41,40 ^b	2,30	3,30	15	46,40	2,51	5,00	15	48,00	2,96	4,70
	4	41,80 ^{ab}	2,70	3,18	20	44,50	2,72	3,91	19	49,20	2,86	4,33
Ensaio 2 (17°C)												
KM	59	44,10 ^a	1,60	5,17 ^a	15	47,70 ^a	2,31	6,35	9	47,60	2,47	6,04
	159	40,00 ^b	1,72	4,11 ^b	15	43,70 ^b	2,02	5,81	8	46,20	2,18	4,91
TD	0	42,80 ^a	1,64 ^b	5,17 ^a	10	44,90 ^a	1,80	6,37	5	46,40	2,58	5,56
	2	42,80 ^a	1,35 ^b	5,32 ^a	10	45,30 ^a	2,18	6,35	6	47,80	2,43	5,85
	4	40,60 ^b	2,00 ^a	3,45 ^b	10	43,80 ^b	2,55	5,50	6	46,40	2,00	5,00

¹ n = número de unidades experimentais formada por 1 peito/média de 6 leituras por peito

² L = luminosidade (preto = 0 e branco = 100)

³ a = tendência para vermelho (verde = -80 e vermelho = 100)

⁴ b = tendência para o amarelo (azul = -50 e amarelo = 70)

^{a e b} médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

KM = distância de transporte granja / frigorífico em km TD = tempo de descanso no abatedouro em horas

b. Teor de amarelo

O valor b^* , em músculos *pectoralis major* foi influenciado significativamente pelas temperaturas ambientais pré-abate aos 15min ($p<0,001$), 1h ($p<0,001$) e às 24h ($p<0,01$) *post mortem* (QUADRO 2). Aves mantidas a temperaturas de 17°C revelaram médias mais elevadas a 1 e às 24h, do que aquelas mantidas a temperaturas 30°C. Contrariando esses resultados FRONING et al. (1978) não observaram diferença significativa para teor de amarelo em peitos de perus estressados por frio ou calor.

c. Luminosidade

O valor L^* , às 24h *post mortem* foi afetado significativamente ($p<0,001$) pelas temperaturas ambientais pré-abate (QUADRO 2). Em peitos de aves mantidas em temperaturas elevadas (30°C) foi encontrado maior luminosidade com média de 48,90, do que em peitos de aves mantidas em temperaturas ambientais de conforto térmico (17°C) com média de 46,90. Esses resultados conflitam com os reportados por FRONING et al. (1978) que encontraram maior valor L^* (45,0) em peitos de perus estressados por frio, do que aqueles estressados por calor (41,1).

Considerando o efeito das temperaturas ambientais pré-abate sobre os parâmetros de cor foi possível inferir que o efeito da temperatura se manifestou a partir de 15min *post mortem*. Avaliando o conjunto da composição de cor foi observado que peitos provenientes de aves mantidas no pré-abate em temperaturas ambientais elevadas (30°C) e com rápida glicólise (pH de 5,98 contra 6,08 para aves submetidas a temperaturas de 17°C) se apresentaram com maior luminosidade (L^* de 48,9 contra 46,9 para aves sob 17°C), maior teor de vermelho (a^* igual a 2,95 contra 2,35 para aves do grupo de 17°C) e baixo teor de amarelo (b^* igual a 4,20 contra 5,51 para o grupo de 17°C). Estes resultados conflitam com SEEMANN (1986) que avaliando grupos de aves com pH baixo (5,79), médio (6,32) e alto (6,76) aos 15min pós-abate não observou diferenças significativas para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , em músculos de peito de frango.

3.2.2. Efeito da distância de transporte

As análises de variância para os fatores distância de transporte e tempo de descanso, nos Ensaios 1 e 2 sobre os parâmetros de cor aos 15, 1h e às 24h *post mortem*, são apresentadas nos ANEXOS de 19 a 24. Os efeitos dos fatores são discutido

separadamente. Nas análises onde foram observadas interações significativas entre esses fatores, os dados são apresentados na forma de **FIGURAS**, nos itens 3.2.4, 3.2.5 e 3.2.6.

a. Teor de vermelho

Efeito significativo ($p < 0,05$) das distâncias de transporte sobre o valor a^* foi observado às 24h, em temperaturas ambientais de 30°C no **Ensaio 1 (QUADRO 2)**. Em peito de aves transportadas por distância curta (40km) foi observado maior teor de vermelho, do que em peitos de aves transportadas por distância longa (160km). Embora sem diferença significativa aos 15min e a 1h, no **Ensaio 1**, e nos demais momentos de determinação, no **Ensaio 2**, a tendência dos resultados foi semelhante.

Relacionando o teor de vermelho com a eficiência da sangria, em aves transportadas por distancia longa (160km) em temperaturas ambientais de 30°C é esperado menor eliminação de sangue, do que em aves transportadas por 40km (conforme discutido no capítulo 2). Dessa forma, seria esperado maior teor de vermelho em aves transportadas por 160km, entretanto maior teor de vermelho foi encontrado no tratamento de 40km. Com isso, foi evidenciado que o comportamento dos resultados para teor de vermelho, frente as diferentes distâncias de transporte parece não estar associado ao desempenho da sangria.

Conforme observado pelo valor R, aves transportadas por distâncias mais curtas mostraram desenvolvimento mais rápido das reações bioquímicas *post mortem* (item 3.1.3), associando estas informações com os resultados de valor a^* foi possível deduzir que o teor de vermelho em peito de frango, frente a situações que desencadeiam a rápida instalação do *rigor mortis* tem comportamento contrário, daquele observado em suínos conforme descrito por SAYRE (1961) e SAYRE et al. (1963).

Os autores que estudaram o efeito das distâncias ou tempo de transporte não realizaram medidas de cor. CONTRERAS (1995), em estudo de estimulação elétrica e tipo de desossa, utilizando metodologia para determinação de cor semelhantes a deste trabalho, encontraram variações médias para valor a^* de 1,9 a 3,0. As médias obtidas no presente trabalho variaram de 2,18 a 3,30 às 24h *post mortem*, revelando que os valores médios para teor de vermelho encontram-se numa faixa de normalidade.

b. Teor de amarelo

No **Ensaio 1** com temperaturas ambientais de 30°C, o valor b^* em peito de frangos foi influenciado significativamente ($p<0,001$) aos 15min, 1h e às 24h *post mortem* (**QUADRO 2**). Aves transportadas por distância longa (160km) resultaram em peitos com maior teor de amarelo, do que aves submetidas a distância curta de transporte (40km).

No **Ensaio 2** com temperaturas ambientais pré-abate de 17°C, o valor b^* foi afetado significativamente ($p<0,01$) pelas distâncias de transporte às 24h *post mortem* (**QUADRO 2**). Aves transportadas por distância curta (59km) resultaram em peitos com maior teor de amarelo às 24h, do que aves transportadas por distância longa (159km). Essa tendência foi observada aos 15min e 1h pós-abate.

Avaliando os resultados do teor de amarelo frente a distâncias longas e curtas no **Ensaio 1 e 2**, observa-se que o efeito da distância está associado à temperatura ambiental pré-abate. Em temperaturas elevadas (30°C), a distância longa (160km) resultou em peitos com maior teor de amarelo, por outro lado em temperatura de conforto térmico (17°C) distância longa (159km) mostraram peitos com menor teor de amarelo.

CONTRERAS (1995), em estudo de estimulação elétrica e tipo de desossa, encontrou variações para o valor b^* de 4,1 a 5,6, enquanto os resultados médios para distância de transporte encontrados neste trabalho variaram de 3,04 a 6,04 às 24h *post mortem*. Confrontando os resultados desse autor com os resultados obtidos no presente trabalho, foi elucidado que as distâncias de transporte provocaram maior variação no teor de amarelo em peito de frangos, do que os tratamentos utilizados por CONTRERAS (1995). A variação média obtida para o efeito da temperatura às 24h *post mortem* foi de 4,20 a 5,51, evidenciando que o efeito do transporte associado a temperatura provocou maiores variações médias do que o efeito da temperatura isolada.

c. Luminosidade

No **Ensaio 1** com temperaturas de 30°C, foi revelado pela análise da variância efeito significativo ($p<0,05$) das distâncias de transporte sobre o valor L^* em peito de frangos aos 15min *post mortem* (**QUADRO 2**). Frangos transportados por 40km apresentaram média de luminosidade no peito ligeiramente maior, do que aqueles transportados por distância de 160km, entretanto essa tendência não foi mantida a 1h e às 24h do abate.

No **Ensaio 2** com temperaturas de 17°C, as distâncias afetaram significativamente ($p<0,001$) o valor L^* aos 15min e 1h *post mortem*. Em peitos de aves transportadas por distância curta (59km) foi verificado maior luminosidade, do que em peitos de aves transportadas por distância longa (159km). Essa tendência foi mantida às 24 hora do abate.

Considerando os resultados para luminosidade em peito de frango, observa-se que o efeito das distâncias foi mais pronunciado em temperaturas de conforto térmico (17°C). Em temperaturas elevadas (30°C) este efeito desaparece após 15min do abate. Isso revela que a luminosidade em peito de frango é mais sensível aos efeitos da temperatura ambientais pré-abate do que aos efeitos das distâncias de transporte.

As variações no valor L^* encontradas neste trabalho para o efeito da distância de transporte foram de 46,20 a 48,90 às 24h *post mortem*. CONTRERAS (1995) em estudo de estimulação elétrica e tipo de desossa descreveu variações para valor L^* de 46,4 a 49,7. Isso mostra que os resultados para luminosidade, obtidos no presente trabalho foram mantidos numa faixa de normalidade.

3.2.3. Efeito do tempo de descanso

a. Teor de vermelho

No **Ensaio 2** com temperaturas ambientais de 17°C, foi revelado pela análise da variância efeito significativo ($p<0,05$) dos tempos de descanso sobre o valor a^* aos 15min *post mortem* (**QUADRO 2**). Em peito de aves descansadas por 4h foi verificado maior teor de vermelho com média de 2,00, do que em peitos de aves descansadas por 0 ou 2h com resultados de 1,64 e 1,35. Essa tendência foi mantida também a 1h pós-abate nos **Ensaio 1** e **2**.

b. Teor de amarelo

No **Ensaio 2** com temperatura de 17°C, o valor b^* foi afetado significativamente ($p<0,01$) pelos tempos de descanso aos 15min pós-abate (**QUADRO 2**). Em peitos de aves descansadas por 4h foi verificado menor teor de amarelo, do que em peitos de aves descansadas por 0 ou 2 horas. Essa tendência foi mantida a 1h *post mortem*.

c. Luminosidade

No **Ensaio 1** com temperaturas de 30°C, o valor L^* foi influenciado significativamente ($p<0,05$) pelos tempos de descanso aos 15min *post mortem* (**QUADRO 2**). A luminosidade em peitos de aves sem descanso, com média de 42,70, foi estatisticamente diferente daquela observada em peitos de aves submetidas a descanso de 2h com média de 41,40. Na prática, essa diferença foi pequena, e a tendência de aves descansadas por 2h apresentarem menor luminosidade, do que as demais não foi mantida.

No **Ensaio 2** com temperaturas de 17°C, o efeito dos tempos de descanso sobre a luminosidade em peito de frango foi significativo aos 15min ($p<0,01$) e a 1h ($p<0,001$) *post mortem* (**QUADRO 2**). Aves descansadas por 4h mostraram menor índice de luminosidade no peito, do que aquelas descansadas por 0 ou 2 horas.

Comparando os resultados para a composição da cor em função dos tempo de descanso verifica-se que em temperaturas elevadas (30°C) os tempos de descanso apresentam pequena influência sobre a luminosidade aos 15min e nenhum efeito sobre os parâmetros de cor às 24h *post mortem*. Por outro lado em temperaturas de conforto térmico pré-abate (17°C), o efeito dos tempos de descanso é observado sobre todos os parâmetros de cor aos 15min, de forma que aves descansadas por 4h apresentam peitos com baixa luminosidade, baixo teor de amarelo e elevado teor de vermelho. Essa influência foi mantida sobre a luminosidade 1h *post mortem*. Estes dados revelam que em peito de frango, os parâmetros de cor são mais sensíveis ao efeito da temperatura ambiental pré-abate do que ao efeito do tempo de descanso.

Os tempos de descanso não manifestaram efeito significativo sobre os parâmetros de cor às 24h pós-abate, em temperaturas de 30 ou 17°C.

3.2.4. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com o valor a^*

No **Ensaio 2** com temperaturas de 17°C aos 15min *post mortem* foi observado interação significativa das distância de transporte e dos tempos de descanso sobre o valor a^* (**FIGURA 4.a, ANEXO 22**). Aves transportadas por 59km mostraram um progressivo aumento no teor de vermelho do peito quando o tempo de descanso passou de 0h para 2 e 4 horas.

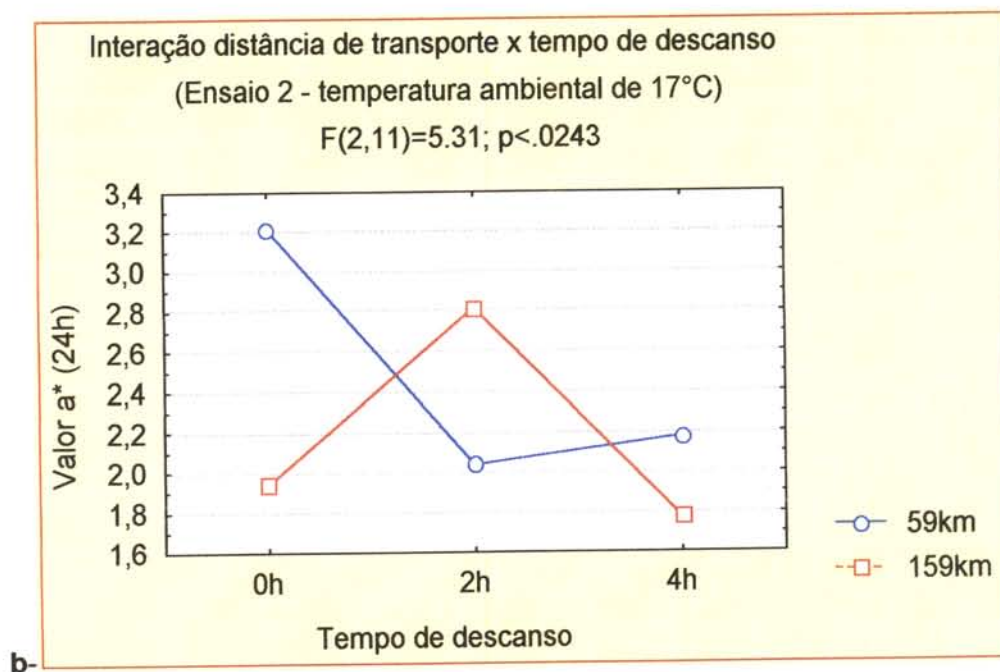
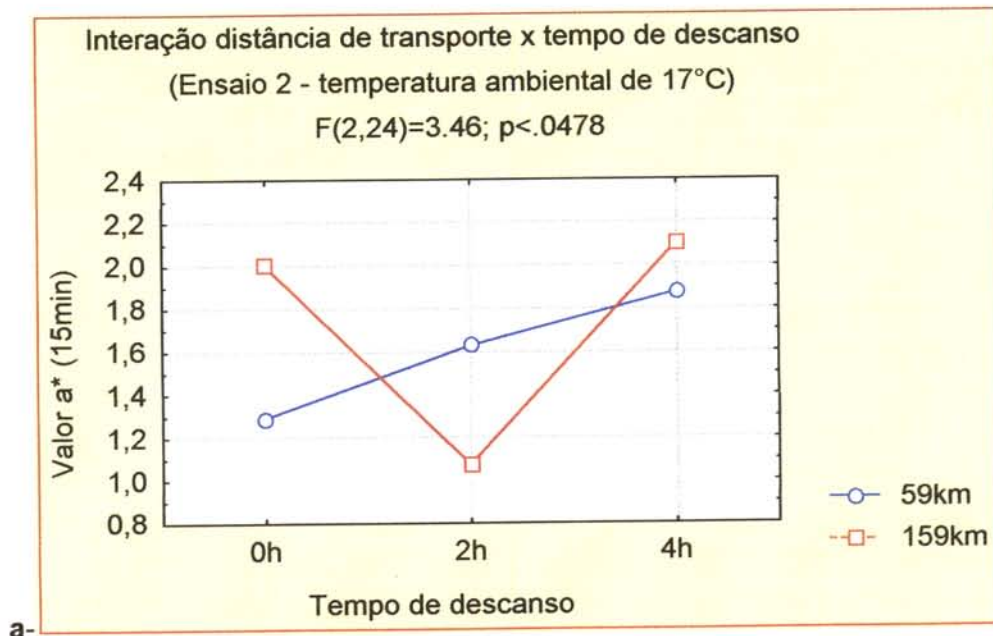


FIGURA 4. Interação da distância de transporte e do tempo de descanso com o valor a^* **a-** aos 15min e **b-** 24h *post mortem*.

Considerando os resultados obtidos para valor R, aves transportadas por distâncias curtas sem descanso (59km-0h) resultaram em instalação mais rápida do *rigor mortis* em relação a aves descansadas por 2 e 4h (conforme discutido no item 3.1.4.a). Quando comparado esse comportamento bioquímico com o teor de vermelho, observou-se que aves com instalação rápida do *rigor mortis* mostraram menor teor de vermelho (59km-0h), enquanto em aves que tiveram instalação do *rigor mortis* retardada, o teor de vermelho foi

maior (59km-2h e 59km-4h). Este raciocínio também explica o comportamento do teor de vermelho para aves transportadas por distância longa sem descanso (159km-0h) ou descansadas por 4h, entretanto não é válido para descanso de 2 horas.

No **Ensaio 2** com temperaturas de conforto térmico, às 24h *post mortem*, a análise da variância determinou interação significativa ($p < 0,05$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso sobre o valor a^* (**FIGURA 4.b, ANEXO 24**). Peitos de aves transportadas por 59km sem tempo de descanso apresentaram-se com elevado teor de vermelho com média acima de 3,0, enquanto aqueles peitos provenientes de aves submetidas a descanso de 2 e 4h mostraram-se com baixo teor de vermelho, com médias inferior a 2,2.

A interação esclareceu que, embora o teor de vermelho tenha sido reduzido aos 15min *post mortem* em peitos de aves com instalação mais rápida do *rigor mortis*, esta associação de tratamentos (59km-0h) resultou em elevado teor de vermelho no peito às 24h pós-abate. Com isso, verifica-se que o efeito do desenvolvimento rápido da glicólise sobre o teor de vermelho em peito de aves às 24h tem comportamento diferente daquele reportado por SAYRE (1961) e SAYRE et al. (1963) para suínos.

3.2.5. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com o valor b^*

No **Ensaio 1**, com temperaturas de 30°C, foi determinado através da análise de variância interação significativa ($p < 0,05$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso sobre o valor b^* aos 15min pós-abate (**FIGURA 5, ANEXO 19**). Em peitos de aves transportadas por distância curta (40km) observou-se um progressivo aumento no teor de amarelo, quando os tempos de descanso passaram de 0h para 2 e 4 horas. Entretanto, quando a distância de transporte foi longa (160km), os tempos de descanso resultaram em progressiva redução no teor de amarelo em peito de aves.

Relacionando os resultados do valor b^* com os resultados de valor R (discutido no item 3.1.4.a) foi verificado que em peitos de aves (40km-0h) com rápida instalação do *rigor mortis* (valor R elevado) apresentaram-se com baixo teor de amarelo. Por outro lado, aves (160km-0h) com instalação do *rigor mortis* retardada (valor R baixo) mostraram-se com elevado teor de amarelo. Assim, pode-se inferir que aos 15min *post mortem*, além do teor de vermelho, o teor de amarelo também é afetado pela velocidade das reações químicas pós-abate.

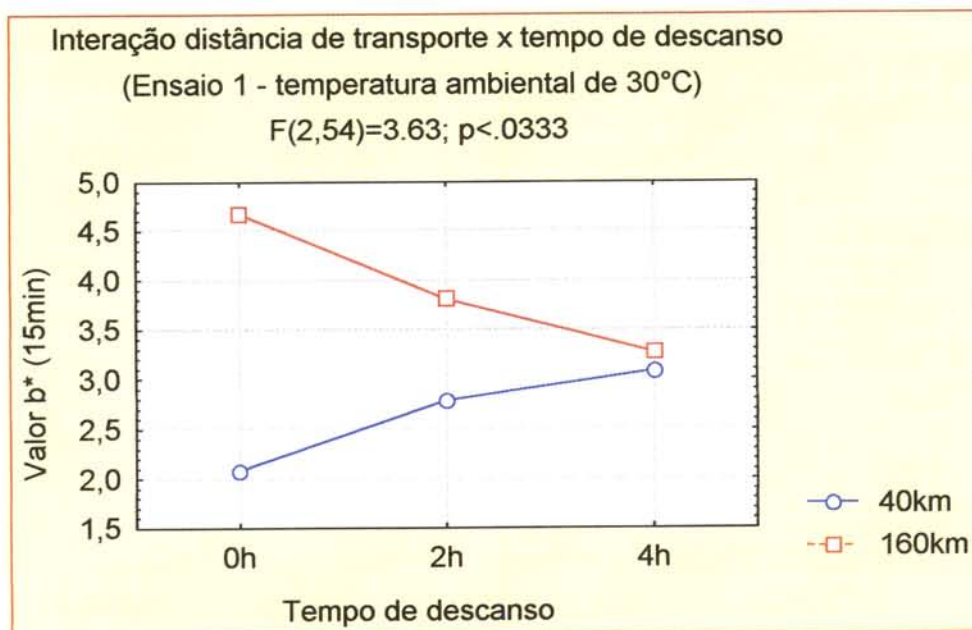


FIGURA 5. Interação da distância de transporte e do tempo de descanso com o valor b^* aos 15min *post mortem*.

3.2.6. Interação da distância de transporte e tempo de descanso com o valor L^*

No **Ensaio 2** com temperaturas ambientais de 17°C, foi determinado interação significativa ($p<0,001$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso sobre o valor L^* a 1h pós-abate (**FIGURA 6, ANEXO 23**). Em peitos de frangos transportados por 59km sem descanso ou descansados por 2h foi observado elevados valores para a luminosidade com médias acima de 46,00, entretanto quando o tempo de descanso aumentou para 4h foi observado valores inferiores a 44,00.

Em condições de conforto térmico, o efeito de distâncias curtas (59km) sobre os resultados de luminosidade foi mantido em aves sem descanso ou descansadas por 2 horas, entretanto em distâncias longas (159km) este efeito foi mantido em todos os tempos de descanso.

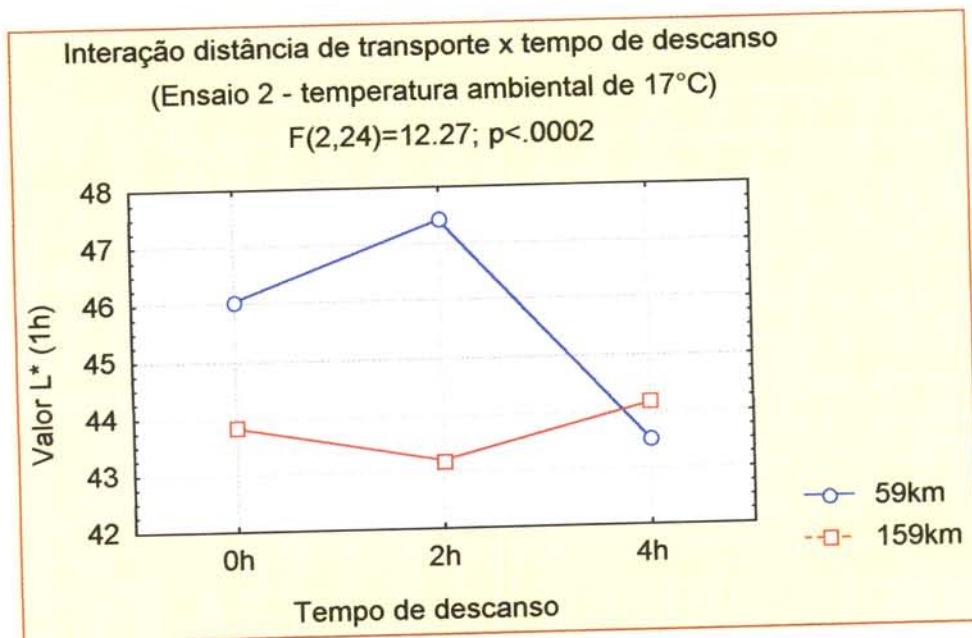


FIGURA 6. Interação da distância de transporte e do tempo de descanso com o valor L^* , 1h *post mortem*.

3.3. Perda de peso por cozimento (PPC)

3.3.1. Efeito da temperatura ambiental pré-abate

A perda de peso por cozimento (PPC) em músculos de peito foi significativamente ($p<0,01$) influenciada pelas temperaturas ambientais pré-abate (**QUADRO 3, ANEXO 25**). Em peitos de aves mantidas em temperaturas ambientais elevadas (30°C) foi observado maior perda no cozimento com média de 28,7%, do que em peitos de aves submetidas a temperaturas de conforto térmico (17°C) com média de 27,2%. Esses resultados coincidiram com os tratamentos onde houve maior velocidade na instalação do *rigor mortis*. Assim, em aves com rápida glicólise *post mortem* foram observadas maiores perdas no cozimento. Estes resultados estão de acordo com aqueles reportados por KIM et al. (1988) que comparando aves sem atordoamento ou com atordoamento elétrico observaram em aves sem atordoamento média de pH mais baixa aos 30min *post mortem* e maior PPC, com média de 30,1%, enquanto em aves com atordoamento convencional foi observado pH elevado aos 30min e menor PPC com média de 27,7%.

QUADRO 3. Efeito das temperaturas ambientais, distância de transporte e tempo de descanso sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC)

Efeitos testados		n	PPC (%)	n	FC (kgf/g)
Ensaio 1 (30°C)		58	28,7 ^a	101	5,77
Ensaio 2 (17°C)		22	27,2 ^b	42	5,47
Ensaio 1 (30°C)					
KM	40	29	29,2	49	5,48 ^a
	160	29	28,2	52	6,00 ^b
TD	0	20	28,6	28	6,00
	2	20	29,1	31	5,62
	4	18	28,4	48	5,58
Ensaio 2 (17°C)					
KM	59	11	27,8 ^a	20	5,62
	159	11	26,6 ^b	22	5,01
TD	0	6	27,0	12	4,42 ^b
	2	9	27,0	12	6,00 ^a
	4	7	27,6	14	5,52 ^a

^{a b} Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

n = número de amostras de peito/ para FC cada peito com média de 6 a 8 repetições

KM = distância de transporte granja / frigorífico em km TD = tempo de descanso no abatedouro em horas

3.3.2. Efeito da distância de transporte

As análises de variância para os fatores distância de transporte e tempo de descanso nos **Ensaio 1** e **2** sobre a perda de peso por cozimento são apresentadas nos **ANEXOS 26** e **27**. O efeito dos fatores são discutido separadamente. Nessas análises não foram observadas interações significativas entre os fatores.

No **Ensaio 2**, com temperaturas ambientais pré-abate de 17°C, a perda de peso por cozimento (PPC) foi significativamente ($p<0,05$) afetada pelas distâncias de transporte (**QUADRO 3**). Em aves transportadas por distância curta (59km) foi observada maior PPC com média de 27,8% do que aquelas transportadas por distância longa (159km) com média de 26,6%. Resultados semelhantes foram reportados por EHINGER & GSCHWINDT (1979) que, transportando aves por tempos de 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6h encontraram maior PPC nas aves submetidas a transporte de 0 e 2 horas. Assim, é confirmado que distâncias de transporte mais curtas resultam em maior perdas no cozimento.

3.3.3. Efeito do tempo de descanso

A análise da variância não determinou efeito significativo do tempo de descanso sobre a perda de peso por cozimento. NGOKA et al. (1982) estudando tempos de jejum de 0 e 15h encontraram médias de PPC de 23,24 e 23,25%, respectivamente. Considerando que quanto maior o tempo de descanso maior é o tempo de restrição alimentar, os resultados obtidos no presente trabalho confirmam os resultados de NGOKA et al. (1982). Com isso, é possível verificar que os tempos de descanso estudados não afetaram a perda no cozimento.

3.4. Força de cisalhamento (FC)

As análises de variância para os fatores distância de transporte e tempo de descanso, nos **Ensaio 1 e 2**, sobre a FC são apresentadas nos **ANEXOS 26 e 27**. O efeito dos fatores são discutido separadamente. Nas análises onde foram observadas interações significativas entre esses fatores, os dados são apresentados na forma de **FIGURAS**, no item 3.4.4.

3.4.1. Efeito da temperatura ambiental

A força de cisalhamento não foi influenciada pelas temperaturas ambientais pré-abate (**QUADRO 3**). Em aves mantidas em temperaturas de estresse calórico (30°C), a força de cisalhamento foi de 5,77kgf/g, enquanto peito de aves submetidas a temperaturas de conforto térmico (17°C) essa média foi de 5,47kgf/g. Esses resultados discordam daqueles obtidos por LEE et al. (1976) que investigando tratamentos de calor (38°C), frio (4,0°C) e frio extremo (-20°C) aplicados por 6h comparado a temperaturas ambientais pré-abate de (20°C) encontraram maior FC em aves estressadas por calor. Também concordando com isso, em peito de perus, FRONING et al. (1978) utilizando temperaturas de 42°C por 1h e 4°C por 20min encontraram médias de 5,88 e 4,44kgf/g, respectivamente. Nestes artigos, os autores descreveram que o efeito dos tratamentos foi significativo sobre a força de cisalhamento em níveis de 5%.

3.4.2. Efeito das distâncias de transporte

No **Ensaio 1** (30°C), a força de cisalhamento foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelas distâncias de transporte (**QUADRO 3**, **ANEXO 26**). A média para FC em peito de aves transportadas por distâncias de 40km foi de 5,48kgf/g, mais baixa do que a média encontrada para aves transportadas por 160km com média de 6,00kgf/g. Embora essa

diferença seja relativamente pequena, os resultados demonstram que aves transportadas por distâncias mais curtas (40km) sob condições de estresse calórico resultam em peitos mais macios. Entretanto, esse efeito das distâncias de transporte sobre a força de cisalhamento não foi verificado quando a temperatura ambiental foi de conforto térmico, no **Ensaio 2 (ANEXO 27)**.

EHINGER & GSCHWINDT (1979) transportando frangos por tempos de 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6h não encontraram diferença significativa para a força de cisalhamento, o que conflita com os resultados observados no **Ensaio 1** e confirma os resultados do **Ensaio 2**.

3.4.3. Efeito do tempo de descanso

No **Ensaio 2** com temperaturas ambientais de 17°C, os tempos de descanso influenciaram significativamente ($p<0,001$) os resultados para a força de cisalhamento (**QUADRO 3**). Em peitos de aves não descansadas foi observado baixa força FC com média de 4,42kgf/g, enquanto em aves descansadas por 2 ou 4h foram observadas médias acima de 5,52kgf/g. Foi demonstrado com isso, que peito de aves não descansadas foram mais macias do que aqueles peitos proveniente de aves descansadas por 2 ou 4 horas.

Na literatura disponível não foram encontrados artigos que tenham avaliado tempos de descanso no abatedouro. Entretanto existe relação entre descanso pré-abate e tempo de restrição alimentar *ante mortem*, onde quanto maior o tempo de descanso maior é o tempo de jejum. SAMS & MILLS (1993) trabalhando com tempos de jejum de 0; 5 e 10h encontraram menor FC em aves sem jejum com média de 15,49kg/g, enquanto maior FC foi verificado em aves com jejum de 5 e 10h com médias de 16,55 e 16,83kg/g, em peito de frangos. Embora sem diferença significativa, a mesma tendência foi observada por NGOKA et al. (1982) que avaliando tempos de jejum de 0 e 15h antes do abate encontraram médias para FC de 1,57 e 1,69kgf, respectivamente.

Considerando a relação entre tempo de descanso no abatedouro e tempo de jejum pré-abate, é observado que houve concordância entre os resultados obtidos no presente trabalho e aqueles reportados por NGOKA et al. (1982) e SAMS & MILLS (1993). Assim, é possível inferir que maior maciez é encontrada em aves sem descanso ou com menor período de jejum.

3.4.4. Interação da distâncias de transporte e tempo de descanso com a FC

No **Ensaio 1** com temperaturas ambientais de 30°C, interação significativa ($p<0,05$) foi determinada pela análise da variância das distâncias de transporte e dos tempos de

descanso com a força de cisalhamento (FIGURA 7.a, ANEXO 26). Em peito de aves transportadas por distância curta sem tempo de descanso (40km-0h) foi observado maior FC com média acima de 6,2kgf/g, do que em peito de aves submetidas a descanso de 2 ou 4h (40km-2h e 40km-4h) com médias abaixo de 5,2kgf/g. Quando analisado o comportamento da maciez em peito de aves transportadas por distância longa (160km), as médias variaram entre 5,8 a 6,2kgf/g.

No **Ensaio 2** com temperatura ambiental de 17°C, foi determinada interação significativa ($p<0,001$) das distâncias de transporte e dos tempos de descanso com a FC (FIGURA 7.b, ANEXO 27). Nesse, em aves transportadas por distância curta (59km) com descanso de 2 ou 4h foi verificado em peito de frango média de FC acima ou próxima a 6,5kgf/g, enquanto aves sem descanso apresentaram média inferior a 4,0kgf/g. Quando analisado distâncias longas (159km), aves sem descanso ou descansadas por 2 ou 4h mostraram para FC médias entre 4,5 a 5,5kgf/g.

Confrontando os resultados obtidos nos **Ensaio 1** e **2** foi observado que a maior variação nas médias de FC foram encontrados nos tratamentos de distâncias curtas (40 e 59km), em contrapartida distâncias longas mostraram médias semelhante.

Quando comparado os efeitos da temperatura sobre a maciez em aves transportadas por distâncias longas (160km e 159km) foi observado médias mais elevadas para a FC (5,8 a 6,2kgf/g) em temperaturas elevadas de 30°C, do que em temperaturas de conforto térmico de 17°C (4,5 a 5,5kgf/g). Esse confronto de resultados, entre os ensaios, confirmam a tendência observada para o efeito das temperaturas ambientais sobre a FC (discutido no item 3.5.1), onde temperaturas elevadas resultam em menor maciez.

Os tratamentos de distâncias curtas (40 e 59km) associados aos tempos de descanso mostraram para a FC comportamento contrário, quando a temperatura passou de 30°C para 17°C (FIGURA 7. a e b). Aves submetidas a estresse calórico (30°C), transportadas por distância curta sem tempo de descanso (40km-0h) mostraram elevada força de cisalhamento (6,2kgf/g), enquanto aves mantidas em temperaturas ambientais de conforto térmico (17°C), submetidas a tratamento semelhante (59km-0h) apresentaram reduzida força de cisalhamento (3,6kgf/g).

Analisando as médias gerais observadas nas interações (FIGURA 7. a e b), a variação para FC foi de 3,6 a 6,5kgf/g. CONTRERAS (1995) descreveu que os valores de FC para músculos de peito desossados convencionalmente foram na faixa de 5,5 a 5,8kgf/g. LYON & LYON (1990) narraram que valores de até 7,5kgf/g podem ser

considerados como macios, entretanto SIMPSON et al. (1974) propuseram valores até 8kgf/g.

Considerando para a força de cisalhamento os pontos referenciais descritos por CONTRERAS (1995) e por LYON & LYON (1990), é possível estabelecer que aves transportadas por distâncias longas em temperaturas de estresse calórico foram mais duras, com médias acima de 5,8kgf/g, do que aquelas transportadas por distâncias longas em condição de conforto térmico com médias abaixo de 5,5kgf/g. Entretanto, as médias gerais foram abaixo de 7,5kgf/g e desta forma podem ser classificadas como macias.

Com relação ao tempo de descanso e temperatura ambiental, as maiores variações na maciez foram associadas a distâncias curtas em animais sem descanso. Em condições de temperaturas de estresse calórico, amostras de aves descansadas por 2 e 4h foram mais macias do que o padrão estabelecido por CONTRERAS (1995). Por outro lado, em temperaturas de conforto térmico aves descansadas por 2 ou 4h resultaram em peitos menos macios do que o padrão mencionado.

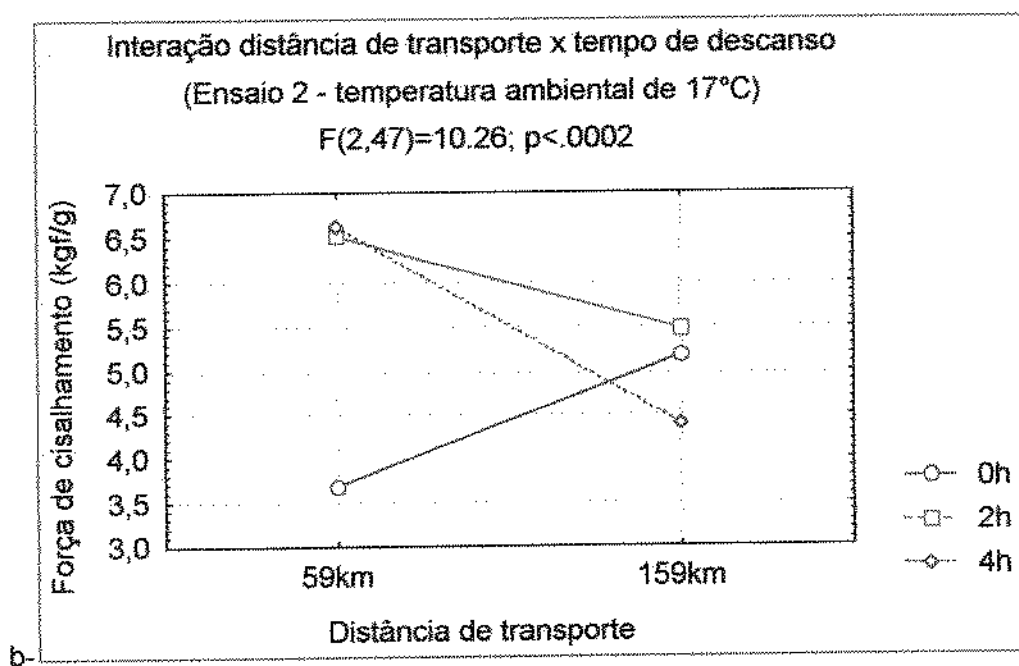
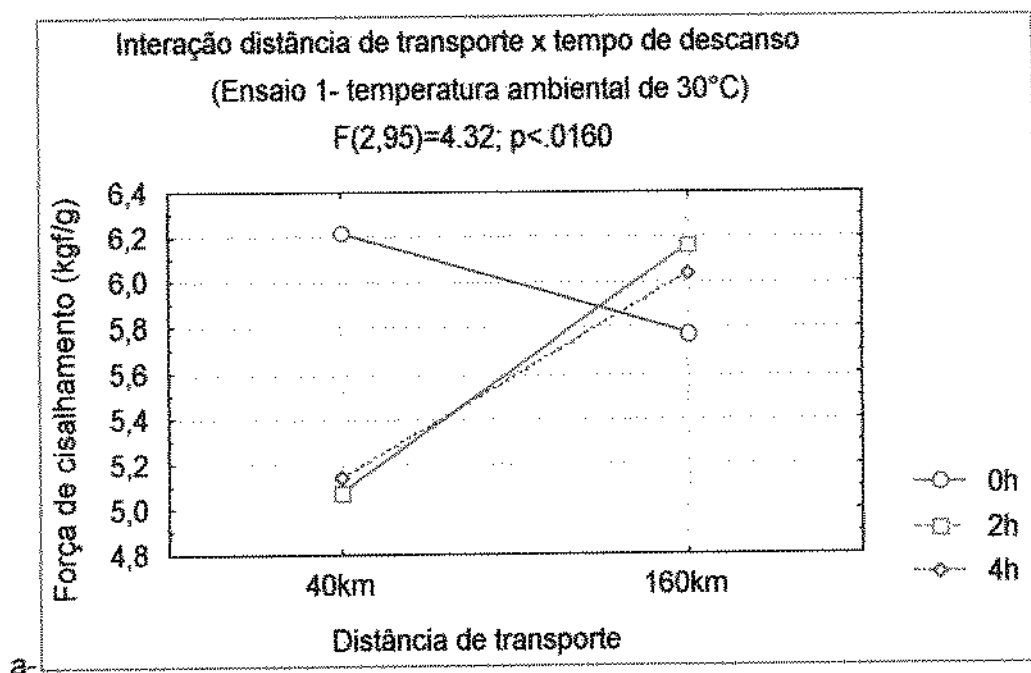


FIGURA 7. Interação das distâncias de transporte e dos tempos de descanso com a FC: a- Ensaio 1; b- Ensaio 2.

3.5. Análise sensorial

Os fatores pré-abate não afetaram significativamente os atributos maciez, suculência, sabor e qualidade global (QUADRO 4, ANEXOS 28, 29 e 30).

3.5.1. Maciez

Os resultados médios de escore para maciez no Ensaio 2 nos tratamentos de tempos de descansos de 0, 2 e 4h foram de 6,71; 6,29 e 5,86, respectivamente (QUADRO 4). Nesses tratamentos de 0, 2 e 4h foram encontradas para força de cisalhamento médias de 4,42, 6,00 e 5,52kgf/g, respectivamente (QUADRO 3). Embora sem diferença significativa, o maior escore para maciez correspondeu ao tratamento com maior maciez (menor força de cisalhamento).

QUADRO 4. Efeito da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso nos diferentes atributos sensoriais.

Fatores testados		n	maciez ¹	Suculência ²	Sabor ³	q. global ⁴
Ensaio 1 (30°C)		114	6,42	5,93	8,11	7,37
Ensaio 2 (17°C)		57	6,27	5,53	8,10	7,11
Ensaio 1 (30°C)						
KM	40	57	6,70	5,84	8,26	7,55
	160	57	6,17	6,01	7,97	7,20
DT	0	38	6,42	5,74	7,93	7,30
	2	38	6,30	5,94	8,28	7,18
	4	38	6,58	6,10	8,14	7,65
Ensaio 2 (17°C)						
KM	59	28	5,98	5,52	7,89	6,70
	159	29	6,59	5,54	8,30	7,51
	0	19	6,71	5,41	8,36	7,61
TD	2	19	6,29	5,73	8,11	6,91
	4	19	5,86	5,46	7,83	6,79

¹ Média de escores para o atributo maciez (0= extremamente duro e 10= extremamente macio)

² Média de escores para o atributo suculência(0= muito seco e 10= muito suculento,)

³ Média de escores para o atributo sabor (0= não característico e 10= muito característico)

⁴ Média de escores para o atributo qualidade global (0= pouco apreciado e 10= muito apreciado)

n= número de unidades experimentais

KM = Distância de transporte granja / frigorífico em km

TD = tempo de descanso em horas

Em músculos de peito desossados convencionalmente, CONTRERAS, (1995) descreveu que, os valores observados na análise sensorial com relação a maciez foram na faixa de 6,3 a 7,6, quando observado força de cisalhamento na faixa de 5,5 a 5,8kgf/g. Isso mostrou que no presente trabalho, os valores médios atribuídos a maciez em relação a força de cisalhamento foram menores, do que aqueles descritos por CONTRERAS (1995).

Em outro estudo que avaliou o efeito das interações entre atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa sobre a força de cisalhamento e escore de maciez, CONTRERAS (1995) encontrou médias para escore de maciez que variaram de 7,6 a 3,7 em peitos onde foram registrados resultados médios de 4,4 a 10,9kgf/g, respectivamente. Entretanto, em resultados médios de 4,9; 6,5 e 8,0kgf/g, as médias para a maciez foram de 7,5; 6,8 e 6,0, respectivamente. Com a acareação desses resultados, é possível verificar que o teste sensorial foi efetivo, quando as variações na força de cisalhamento foram extremadas, entretanto em variações de 4,9 a 8,0kgf/g, o teste demonstrou baixa efetividade.

3.5.2. Qualidade global

Os resultados médios de qualidade global no **Ensaio 2** para tempos de descansos de 0, 2 e 4h foram de 7,61; 6,91 e 6,79, respectivamente (**QUADRO 4**). Nesse mesmo ensaio para força de cisalhamento (FC), nos tratamentos de tempo de descanso de 0, 2 e 4h foram determinadas médias de 4,42; 6,00 e 5,52kgf/g, respectivamente (**QUADRO 3**). Mesmo sem diferença significativa, o tratamento com menor FC recebeu escore médio mais elevado. Avaliando o efeito das interações entre atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa, CONTRERAS (1993) encontrou escores médios mais elevados para qualidade global em peitos onde foi determinado baixa FC.

4. CONCLUSÕES

- A instalação do *rigor mortis* no *pectoralis major* foi acelerada em condições de estresse calórico pré-abate (30°C), distâncias curtas (40 e 59km) de transporte da granja ao frigorífico e ausência de tempo de descanso.
- As condições de conforto térmico pré-abate (17°C) associado a tempos de descanso de 2 e 4h resultaram em velocidade lenta de glicólise e, por conseguinte, atraso na resolução do *rigor mortis* em músculos *pectoralis major*.
- As temperaturas ambientais, de estresse calórico (30°C) ou de conforto térmico (17°C), foram responsáveis por significativas variações em todos os parâmetros de cor nos músculos de peito de aves.
- Aves mantidas no pré-abate em temperaturas ambientais elevadas (30°C) apresentaram peitos com elevada luminosidade, alto teor de vermelho e baixo teor de

amarelo. Por outro lado, em temperaturas de conforto térmico, os peitos mostraram reduzida luminosidade, baixo teor de vermelho e elevado teor de amarelo.

- Aves transportadas por distâncias curtas (40km) em circunstâncias de estresse calórico, os músculos peitorais manifestaram elevado valor de vermelho e baixo teor de amarelo.
- O efeito das distâncias de transporte sobre a perda de peso por cozimento foi revelado em temperaturas ambientais pré-abate de conforto térmico. Distâncias curtas (59km) aumentaram a perda de peso por cozimento.
- A força de cisalhamento foi afetada pelas diferentes distâncias de transporte. Aves transportadas sob temperatura de 30°C por distância curta (60km) resultaram em peitos mais macios. Também, amostras mais macias foram observadas em aves sem descanso, quando a temperatura ambiental foi de 17° C

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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: **The Structure and Function of Muscle**. New York, Academic Press. v.2. p.143-57. 1973.
- BILGILI, S. F.; EGBERT, W. R.; HOFFMAN, D. L. Research note: Effect of postmortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *pectoralis major*. **Poultry Science**. Champaign, v. 68, n.11, p.1588-91. 1989.
- CONTRERAS, C. J. C. Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango "*Pectoralis major*". Campinas, 1995. 150p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- DEAN, P.; SUTTON, H.; PROUDFOOT, F. G. The effect of environmental flock treatments on broiler carcass quality. **Poultry Science**. Champaign, v.51, n.4, p.1476-7. 1972.
- DeFREMERY, D.; POOL, M. The influence of post-mortem glycolysis on poultry tenderness. **Food Research**. Chicago, v.28, n.2, p.173-6. 1962.

- DICKENS, J. A.; LYON, C. E. The effects of electric stimulation and extended chilling times on the biochemical reactions and texture of cooked broiler breast meat. **Poultry Science**. Champaign, v.74, n.3, p.2035-40. 1995.
- DUKE, G. E.; BASHA, M.; NOLL, S. Optimum duration of feed and water removal prior to processing in order to reduce the potential for fecal contamination in turkeys. **Poultry Science**. Champaign, v.53, p.516-22. 1997.
- DUNN, A. A.; KILPATRICKS, D. J.; GAULT, N. F. S. Effect of post mortem temperature on chicken Pectoralis major: muscle shortening and cooked meat tenderness. **British Poultry Science**. Langford, v.34, n.4, p.689-97. 1993.
- EHINGER, F.; GSCHWINDT, B. The effect of transport on poultry. II. The influence of transport time on the physiological characteristics of male and female broilers. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.59, n.3, p. 401-4. 1979.
- FISCHER, K. Transport of slaughter animals. Effects, weaknesses, measures. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.76, n.5, p.521-6. 1996.
- FLETCHER, D. L. Ante mortem factors related to meat quality. *In*: **EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 10th**, Doorwerth, 1991. *Proceedings...* Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services. 1991. p.11-9.
- FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B. Fundamentos de ciencia de la carne. Traduzido por Bernabé Sanz Pérez. Zaragoza. ACRIBIA, S. A. (ed.) 1979. 364p. Tradução de: Principles of Meat Science.
- FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of *post mortem* electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**. Champaign, 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 colour and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.57, n.3, p.630-3. 1978.
- FRONING, G. W.; NEELAKANTAN, S. Emulsifying characteristics of pre-rigor and post-rigor poultry muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.50, n.4, p.839-45. 1971.

- GÜRTLER, H., KETZ, H. A. KOLB, E. L. **Fisiologia Veterinária**. KOLB, E.L. (ed.) traduzido por Waldir Gandolfi. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 1984. 612 p. Tradução de Lehrbuchder Physiologie der Haustiere.
- HAMM, R. Postmortem changes in muscle with rigor to processing of hot-boned beef. **Food Techonology**. Cleveland, v.36, n.11, p.105-15. 1982.
- HILLEBRAND, S. J. W.; VAN DER LEUN, M.; SMULDERS, F. J. M.; KOOLMEES, P. A. Glycolytic rate and sensory quality of turkey Pectoralis superficialis physical chemical and morphological muscle characteristics. *In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 10th*, Doorwerth, 1991. *Proceedings...* Beekbergen: Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services. p.45-53. 1991.
- HONIKEL, K. O.; FISCHER, C. A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal Food Science**. Chicago, v.42, n.6, p.1663-76. 1977.
- HONIKEL, K. O.; FISCHER, C.; HAMID, A. ; HAMM, R. Influence of post mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**. Chicago, v.46, n.1, p.1-7. 1981.
- KIJOWSKI, J.; NIEWIAROWICZ, A. ; KUJAWSKA-BIERNAT, B. Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. **Journal of Food Technology**. Mysore, v.17, n.5, p.553-60. 1982.
- KIM, J.W.; FLETCHER, D. L.; CAMPION, D. R. Effect of electrical stunning and hot deboning on broiler breast meat characteristics. **Poultry Science**. Champaign, v.67, n.4, p.674-676. 1988.
- LAWRIE, R. A. Meat Science. 5th. Pergamon Press (ed). New York, NY. 1991.
- LEE, Y. B.; HARGUS, G. L.; HAGBER, G. Effect of antemortem environmental temperatures on posmortem glycolysis and tenderness in excised broiler breast muscle. **Journal of Food Science**. Chicago, v.41, n.4, p.1466-9. 1976.
- LYON,C.E; LYON, B.G. The relationship of objective: shear value and vensory vests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**. Champaign, v.69, n.8, p.1420-7. 1990.

- MARPLE, D. N.; CASSENS, R. G. A mechanism for stress susceptibility in swine. **Journal Animal Science**. Chicago, v.37, p.546-56. 1973.
- MARRIOT, N. G; NAUMANN, H. D., STRINGER, W.C; HEDRICK, H.B. Color stability of prepackged fresh beef as influenced by pre-display environments **Food Technology**. Cleveland, v. 21, n.2, p.104-10. 1967.
- MELLOR, D. B.; STRINGER, P. A.; MOUNTNEY, G. J. The influence of glycogen on tenderness of broiler meat. **Poultry Science**. Champaign, v 37, p.1028-9. 1958.
- MURRA, Y.; ROSENBERG, M. M. Studies on blood sugar and glycogen levels in chickens. **Poultry Science**. Champaign, v.32, p.805-11. 1953.
- NGOKA, D. A; FRONING, G. W; LOWRY, S. R.; BADJI, A. S. Effects of sex, age , preslaughter factors and holding conditions on the quality characteristic and chemical composition of turkey breast muscle. **Poultry Science**. Champaign, v. 67, n.4, p.635-40. 1982.
- OSMAN, A. M. A ; TAWFIK, E. S.; RISTIC, M.; HEBELER, W.; KLEIN, F. W. Effects of environmental temperature on fattening performance, carcass quality and meat quality of broilers of both sexes and various ages. V. Physical and chemical meat quality traits. **Archiv fuer Gefluegelkunde**. Stuttgart, v.54, n.1, p.20-8. 1990.
- RISTIC, M. The effect of transport stress on the meat properties of broilers. **Fleischwirtschaft**. Kulmbach, v.58, n.6, p.1031-4. 1978.
- RISTIC, M. The relation between duration of fattening, retail grade and meat quality of broilers. **Fleischerei**. Frankfurt, v.30, n.9, p.696-8. 1979.
- RISTIC, M.; ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M.; MAURUS-KUKRAL, E. Fattening performance and carcass quality of male broilers during prolonged fattening. **Mitteilungsblatt der Bundesanstalt fuer Fleischforschung**. Kulmbach, n.107, p.14-8. 1990.
- SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler Pectoralis to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**. Champaign, v.72, n.9, p.1789-96. 1993.

- SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J.; HOEKSTRA, W. G.; BRAY, R. W. Effect of preslaughter change to a cold environment on characteristics of pork muscle. **Journal Animal Science**. Chicago, v.20, n.3, p.487-92. 1961.
- SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J.; HOEKSTRA, W. G.; BRAY, R. W. Alteration of post mortem change in porcine muscle by preslaughter heat treatments and diet modification. **Journal Food Science**. Chicago, v.28, p.292-7. 1963.
- SEEMANN, G. Beziehungen zwischen der pH wert Änderung nach dem schlachten und anderen fleischqualitätsparametern beim hähnchen. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v. 66, n.4, p. 604-6. 1986.
- SHRIMPTON, D. H.; MILLER, W. S. Some causes of toughness in broilers. II. Effects of breed, management and sex. **Poultry Science**. Champaign, v.1, p.111-16. 1960.
- STATGRAPHICS® - Statistical Graphics System by Statistical Graphics Corporation. Versão 5.1. STSC, Inc. Maryland. 1989.
- STATISTICA. Copyright © Stat Soft, Inc. Release 5.0. Tulsa. 1995.
- STEWART, M. K., FLETCHER, D. L. ; HAMM, D.; THOMPSON, J. L. The effect of boning broiler breast meat muscle on postmortem pH decline. **Poultry Science**. Champaign, v.63, n.11, p.2181-6. 1984.
- WARRISS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. **British Veterinary Journal**. Langford, v.149, n.4, p.391-8, 1993.
- WOOD, D.F.; RICHARDS, J.F. Effect of some antemortem stressor on postmortem aspects of chicken broiler Pectoralis muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.54, n. 6, p.528. 1975.

CAPÍTULO 4

Efeito de diferentes temperaturas de pré-resfriamento e de resfriamento sobre o desenvolvimento das reações químicas *post mortem* e características físicas no *pectoralis major*.

RESUMO

O total de 197 frangos foi processado em abatedouro comercial e submetido a seis tratamentos de resfriamento. Inicialmente as carcaças foram pré-resfriadas por imersão em água e gelo, seguido de resfriamento à -30°C e estocagem a 4°C por 20 horas. Os tratamentos foram: A (0°C/30min, -35°C/3h e 15min), B (10°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h e 45 min), C (10°C/30min, -35°C/3h e 15min), D (20°C/30min, 0°C/30min, -35°C/2h e 45min), E (20°C/30min, -35°C/3h e 15min) e F (20°C/30min, 0°C/3h e 15min).

Temperaturas baixas utilizadas após a evisceração aceleraram a instalação e resolução do *rigor mortis* em músculos *pectoralis major*. Aos 45min *post mortem* carcaças sem pré-resfriamento (A) ou pré-resfriadas a 10°C (B) tiveram músculo com menor ($p<0,001$) pH com valores de 5,75 e 5,81, enquanto em carcaças pré-resfriadas a 20°C (D) os valores atingiram 5,95. Às 4h *post mortem*, nos tratamentos A e B as médias para valor R foram de 1,51 e 1,44 mais elevadas ($p<0,05$) do que o valor 1,32 no tratamento D.

O teor de luminosidade foi influenciado ($p<0,001$) pelas temperaturas de resfriamento. Nos tratamentos A, B e C as médias foram de 48,2; 47,7 e 47,6 e nos tratamentos D e E de 45,5 e 45,7, respectivamente. Os teores de luminosidade mais elevados coincidiram com tratamentos com rápida glicólise *post mortem*.

A perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento não revelaram efeito dos tratamentos.

Palavras-chave: frango; *pectoralis major*; resfriamento.

ABSTRACT

A total of 197 chickens was processed in a commercial poultry processing plant and submitted to six chilling treatments. Initially, the carcasses were chilled by immersion in water and ice, followed by cooling at -30°C or storage at 4°C for 20 hours. The treatments

were: A (0°C/30min, -30°C/3h and 15min), B (10°C/30min, 0°C/30min, -30°C/2h and 45min), C (10°C/30min, -30°C/3h and 15min), D (20°C/30min, 0°C/30min, -30°C/2h and 45min), E (20°C/30min, -30°C/3h and 15min) and F (20°C/30min, 0°C/3h and 15min).

Low temperatures used after evisceration, accelerated the onset and resolution of *rigor mortis* in *pectoralis major* muscles. Up to 45 minutes *post mortem*, carcasses without pre-chilling (A) or pre-chilled at 10°C (B), showed lower ($p<0.001$) pH values of 5.75 and 5.81, while in carcasses pre-chilled at 20°C (D), the values were higher, reaching 5.95. After 4h *post mortem*, the R values found in treatments A and B, with averages of 1.51 and 1.44, were higher ($p<0.05$) than the value of 1.32 found in treatment D.

The luminescence value L^* was influenced ($p<0.001$) by the treatments. In treatments A, B and C, the averages were 48.2, 47.7 and 47.6, while in treatments D and E, they were 45.5 and 45.7, respectively. The greater values for lightness coincided with treatments causing rapid *rigor mortis* development in the *pectoralis major* muscle.

The cooking loss and shear value were not affected by the treatments.

Key words: chicken, chilling, *pectoralis major*.

1. INTRODUÇÃO

A extensão do “encurtamento por frio” depende da constituição do músculo e da relação entre fibras brancas e vermelhas. Músculos com maior quantidade de fibras brancas são menos susceptíveis ao encurtamento pelo frio (DAVEY et al., 1967; CONFORTH et al., 1980). Embora frangos tenham uma maior quantidade de fibras brancas, na região do peito, o resfriamento em baixas temperaturas tem sido descrito como indutor do “encurtamento pelo frio”, devido a lentidão do metabolismo de glicólise anaeróbica e o tardio desenvolvimento do *rigor mortis* (PAPA & FLETCHER, 1988; SAMS & JANKY, 1991).

Considerando os aspectos de manutenção dos padrões de qualidade sensoriais em músculos de peito, os parâmetros maciez e cor apresentam alta variabilidade. As variações na coloração de peito de frango são na maioria das vezes pouco perceptíveis devido ao baixo conteúdo de mioglobina característico desses músculos (UIJTENBOOGAART & REIMERT, 1994). Entretanto as alterações na maciez são facilmente perceptíveis, e são consideradas como um dos maiores problemas associados ao abate comercial de frangos (KHAN & NAKAMURA, 1970; PAPA & FLETCHER, 1988; DUNN et al., 1995). PAPA & FLETCHER (1988) constataram susceptibilidade do músculo *pectoralis major* de frangos ao

encurtamento *post mortem*, cujo efeito manifesta-se sobre as características da carne reduzindo a capacidade de retenção de água e a maciez, quando submetida a processamento e a cocção.

O método de resfriamento convencional, utilizado pela indústria de frango no Brasil, consiste na redução inicial da temperatura da carcaça de 39-41°C para 8°C através de dois processos distintos: o pré-resfriamento e o resfriamento. No pré-resfriamento as carcaças são imersas em tanques com água a temperaturas próximas a 20°C. No resfriamento, o processo é semelhante e a temperatura da água varia de 0 a 8°C. O tempo gasto na etapa de pré-resfriamento e resfriamento é de 45min a 1h, na maioria das empresas. O produto, após o gotejamento e embalagem, é submetido a tratamento drástico de resfriamento em túnel de congelamento com ar a temperaturas entre -30 a -35°C por cerca de 6 horas. Esse processo é utilizado para reduzir a temperatura no interior dos músculos de 8 a -1°C. Após, as carcaças embaladas são estocadas a temperaturas ao redor de 0°C (BERAQUET, 1990; BERAQUET, 1994).

Diferentes métodos de resfriamento são empregados para diminuir a temperatura em carcaças de frangos logo após o abate, a fim de garantir as características físico-químicas, microbiológicas e os atributos sensoriais da carne. Entre estes métodos encontram-se o resfriamento por "spray" e a ar (RISTIC, 1992; STEPHAN & FEHLHABER, 1994) e por CO₂ (TOMLINS, 1995). As patentes registradas nos últimos oito anos foram para equipamentos que visam a otimização do resfriamento de carcaças de frango em câmara de resfriamento a ar (HAZENBROEK, 1994; JANSEN & DOORNBOS, 1995). Outra proposta registrada é a aplicação de N₂ por 5 a 30s sobre as carcaças para a formação de uma camada delgada de gelo, seguido de resfriamento a ar por 10 a 15min (ENGLER & COBB, 1990).

O uso de água não refrigerada (20°C) no pré-resfriamento, como as empregadas atualmente, foi preconizada com o objetivo de evitar o encurtamento muscular produzido pelo frio, que resulta no endurecimento da carne após seu cozimento. Autores como KLOSE et al. (1955), DAWSON et al. (1956), DODGE & STADELMAN (1959) e SMITH et al. (1969) afirmaram que baixas temperaturas utilizadas logo após o abate das aves, resultariam em redução da maciez da carne do peito após o cozimento. Utilizando temperaturas entre 0 e 20°C, SMITH et al. (1969) descreveram encurtamento significativamente ($p < 0,01$) menor em músculos *pectoralis major* de frangos e perus submetidos a temperaturas entre 12 e 18°C, logo após o abate.

A fim de avaliar o efeito das temperaturas utilizadas logo após o abate sobre a velocidade das reações químicas *post mortem*, é importante considerar que, em condições normais, sucedem no músculo duas transformações distintas. A primeira é o desenvolvimento do *rigor mortis*, associado ao consumo das reservas energéticas musculares e a formação do complexo actomiosina (HAMM, 1982). A medida que os músculos alcançam o *rigor mortis*, tornam-se muito firmes, rígidos e com baixa extensibilidade. A segunda, coincide com a aparente resolução do *rigor mortis*. Embora o complexo actomiosina permaneça inalterado, ocorre uma degradação na matriz protéica miofibrilar, resultando em aumento da maciez da carne (LAWRIE, 1991).

As descrições para o período decorrido entre abate e início do *rigor mortis*, em aves, variam de 15min a 4 horas (STEWART & FLETCHER, 1984; SMOLINSKA et al., 1989; SMOLINSKA & ABDUL-HALIM, 1992; DUNN et al., 1993; DUNN et al., 1995; PAPINAHO & FLETCHER, 1996). Baseado em medidas de pH, KIJOWSKI et al. (1982) relataram para coxa um período entre 15 a 30min e para peito, entre 30 a 60 minutos. As variações observadas entre diferentes pesquisadores podem ser devidas ao tipo de ave, músculo utilizado, condições de abate e critérios utilizados para definir e monitorar o desenvolvimento do *rigor mortis*. Em bovinos segundo HONIKEL et al. (1981), o início do *rigor mortis*, ocorre com pH 5,9, em concentração de ATP igual a 1,0 μ mol/g, momento que coincide com a baixa extensibilidade muscular. Este valor de pH foi também considerado por STEWART & FLETCHER (1984) e DUNN et al. (1993) como indicador do início do *rigor mortis* em aves.

O período entre o abate e o início do *rigor mortis* é variável, mesmo em lotes de frango com condições de criação, manejo pré-abate e operações de abate padronizadas. RISTIC (1979) encontrou para valores de pH aos 15min pequena quantidade de carcaças (5,6%) com pH menor que 5,7, número pouco maior (19,7%) com pH maior que 6,3 e a grande maioria (74,7%) com pH entre 5,7 e 6,3. SEEMANN (1986), determinando os valores de pH com eletrodo de punção em músculos peitorais, descreveu frangos com pH baixo (5,71), médio (6,12) e alto (6,39) aos 35min *post mortem*.

Outra medida empregada para estimar o início do *rigor* é a determinação do valor R, relação entre as absorbâncias de extrato de músculos a 250nm e 260nm, que avalia a quantidade de monofosfato de inosina (IMP) para trifosfato de adenosina (ATP). Segundo HONIKEL & FISCHER (1977), para valor R abaixo de 1,05 a quantidade de ATP é predominante no tecido muscular e acima de 1,05 a quantidade de IMP no meio é maior. HONIKEL et al. (1981) descreveram que valor R igual a 1,10 coincidiu com a perda da

extensibilidade das fibras musculares em bovinos e, portanto, este valor poderia ser utilizado como critério indicativo do início do *rigor mortis*. Confirmando a descrição de HONIKEL et al. (1981), SAMS & MILLS (1993) trabalhando com aves submetidas a tempos de jejum de 0, 5 e 10h encontraram, logo após a sangria, variações para o valor R de 0,97 a 1,02 em amostras com valor de pH de 6,21 a 6,33. Isto indicou que músculos peitorais com valor R inferior ou igual a 1,0 estão em pré-*rigor*. Uma hora após o abate, estes autores observaram valor R médio de 1,09 a 1,12 em amostras com pH de 6,0 a 5,93. Neste intervalo de valor R houve indicação de início do *rigor mortis*. No período de 1h *post mortem*, quando as carcaças foram estimuladas eletricamente e submetidas a temperaturas elevadas, o pH variou de 5,78 a 5,86 e o valor R, de 1,36 a 1,40, indicando estágio adiantado de *rigor mortis*.

Temperaturas elevadas utilizadas logo após o abate aceleram a velocidade das reações químicas e a instalação do *rigor mortis*. Utilizando frangos que aos 15min *post mortem* apresentaram pH igual ou acima de 6,1 (velocidade lenta de glicólise), SMOLINSKA et al. (1989) descreveram que em aves submetidas a resfriamento por imersão em água e gelo o *rigor mortis* ocorreu em 3h, enquanto para aves não resfriadas a instalação do *rigor mortis* foi de 1,5 horas. Esses autores utilizaram a medida de 1µm/g de ATP no músculo *pectoralis major*, como início do *rigor mortis*. PAPINAHO & FLETCHER (1996) reportaram que, em tiras de amostras do *pectoralis major* incubadas a temperaturas de 0, 23 e 41°C, o tempo necessário para a perda da extensibilidade foi de 5,5; 4,5 e 0,8h, respectivamente. Comportamento semelhante frente a temperaturas elevadas, foi observado por HONIKEL & HAMM (1985), em músculos de bovinos que submetidos a temperaturas de 30 e 14°C apresentaram instalação do *rigor* em 15 e 22h, respectivamente. A redução progressiva de temperaturas de 30°C até 10°C resultam em desaceleração na velocidade da glicólise.

Em contrapartida, em temperaturas inferiores a 10°C, segundo HONIKEL & HAMM (1980) estas reações se aceleram provocando encurtamento das fibras musculares. JUDGE et al. (1989) citaram que os mesmos efeitos podem ser observados em temperaturas entre 0 a 16°C, em carcaças onde não houve degradação da maior parte do ATP existente no músculo. LOCKER & HAGYARD (1963) descreveram que músculos apresentando "encurtamento pelo frio" resultaram em endurecimento drástico da carne após o cozimento. Nesse artigo, os autores descrevem ainda os mecanismos responsáveis por essa alteração.

A extensão do encurtamento muscular *post mortem* é afetado pelas temperaturas utilizadas logo após o abate, entretanto a relação entre maior encurtamento muscular pós-abate e menor maciez nem sempre é verdadeira (MARSH & LEET, 1966). Utilizando amostras de *pectoralis major* na forma de tiras incubadas a temperaturas de 40, 30, 20, 10, 5 e 0°C pós-abate, DUNN et al. (1993) encontraram maior encurtamento muscular de 39 e 43% em amostras incubadas a 0 e 40°C, respectivamente. Entretanto maior maciez foi observada em tiras submetidas a 0, 5 e 40°C, com médias para força de cisalhamento que variaram de 3,17 a 5,49kg/cm², do que aquelas tratadas com temperaturas entre 10 a 30°C com médias de 5,06 a 7,22kg/cm², respectivamente.

Em função dos resultados de maior encurtamento em músculos tratados a 0°C em comparação a músculos submetidos a temperaturas entre 12 e 18°C, SMITH et al. (1969) inferiram que carcaças tratadas com temperaturas baixas (0°C) logo após o abate resultariam em músculos com menor maciez após o cozimento. Em carcaças resfriadas rapidamente (sem pré-chiller, com o interior do peito atingindo 28°C aos 15min) SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) reportaram valor R de 1,26 aos 40min, enquanto em peitos com tratamento convencional (8°C no interior dos músculos aos 65min) valor R de 1,26 foi observado aos 65min *post mortem*. Na análise sensorial às 24h do abate, os autores usando escala de 5 pontos encontraram em peitos resfriados convencionalmente maior maciez ($p<0,001$) com escore médio de 4,5, do que em peitos resfriados rapidamente com escore médio de 4,3. Estes resultados demonstraram que o resfriamento rápido aumentou a velocidade da glicólise e resultou em menor maciez de frangos.

Em carcaças inteiras resfriadas logo após o abate a temperaturas de 0°C por 80min ou -12°C por 50min aplicadas por ar, DUNN et al. (1995) descreveram que em carcaças resfriadas rapidamente houve uma grande variação para os resultados de força de cisalhamento, nos músculos peitorais. Quando os dados de resfriamento rápido foram submetidos a análise de correlação, os autores encontraram um coeficiente elevado de correlação inversa ($r = -0,89$) entre o valor de pH aos 15min *post mortem* e o comprimento de sarcômero. Isso demonstrou que, em temperaturas de -12°C, aves com maior quantidade de energia disponível nos músculos de peito aos 15min sofreram maior encurtamento muscular.

Temperaturas elevadas utilizadas durante o desenvolvimento do *rigor mortis* afetam negativamente a maciez. KHAN (1971) reportou que peitos de frangos com pH entre 6,10 a 7,00 mantidos a temperaturas de 37°C por 2h, foram mais duros, do que aqueles mantidos a 5, 10, 15, ou 25°C. Resultados semelhantes foram descritos por BILGILI et al. (1989),

que encontraram menor maciez em peitos de carcaças mantidas por 4h à temperaturas elevadas de 41 e 28°C com médias de força de cisalhamento acima de 12,91kgf/g, enquanto em peitos de carcaças submetidas a 14 e 0°C, as médias foram de 11,11 e 10,1kgf/g, respectivamente. Entretanto, após a instalação do *rigor* (pH de 6,30 com 40% do ATP inicial), KHAN (1971) citaram que os tratamentos de temperatura não afetaram a maciez. A determinação do pH no trabalho de KHAN (1971) foi realizada com solução de iodoacetato de sódio, mas os autores não mencionaram na metodologia o ajuste no pH da solução, talvez isso, possa explicar o elevado valor de pH descrito como início do *rigor mortis*. Embora BILGILI et al. (1989) tenha observado efeito significativo das temperaturas pós-abate sobre a maciez, todas as médias registradas foram acima dos limites máximos de força de cisalhamento estabelecidos para maciez. LYON & LYON (1990) estabeleceram como valor limite para maciez que amostras de peito com força de cisalhamento superior a 7,5kgf/g seriam consideradas duras. CONTRERAS (1995) reportou que, em músculos de peito desossados convencionalmente, os valores de força de cisalhamento encontram-se na faixa de 5,5 a 5,8kgf/g.

PAPINAHU & FLETCHER (1996), utilizando peitos intactos, músculos peitorais desossados ou amostras do *pectoralis major* na forma de tiras incubadas por 8h em temperaturas de 0, 23 e 41°C, observaram que músculos intactos ou desossados mostraram evidências de "encurtamento por frio" e "encurtamento por *rigor*" em condições de temperaturas elevadas. Entretanto, em amostras na forma de tiras não foi verificado encurtamento semelhante.

A coloração do músculo, determinada objetivamente através da composição de cor L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo) no sistema Hunter pode variar em aves de mesmo lote conforme o desenvolvimento e extensão das transformações *post mortem*. LYON & CASSON (1995), avaliando as modificações na coloração do peito durante as transformações do músculo em carne, encontraram entre as medidas realizadas aos 30min e 1h após o abate sobre a pele (o que pressupõe maior luminosidade, pois a pele é mais clara do que o músculo do peito), uma evolução significativa para valor L* que passou de valores médios de 62 para 65 e para o valor a*, cuja média passou de 0,6 para 2,07. SEEMANN (1986) descreveu para o grupo com baixo pH (5,71) nos primeiros 35min, menor teor de vermelho (a*) e maior teor de amarelo (b*). CONTRERAS (1995), em estudo de estimulação elétrica (0, 45, 80 e 100V) encontrou variações médias para o valor L* de 44,6 a 48,5, para valor a* de 2,3 a 2,7 e valor b* de 4,7 a 5,1.

Normalmente a perda de peso por cozimento é associada à velocidade e extensão de glicólise. De acordo com isto, SEEMANN (1986) descreveu menores perdas de peso no cozimento em grupo de aves com pH elevado (6,39) aos primeiros 35min *post mortem*. BILGILI et al. (1989), avaliando em carcaças inteiras o efeito de temperaturas de 41, 28, 14, e 0°C aplicadas por imersão nas primeiras 4h *post mortem*, encontraram maior perda de peso no cozimento (cocção por grelha até que a temperatura no interior dos músculos atingiu 82-85°C) em peitos dos tratamentos com temperaturas elevadas de 41 e 28°C com médias de 32,4 e 29,6%, do que peitos submetidos a temperaturas baixas de 14 e 0°C que tiveram médias de perda de peso por cozimento de 27,9 e 25,1%. Resultados similares foram reportados por SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) que observaram maior perda no cozimento (cocção à temperatura de 105°C por 160min) em peitos de carcaças resfriadas convencionalmente, com médias próximas a 18%, do que em peitos de carcaças sem pré-resfriamento, com médias abaixo de 17%.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do uso de diferentes temperaturas e tempos de pré-resfriamento e resfriamento de frangos sobre o desenvolvimento do *rigor mortis* usando como parâmetros os valores de pH e valor R. Também estudou-se o efeito dessas variáveis de processo de frango sobre cor (L^* , a^* e b^*), força de cisalhamento e perda de peso por cozimento no músculo *pectoralis major*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aves

Os frangos utilizados neste estudo foram da linhagem Hubbard/Petterson, com idade entre 50 a 53 dias, peso vivo médio entre 1,8 a 2,5kg, sexo misto, criados em granjas comerciais com densidade de lotação de 10 a 12 aves/m².

Na granja, os animais foram preparados para o abate de forma convencional, com jejum e dieta hídrica de 6h antes da apanha. Desta forma, o período de jejum correspondeu às 6h cumpridas na granja, mais tempo de transporte e tempo de descanso de 6 horas. A apanha das aves, efetuada por equipes da indústria, foi realizada pela imobilização das asas junto ao corpo e o seu deslocamento até a respectiva gaiola. O horário da apanha foi realizado, nesse trabalho, das 22 às 5 horas. Em cada gaiola foram colocados de 8 a 10 frangos.

As aves foram transportadas da granja ao abatedouro em tempo inferior a 35min, em caminhões com carroceria adaptada para este fim. A velocidade média de transporte foi de 60km por hora.

Na indústria, a operação de pendura foi executada pelo pessoal do setor de chegada e recepção. Antes do atordoamento, as aves penduradas pelos pés aos ganchos da nória de transporte, foram molhadas por chuveiros de água localizados na linha de abate. A insensibilização foi efetuada submergindo-se a cabeça das aves em cuba de solução salina, onde foi aplicado corrente elétrica com intensidade de 70mA, tensão de 60V e 1000Hz, por 10 segundos. Doze segundos após a insensibilização, as aves foram sangradas manualmente. A escaldagem foi realizada 4min após a sangria, emergindo-se as aves em água à temperatura de 58°C por 5 minutos. A seguir, as aves foram submetidas à evisceração mecânica.

2.2. Tratamentos

A fim de testar o efeito das temperaturas de pré-resfriamento, resfriamento e resfriamento rápido sobre os parâmetros de qualidade em peitos de frango, seis tratamentos foram aplicados a carcaças de frango no período entre 15min a 4h *post mortem*. A atribuição dos tratamentos às unidades experimentais foi feito de acordo com delineamento inteiramente casualizado, onde foi considerado como unidade experimental um frango. Os tratamentos de resfriamento utilizados são descritos a seguir e o esquema de aplicação dos tratamentos é apresentado na **FIGURA 1**.

- A- Tratamento sem pré-resfriamento, onde as carcaças foram resfriadas a 0°C por 30min e submetidas a -35°C por 3h e 15min.
- B- Tratamento com pré-resfriamento a 10°C por 30min, resfriamento a 0°C por 30min, seguido de temperaturas de -35°C por 2h e 45min.
- C- Tratamento com pré-resfriamento a 10°C por 30min, seguido de temperatura de -30°C por 3h e 15min.
- D- Tratamento com pré-resfriamento a 20°C por 30min, resfriamento a 0°C por 30min, seguido de temperaturas de -35°C por 2h e 45min.
- E- Tratamento com pré-resfriamento a 20°C por 30min, seguido de temperatura de -35°C por 3h e 15min.
- F- Tratamento com pré-resfriamento a 20°C por 30min, seguido de resfriamento a 0°C por 3h e 15min.

Para a aplicação dos tratamentos, as carcaças retiradas da linha de abate após a evisceração (15min *post mortem*), foram submetidas ao resfriamento por imersão em temperaturas de 20, 10 ou 0°C (por 30min) em cubas de PVC contendo soluções de água e gelo. No interior das cubas, as proporções de água e gelo foram controladas de forma a atingir e manter as temperaturas dos tratamentos. As temperaturas das soluções de resfriamento foram continuamente controladas através de termômetros (Coming M TMP-50). Durante a aplicação dos tratamentos de resfriamento por imersão, as carcaças foram continuamente revolvidas na solução de água e gelo, a fim de simular o processo convencional de pré-chiller e chiller conduzido na indústria.

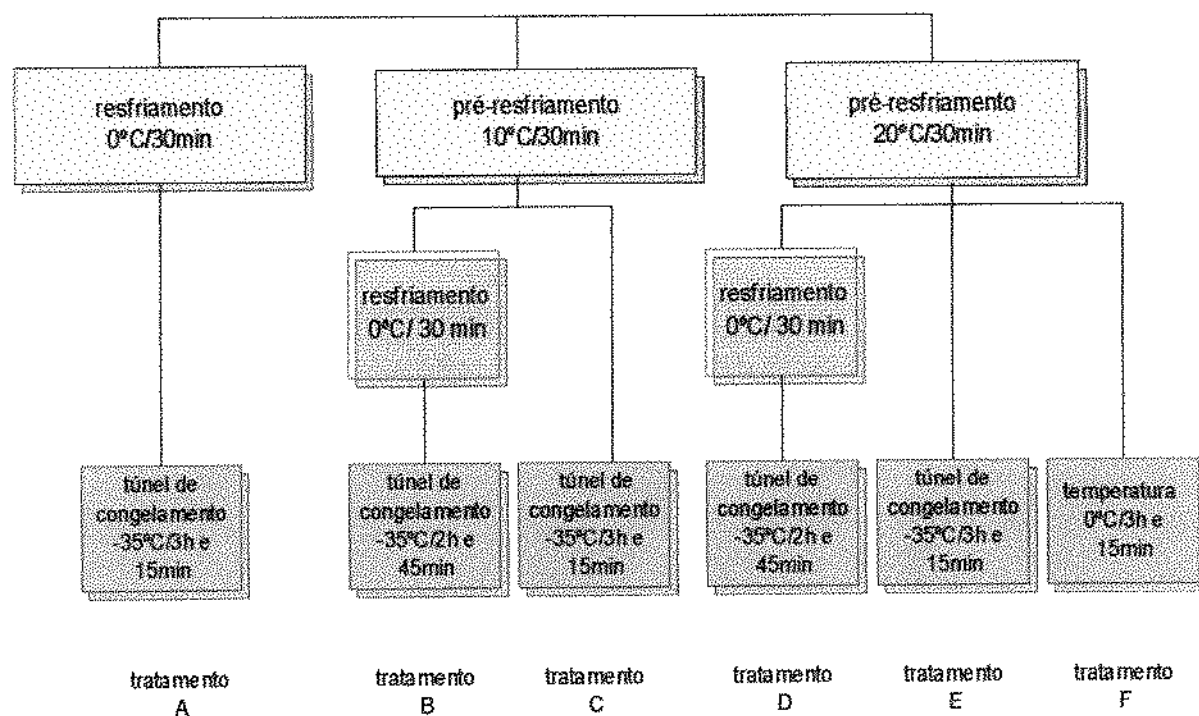


FIGURA 1. Representação esquemática dos tratamentos utilizados no resfriamento das carcaças de frango.

Após o resfriamento por imersão, as carcaças embaladas em sacos de polietileno, foram submetidas a resfriamento a ar em túnel de congelamento (-30°C por tempos de 2h e 45min ou 3h e 15min), onde permaneceram até completar 4h *post mortem*. As carcaças resfriadas e embaladas foram transportadas da indústria ao Centro de Tecnologia de Carnes em caixas de PVC expandido contendo gelo. Nesse Centro, as carcaças foram armazenadas em câmara de resfriamento à 4°C até completar 24h pós-abate.

2.3. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas

As amostras para as análises bioquímicas (pH e valor R), foram obtidas por duas incisões paralelas na porção muscular do peito em sentido longitudinal ao externo. A distância entre o externo, primeira e segunda linha de incisão foi próxima a 1cm. Das duas amostras retiradas na forma de tiras, correspondendo aos lados esquerdo e direito, foram separadas duas porções de 3,5g do músculo *pectoralis major* e congeladas imediatamente à temperatura de -196°C. As amostras foram mantidas em botijão de nitrogênio líquido até o momento das análises. As coletas para as análises bioquímicas, bem como a leitura de cor foram realizadas aos 15min *post mortem* (tratamentos A, B e D), 45min (tratamentos A, B e D), 75min (tratamentos B e D), 4 e 24h (tratamentos A, B, C, D, E e F) nos lados esquerdo e direito do músculo *pectoralis major*.

Para as análises de perda de peso por cozimento e força de cisalhamento, a desossa do peito foi realizada às 24h *post mortem*. Os músculos *pectoralis superficialis* e *pectoralis major* dos lados esquerdo e direito foram usados para a determinação da perda de peso. Após a análise da perda de peso por cozimento, os músculos *pectoralis major* dos lados esquerdo e direito foram utilizados para a determinação da força de cisalhamento.

2.4. Determinações bioquímicas e físicas

2.4.1. Valor R

A determinação do valor R foi realizada em duplicata, segundo metodologia de HONIKEL & FISCHER (1977), onde a extração dos nucleotídeos de 2g de amostras foi obtido através de homogeneização por 30s (Omni mixer homogenizer M 17106), em solução de ácido perclórico 1M, na proporção de 1:10 em m/v. A seguir, essa foi filtrada e centrifugada por 5min a 3000G (Bioanalytical M Spin IV-E). Uma alíquota de 0,1mL do sobrenadante foi diluída em 4,9mL de tampão fosfato a 0,1M em pH 7,0. A absorbância a 250nm (monofosfato de inosina) e 260nm (trifosfato de adenosina) em espectrofotômetro (Hitachi M V-2000) foi determinada utilizando-se o tampão fosfato como referência e o valor R calculado como a razão entre as duas absorbâncias.

2.4.2. Medida de pH

A determinação de pH foi feita em duplicata após a homogeneização por 2min de 1g de amostra em 10mL de solução contendo 1,04g de iodoacetato de sódio e 11,18g de cloreto de potássio, com pH ajustado a 7,0 conforme metodologia proposta por BENDALL

(1973). A leitura foi realizada com potenciômetro Micronal M B375, com resolução de 0,001 unidades de pH.

2.4.3. Cor, Sistema CIELAB

Na avaliação da cor do músculo foi utilizado colorímetro (Minolta Chroma Meter, M CR-200b), onde foram determinados os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo) do Sistema CIELAB. As leituras, tomadas no peito não desossado nos pontos cranial, medial e distal do músculo *pectoralis major* nos lados esquerdo e direito, foram realizadas nas superfícies laterais remanescentes da incisão de onde foram retiradas as amostras para valor R e pH. A média dos seis pontos foi utilizada como a resposta de cor L^* , a^* e b^* para cada carcaça.

2.4.4. Perda de peso por cozimento

As amostras identificadas foram pesadas em balança semi-analítica (Mettler M P1210), embaladas em papel alumínio e cozidas em chapa a 180°C até atingir a temperatura interna de 82 a 85°C. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. Essa técnica foi realizada conforme descrito por BILGILI et al. (1989). A diferença entre peso inicial e final das amostras das amostras de *pectoralis major* e *pectoralis superficialis* dos lados esquerdo e direito correspondeu à perda de peso no cozimento por carcaça.

2.4.5. Força de cisalhamento

As amostras empregadas na determinação da PPC foram utilizadas para avaliar a textura. Conforme a metodologia proposta por FRONING et al. (1988), de cada peito foram retiradas amostras na forma de paralelepípedos de 2 x 2 x 1,13cm³. Para medir a força de cisalhamento, as amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Bratzler, acoplado ao aparelho Instron M 2318. Seis a oito amostras na forma de paralelepípedos foram usadas para determinar a força de cisalhamento de cada peito.

2.5. Análise estatística

A fim de avaliar o efeito dos tratamentos, as respostas foram submetidas a análise da variância e teste de média Duncan. O programa estatístico empregado foi o Statistica (1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da variância dos resultados das análises bioquímicas (valor R e pH) e de cor (L^* , a^* e b^*), coletadas após a evisceração aos 15min *post mortem*, não mostraram diferenças estatisticamente significativas, com exceção do valor a^* , conforme pode ser observado nos QUADROS 1 e 2. Isso demonstrou que os grupos de carcaças de aves tinham características bioquímicas e de cor semelhantes antes de serem submetidos aos diferentes tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento.

3.1. Alterações no pH entre 15 e 45min *post mortem*

As médias de pH após a evisceração aos 15min *post mortem* variaram de 5,75 a 5,83 (QUADRO 1). Estes resultados, obtidos em condições padronizadas de pré e pós abate, foram menores do que os valores médios obtidos no estudo do CAPÍTULO 3 (influência da temperatura ambiental pré-abate, distância de transporte e tempo de descanso sobre o desenvolvimentos das reações químicas *post mortem* e a qualidade da carne de peito de frango), bem como os valores citados por outros pesquisadores. Em frangos abatidos convencionalmente são reportados aos 10 min valores de pH entre 6,09 a 6,30 (KHAN & NAKAMURA, 1970; CONTRERAS, 1995), aos 15min valores entre 6,00 a 6,10 (SMOLINSKA et al., 1989). Resultados médios de pH com variações entre 5,74 a 5,90 foram descritos após 1h (SMOLINSKA & ABDUL-HALIM, 1992; CONTRERAS, 1995). Entretanto, DUNN et al. (1993) obtiveram resultados elevados aos 30min (pH entre 6,70 a 7,01) e aos 90min (pH entre 6,16 a 6,74). Confrontando os dados médios do presente trabalho com os desses autores, constata-se que o pH encontrado aos 15min foi equivalente aos valores relatados aos 60min *post mortem* nos trabalhos mencionados.

Analisando-se detalhadamente a distribuição da queda de pH nos músculos de peito aos 15min *post mortem*, observa-se que dos 45 peitos analisados, onze (24,4%) apresentaram pH abaixo de 5,5, vinte e três (51,1%) pH entre 5,5 a 5,9 e onze (24,4%) valores de pH entre 5,9 a 6,1. Portanto, 75,5% das amostras apresentaram pH igual ou menor do que 5,9. Estes resultados conflitam com os reportados por RISTIC (1979) que encontrou 74,5% das amostras de músculos de peito com valores de pH entre 5,7 a 6,3 aos 15min *post mortem*. Considerando o valor de pH de 5,9 como o início do *rigor mortis*, conforme preconizado por STEWART & FLETCHER (1984) e (DUNN et al., 1993), a maioria das carcaças utilizadas no presente trabalho apresentavam aos 15min *post mortem* músculos *pectoralis major* em fase de instalação do *rigor mortis*.

SHRIMPTON & MILLER (1960) descreveram que a instalação do *rigor mortis* pode ocorrer 10min *post mortem* em condições de estresse imediatamente antes do abate. CONTRERAS (1995) também determinou em aves abatidas sem atordoamento, amostras de *pectoralis major* com valor de pH igual a 5,81 aos 10min pós-abate. No presente trabalho, as aves foram atordoadas convencionalmente e no *ante mortem* não receberam manejo que poderia justificar a ocorrência de estresse.

Considerando os resultados obtidos por SEEMANN (1986), que reportou em músculos de peito de frango aos 35min *post mortem* valores de pH baixo (5,71), médio (6,12) e alto (6,39), é possível sugerir que 75,5% dos animais, utilizados neste trabalho, apresentaram rápido desenvolvimento das reações de glicólise. Diante dessas evidências, uma das possíveis explicações para o rápido desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* estaria relacionado à linhagem comercial utilizada associada ao manejo pré-abate dispensado aos animais.

Os valores médios de pH aos 45min *post mortem* qual seja, imediatamente após a operação de resfriamento, variaram de 5,75 a 5,95 (QUADRO 1). Em 45 peitos estudados 29 (64,44%) mostraram pH menor ou igual a 5,9, enquanto 16 (35,55%) tiveram pH acima de 5,9. Às 4h do abate, 95,18% dos *pectoralis major* tinham pH menor ou igual a 5,9. Esses resultados de pH aos 15 e 45min demonstraram que, nas condições deste trabalho, percentuais entre 64,44 a 75,5% das carcaças apresentaram no *pectoralis major* rápida velocidade nas reações de glicólise. Em contrapartida, percentuais de 24,5 a 33,5% de carcaças evidenciaram lento desenvolvimento das reações químicas *post mortem* atingindo pH de 5,9 somente após os 75min *post mortem*.

3.2. Efeito do pré-resfriamento no pH e valor R aos 45 e 75min *post mortem*

A fim de verificar o efeito dos tratamentos aplicados para o resfriamento das carcaças no período entre 15min e 45min *post mortem* sobre a velocidade das reações químicas de transformação do músculo em carne, foram comparados os tratamentos A, B e D. No tratamento C, as aves receberam temperaturas de pré-resfriamento de 10°C semelhante ao tratamento B, enquanto nos tratamentos E e F, a temperatura de pré-resfriamento foi de 20°C semelhante ao tratamento D. Seguindo o esquema de aplicação dos tratamentos apresentados na FIGURA 1, os efeitos dos tratamentos C, E e F foram analisados às 4 e 24h do abate.

Avaliando o desenvolvimento bioquímico *post mortem* através das medidas de pH e valor R, é esperado que o pH do músculo do peito diminua significativamente ao longo do

tempo *post mortem* em decorrência do acúmulo muscular de ácido láctico, produto das reações de glicólise (SMITH et al., 1992). Em contrapartida, a quebra do ATP (trifosfato de adenosina) e da CP (creatina fosfato) provocam aumento de inosina e redução de adenosina durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, resultando em aumento no valor R (HONIKEL & FISCHER, 1977).

Os valores de pH no *pectoralis major* aos 45min *post mortem* foram afetados ($p < 0,001$) pelos diferentes tratamentos de pré-resfriamento (QUADRO 1, ANEXO 31). A temperatura de 0°C aplicada à carcaças inteiras no período de 15min a 45min pós-abate resultaram em peitos com médias de pH de 5,75 (tratamento A) mais baixa, do que a média de 5,81 encontrada em peitos de carcaças pré-resfriadas a 10°C (tratamento B). Embora não tenha havido diferença estatística entre as médias, carcaças sem pré-resfriamento apresentaram maior velocidade nas reações de glicólise e, conseqüentemente, maior acidificação em músculos de peito aos 45min, quando comparado a carcaças pré-resfriadas a 10°C.

Confrontando as médias de pH aos 45min pós-abate em músculos *pectoralis major* de carcaças pré-resfriadas a temperaturas de 10 e 20°C, aves submetidas a temperaturas de 10°C (tratamento B) resultaram em média de pH de 5,81 significativamente mais baixa, do que nas carcaças pré-resfriadas a 20°C (tratamento D) que apresentaram média de pH igual a 5,95. Esses resultados demonstraram que a velocidade de instalação do *rigor mortis* foi mais rápida em peitos de carcaças pré-resfriadas a 10°C, quando comparado a carcaças pré-resfriadas a 20°C.

SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) descreveram que carcaças resfriadas rapidamente (valor R de 1,26 aos 40min, carcaças resfriadas sem pré-chiller com 28°C no interior do peito aos 15min *post mortem*) apresentaram nos músculos peitorais maior velocidade na instalação do *rigor mortis* do que carcaças resfriadas convencionalmente (valor R de 1,26 aos 65min, interior dos músculos a temperatura de 8°C aos 65min).

Aos 45min *post mortem*, o valor R foi influenciado ($p < 0,05$) pelos tratamentos (QUADRO 1, ANEXO 32). Carcaças submetidas a 20°C apresentaram valor R igual a 1,28, enquanto aquelas tratadas a 0 e 10°C tiveram médias de 1,17 e 1,23, respectivamente. Contrariando os resultados de pH encontrados nesse momento de determinação, isso demonstrou que carcaças submetidas dos 15min aos 45min *post mortem* à temperatura de 20°C apresentaram maior velocidade no consumo de energia na forma de ATP.

Segundo HONIKEL & FISCHER (1977), com valores R abaixo de 1,05 a quantidade de ATP é predominante no tecido muscular e acima de 1,05 a quantidade de IMP no meio é maior. Mais tarde, HONIKEL et al. (1981) reportaram que valor R igual a 1,10 havia coincidido com a perda da extensibilidade das fibras musculares de bovinos e portanto, este valor poderia ser utilizado como critério indicativo do início do *rigor mortis*. Em frangos, o valor R que corresponde ao início de *rigor* é ponto de controvérsia entre autores. KHAN & NAKAMURA (1970) relataram que valor R igual a 1,0 foi encontrado em amostras de frango em *rigor mortis*. Entretanto SAMS & MILLS (1993) trabalhando com aves submetidas a tempos de jejum de 0, 5 e 10h encontraram a 1h pós-abate valor R médio que variou de 1,09 a 1,12 em amostras de peito com evidências de *rigor mortis*.

Considerando os índices para valor R em *rigor mortis* descritos por KHAN & NAKAMURA (1970) e HONIKEL & FISCHER (1977), os músculos analisados no presente trabalho estariam em *rigor mortis* antes mesmos da aplicação dos tratamentos de pré-resfriamento aos 15min *post mortem*. KHAN (1971) citaram que temperaturas de 10, 15, 25 e 37°C aplicadas a carcaças após a instalação do *rigor mortis* não causaram efeitos sobre a maciez. Seguindo este raciocínio, os tratamentos aplicados após os 15min não afetariam a velocidade das reações químicas nos músculos *pectoralis major* utilizados neste trabalho. Entretanto, como os tratamentos influenciaram a velocidade das reações químicas *post mortem*, conforme indicado pelas diferenças significativas para os resultados de pH aos 45 e 75min e de valor R aos 45min, é possível supor que os músculos *pectoralis major* aos 15min estavam em pré-*rigor*, e portanto o valor R indicativo de *rigor mortis* seria maior do que 1,1 conforme preconizado por HONIKEL et al. (1981) para bovinos e SAMS & MILLS (1993) para peitos de frango.

O efeito das temperaturas de pré-resfriamento sobre os resultados de pH no músculo *pectoralis major* aos 75min pós-abate foi significativo ($p < 0,05$) (QUADRO 1). Os músculos das aves pré-resfriadas a 10°C mostraram média de pH igual a 5,75 significativamente mais baixa, do que a média de 5,85 em aves pré-resfriadas a 20°C. Esses resultados, obtidos aos 75min, confirmaram o efeito de aceleração na instalação do *rigor mortis*, por aplicação de temperaturas baixas (0 e 10°C) após a evisceração, como foi verificado aos 45 minutos.

Embora sem diferença significativa entre os tratamentos de pré-resfriamento quando avaliado o valor R aos 75min *post mortem*, observou-se relação inversa entre valor R e pH. Quando o valor de pH de 5,85 correspondeu a valor R igual a 1,17, o pH de 5,75 correspondeu a valor R de 1,23. Relação inversa foi também verificada por CONTRERAS

(1995) que descreveu menor valor de pH (5,78) em músculos com maior valor R (1,21) em peitos de aves abatidas sem atordoamento.

Utilizando temperaturas entre 0 a 40°C, DUNN et al. (1993) não observaram efeito sobre os valores de pH quando os peitos foram incubados logo após o abate por período de 90 minutos. Entretanto, em períodos de incubação de até 6,33h *post mortem*, as amostras tratadas com temperaturas de 5 e 10°C apresentaram médias de pH de 5,9, mais baixas do que amostras mantidas em temperaturas de 30°C com médias de pH acima de 6,0. Contrariamente a esses resultados, SMOLINSKA et al. (1989) descreveram que o *rigor mortis* desenvolveu-se após 3h do abate em peitos de carcaças (pH de 5,5) submetidas ao resfriamento em água e gelo e, em 1,5h nas aves (pH de 5,9) não resfriadas.

3.3. Efeito do pré-resfriamento no pH e valor R às 4 e 24h *post mortem*

O efeito das temperaturas de pré-resfriamento sobre a evolução da glicólise (valor R) pode ser observado comparando, às 4h *post mortem*, temperaturas de 0, 10 e 20°C aplicadas por 30min seguidas de -30°C por 3h e 15min (tratamentos A, C e E) que resultaram em valores R de 1,51; 1,31 e 1,43, respectivamente (QUADRO 1, ANEXOS 31 e 32). Entre os tratamentos de 0 e 10°C as médias diferiram ($p < 0,05$) entre si, demonstrando que temperaturas de 0°C aceleraram a queda de ATP (trifosfato de adenosina) no estágio final de transformação do músculo em carne. Isso evidenciou que carcaças de aves sem pré-resfriamento apresentaram resolução do *rigor mortis* mais rápida no *pectoralis major*, do que aquelas carcaças pré-resfriadas a 10 ou 20°C.

Esses resultados de valor R às 4h *post mortem* confirmaram o efeito das baixas temperaturas na aceleração da velocidade de glicólise observado através das médias de pH aos 45 e 75 minutos. Efeito semelhante foi descrito em músculos de bovinos por HONIKEL & HAMM (1980) que observaram que temperaturas inferiores a 10°C aceleravam as reações *post mortem*, enquanto a temperaturas acima de 10°C as reações eram retardadas.

Em bovinos, a aceleração das reações *post mortem* por temperaturas baixas utilizadas em carcaças em pré-*rigor* resultaram em “encurtamento pelo frio” (LOCKER & HAGYARD, 1963; MARSH & LEET, 1966). Em frangos, BILGILI et al. (1989) trabalhando com temperaturas de 41, 28, 14 e 0°C descreveram menor comprimento de sarcômero em peitos de carcaças submetidas a 0°C. Resultados semelhantes foram reportados por PAPINAHU & FLETCHER (1996) que observaram maior encurtamento muscular em peitos desossados submetidos a 0°C. Considerando os resultados de pH (45min) e de valor R

(4h) encontrados no presente trabalho para os vários resfriamentos, o tratamento A mostrou um efeito potencial para a ocorrência de “encurtamento pelo frio” e redução da maciez, conforme descrito por BILGILI et al. (1989)

Os tratamentos de pré-resfriamento influenciaram significativamente ($p<0,01$) os valores de pH final (QUADRO 1). Comparando as temperaturas de pré-resfriamento (tratamentos A, B e C), carcaças de aves sem pré-resfriamento ou pré-resfriadas a 10°C com médias de 5,72; 5,71 e 5,69, respectivamente diferiram ($p<0,05$) daquelas carcaças pré-resfriadas a 20°C (tratamentos D e E) com médias de 5,85 e 5,82. Esses resultados mostraram que a ausência de pré-resfriamento ou pré-resfriamento a 10°C resulta em maior extensão da glicólise *post mortem* do que pré-resfriamento a 20°C.

Embora a maciez seja relacionada, na literatura com o metabolismo *post mortem* (STEWART & FLETCHER, 1984), em peitos desossados convencionalmente CONTRERAS (1995) descreveu elevada correlação entre pH final e maciez, onde peitos com elevado pH final resultaram em menor força de cisalhamento.

3.4. Efeito dos tratamentos de resfriamento sobre pH e valor R

O efeito das temperaturas utilizadas após o pré-resfriamento pode ser observado quando comparado o resfriamento de 0°C aplicado por 30min seguido de resfriamento rápido a -30°C por 2h e 15min, com o resfriamento rápido a -30 por 3h e 15min (tratamentos B e C em carcaças pré-resfriadas a 10°C ou tratamentos D a E em aves pré-resfriadas a 20°C). Observa-se que o pH às 4h *post mortem* não foi afetado pelos tratamentos utilizados (QUADRO 1, ANEXOS 31 e 32). Embora às 24h os valores de pH tenham mostrado diferenças ($p<0,01$) entre os tratamentos, as médias dos tratamentos B e C e dos tratamentos D e E não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram encontrados para valor R às 4 e 24 horas. Isso demonstrou que as temperaturas utilizadas para o resfriamento de carcaças após os 45min do abate não influenciaram a velocidade de resolução do *rigor mortis*.

Utilizando temperaturas de 10, 15, 25 e 37°C aplicadas a carcaças após a instalação do *rigor mortis*, KHAN (1971) não observaram efeitos sobre a maciez. Como a textura de peito está associada com a atividade metabólica *post mortem*, conforme afirmado por STEWART & FLETCHER (1984), supõem-se que as diferentes temperaturas usada por KHAN (1971) não afetaram significativamente o desenvolvimento bioquímico na fase final de *rigor mortis*. De acordo com isso, é possível que no presente trabalho a ausência do efeito dos tratamentos de resfriamento utilizados após os 45min do abate seja

consequência da adiantada fase das reações químicas *post mortem*. Assim, infere-se que temperaturas baixas (resfriamento rápido, -30°C) aplicadas em carcaças de aves com *rigor* instalado tenham efeito semelhante aquele descrito para temperaturas entre 10 a 37°C.

QUADRO 1. Efeito de diferentes condições de pré-resfriamento e resfriamento de carcaça de frango sobre o pH e valor R do *pectoralis major*.

	n	15min		45min		75min		4h		24h	
		valor R	pH	valor R	pH	valor R	pH	valor R	pH	valor R	pH
A	15	1,05	5,83	1,17 ^a	5,75 ^a	-	-	1,51 ^a	5,72	1,37	5,70
B	15	1,04	5,75	1,23 ^{ab}	5,81 ^a	1,23	5,75 ^a	1,44 ^{ab}	5,75	1,33	5,68
C	15	-	-	-	-	-	-	1,31 ^b	5,74	1,35	5,72
D	15	1,11	5,80	1,28 ^b	5,95 ^b	1,17	5,85 ^b	1,32 ^b	5,74	1,34	5,78
E	15	-	-	-	-	-	-	1,43 ^{ab}	5,67	1,31	5,83
F	10	-	-	-	-	-	-	1,30 ^b	5,69	1,27	5,66

n = número de unidades experimentais para as análises aos 15, 45 e 75min, 4 e 24h

A = 0°C por 30 minutos ; -30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

B = 10°C por 30 minutos ; 0°C por 30 minutos;-30°C por 2h e 45 min; 0°C por 20h

C = 10°C por 30 minutos;-30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

D = 20°C por 30 minutos ; 0°C por 30 minutos;-30°C por 2h e 45min; 0°C por 20h

E = 20°C por 30 minutos; -30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

F = 20°C por 30 minutos; 0°C por 23h e 15 min

^{a, b e c} Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

3.5. Parâmetros de cor

3.5.1. Considerações sobre os parâmetros de cor

Analisando os dados médios para o valor L^* (teor de luminosidade) cujas leituras foram realizadas entre os 15min e às 24h *post mortem*, observou-se que houve uma evolução nos índices. Aos 15min os resultados médios variaram de 40,4 a 41,3, aos 75min de 44,0 a 45,9, às 4h de 46,2 a 47,6 e às 24h de 45,5 a 49,8 (QUADRO 2, ANEXO 33). Estes resultados evidenciaram que as maiores modificações no teor de luminosidade ocorreram no período entre 15 a 75min *post mortem*. Através de leitura da coloração do peito de aves realizado sobre a pele (o que pressupõe valores mais elevados para a luminosidade, pois a coloração da pele é mais clara do que o músculo de peito), LYON & CASSON (1995) descreveram que ocorre uma evolução significativa no valor L^* entre 30 e 60min com médias de 62 e 63, respectivamente. Esses autores não correlacionaram as transformações bioquímicas com a evolução dos parâmetros de cor, entretanto como as medidas foram realizadas aos 30 e 60min supõem-se que as modificações verificadas no valor L^* sejam uma manifestação da evolução bioquímica *post mortem* nos músculos peitorais.

Para o valor a^* (teor de vermelho) medido no período entre 15min e 24h *post mortem*, não houve diferença entre os resultados nos diferentes momentos de leitura que tenham caracterizado uma evolução de cor. Entretanto para o valor b^* (teor de amarelo) foi observado uma modificação nas medidas entre os 15min com médias de 2,46 a 3,11 e 45min com médias de 3,32 a 4,16. Esse comportamento de cor para valor a^* e b^* contraria as descrições de LYON & CASSON (1995) que citaram evolução significativa no teor de vermelho cujo valor médio passou de 0,6 aos 30min para 2,07 aos 60 minutos. Possivelmente, a falta de coincidência entre os dados do presente trabalho e os de LYON & CASSON (1995) seja resultado do ponto de escolha para a leitura de cor.

3.5.2. Valor L^* (teor de luminosidade)

O valor L^* foi influenciado significativamente ($p < 0,001$) pelos tratamentos de pré-resfriamento aos 45min *post mortem* (QUADRO 2, ANEXO 33). Comparando os tratamentos A, B e D observa-se que peitos de carcaças sem pré-resfriamento ou pré-resfriados a 10°C, com médias de 45,1 ou 44,7 resultaram em peitos com maior luminosidade do que aqueles pré-resfriados a 20°C com média de 42,2. Estes resultados demonstraram que a evolução da luminosidade em peito de frango foi mais elevada em carcaças sem pré-resfriamento ou pré-resfriadas a 10°C. Considerando que o valor L^*

manifeste as alterações bioquímicas de conversão do músculo em carne, é possível inferir que carcaças sem pré-resfriamento ou pré-resfriadas a 10°C tiveram uma evolução bioquímica mais rápida do que aquelas pré-resfriadas a 20°C. Isso confirma os resultados de pH obtidos aos 45 e 27min *post mortem*.

A análise da variância determinou efeito significativo ($p < 0,001$) dos tratamentos de resfriamento sobre o valor L^* às 24h *post mortem* em músculos *pectoralis major* (QUADRO 2). Carcaças sem pré-resfriamento ou pré-resfriadas a 10°C (tratamentos A, B e C) com médias de 48,2; 47,7 e 47,6 diferiram significativamente ($p < 0,05$) daquelas carcaças pré-resfriadas a 20°C (tratamento D e E) com médias de 45,5 e 45,7. Esses resultados evidenciam que as temperaturas utilizadas, logo após a evisceração, influenciaram o valor L^* às 24h, onde temperaturas de 0 ou 10°C resultam em elevado teor de luminosidade. Por outro lado as temperaturas utilizadas após os 45min do abate não afetaram o valor L^* (as médias entre os tratamentos B e C e os tratamentos D e E não diferiram entre si).

Os resultados das análises bioquímicas (valor R e pH) e de composição de cor (L^* , a^* e b^*) foram submetidas a análise de correlação aos 15 e 45min, 4 e 24h conforme apresentado na Matriz de Correlação de Pearson no ANEXO 34. Nessa análise foi observado que aos 15min *post mortem*, o valor L^* foi positivamente correlacionado ao valor R (com $r=0,53$, $p=0,01\%$). Esse índice demonstrou que, quanto maior foi a hidrólise de ATP (maior valor R) aos 15min *post mortem* maior foi a luminosidade (valor L^*) no *pectoralis major*. Quando analisado a relação luminosidade e pH, os índices de correlação foram inversos aos 45min ($r=-0,65$, $p=0,01\%$), às 4h ($r=-0,51$, $p=0,01\%$) e às 24h ($r=-0,54$, $p=0,01\%$). Esses resultados demonstraram que, quanto menores foram os valores de pH no músculo *pectoralis major* mais elevados foram os índices de luminosidade. Considerando essas correlações, é possível associar a evolução do índices de luminosidade com a evolução das reações de conversão do músculo em carne, definidas pela hidrólise de ATP (valor R) ou pela glicólise (valor de pH). Dessa forma quanto mais rápida a instalação do *rigor mortis* no *pectoralis major* maior é o índice de luminosidade. Às 24h *post mortem*, o índice de correlação indicou que a luminosidade nos músculos peitorais também está associado a extensão de glicólise, ou seja quanto menor é o pH final, maior é a luminosidade.

CONTRERAS (1995) avaliando técnicas de atordoamento não observou essa relação entre pH final e teor de luminosidade. Peitos de aves sem atordoamento resultaram em baixo pH final (média de 5,58) enquanto aves com atordoamento elétrico mostraram

valores mais elevados de pH (médias de 5,68 a 5,70), entretanto não foram verificadas diferenças no teor de luminosidade, com médias que variaram de 52,4 a 53,8.

3.5.3. Valor a^* (teor de vermelho)

O valor a^* foi influenciado significativamente ($p<0,05$) aos 75min pelas temperaturas de pré-resfriamento (QUADRO 2). Carcaças pré-resfriadas a temperaturas de 10°C apresentaram maior valor de teor de vermelho com média de 2,86, do que carcaças pré-resfriadas a 20°C com média de 2,26.

Às 4h *post mortem*, os tratamentos afetaram significativamente ($p<0,05$) o valor a^* (QUADRO 2). A diferença entre as médias demonstrou que aves pré-resfriadas a 20°C e mantidas a 0°C (tratamento F) apresentaram baixo teor de vermelho, quando comparado aos demais resfriamentos, possivelmente, essa diferença seja em função das diferenças de temperatura entre as carcaças. Entretanto, analisando as médias dos tratamentos B e C e dos tratamentos D e E, verifica-se que carcaças pré-resfriadas a 10°C apresentaram maior teor de vermelho do que aquelas pré-resfriadas a 20°C, conforme observado aos 75min *post mortem*. Às 24h, as médias de valor a^* não revelaram efeito dos tratamentos de pré-resfriamento ou resfriamento, na cor da carne.

3.5.4. Valor b^* (teor de amarelo)

O teor de amarelo não foi influenciado pelos tratamentos aos 45, 75min e às 24h *post mortem*. Porém às 4h, as médias de valor b^* mostraram efeito significativo ($p<0,05$) dos tratamentos, onde carcaças sem pré-resfriamento ou resfriadas a 10°C (com exceção do tratamento C) resultaram em médias de valor b^* mais elevadas, do que as carcaças pré-resfriadas a 20°C. Comparando as médias de teor de amarelo nos diferentes momentos de leituras, a variação entre essas foi baixa, diferente do comportamento das médias às 4 horas. Como esta medida foi realizada após o resfriamento a temperaturas de -30°C, é possível que a baixa temperatura da carcaça tenha interferido neste parâmetro de cor.

QUADRO 2. Efeitos das diferentes condições de pré-resfriamento e resfriamento de carcaças de frangos sobre medidas objetivas de cor do *pectoralis major*.

15min				45min				75min				4h				24h			
n	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*				
A	15	40,4	2,52 ^a	2,63	45,1 ^a	2,52	4,16	-	-	47,5	2,01 ^a	5,27 ^{ab}	48,2 ^{ab}	2,44	3,07				
B	15	41,3	2,38 ^a	3,11	44,7 ^a	2,86	4,16	45,9	2,75 ^a	47,1	2,79 ^a	6,12 ^a	47,7 ^{abc}	2,70	3,45				
C	15	-	-	-	-	-	-	-	-	46,8	2,57 ^a	3,95 ^{bc}	47,6 ^{bc}	2,44	3,74				
D	15	41,1	1,79 ^b	2,46	42,2 ^b	2,15	3,32	44,6	2,26 ^b	46,9	2,25 ^a	3,96 ^{bc}	45,5 ^d	2,60	3,11				
E	15	-	-	-	-	-	-	-	-	47,6	1,64 ^{ab}	2,84 ^c	45,7 ^{cd}	2,67	3,08				
F	10	-	-	-	-	-	-	-	-	46,2	0,47 ^b	2,56 ^c	49,8 ^a	2,29	4,19				

A = 0°C por 30 minutos ; -30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

B = 10°C por 30 minutos ; 0°C por 30 minutos; -30°C por 2h e 45 min; 0°C por 20h

C = 10°C por 30 minutos; -30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

D = 20°C por 30 minutos ; 0°C por 30 minutos; -30°C por 2h e 45min; 0°C por 20h

E = 20°C por 30 minutos; -30°C por 3h e 15 minutos; 0°C por 20h

F = 20°C por 30 minutos; 0°C por 23h e 15 min

n = número de unidades experimentais para cada momento de análise

^{a, b, c, e d} Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

L* = luminosidade (preto = 0 e branco = 100)

a* = tendência para vermelho (verde = -80 e vermelho = 100)

b* = tendência para o amarelo (azul = -50 e amarelo = 70)

3.6. Perda de peso por cozimento

A perda de peso por cozimento (PPC) não foi influenciada pelos tratamentos utilizados para resfriar as carcaças de frango (QUADRO 3, ANEXO 35). Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por DUNN et al. (1993) que, utilizando temperaturas de incubação de 0, 5, 10, 20, 30 e 40°C, aplicadas após o abate não observaram efeito da temperatura sobre a PPC, que apresentaram variações médias de 18,04 a 20,55%. Por outro lado, esses resultados conflitam com os de BILGILI et al. (1989) que encontraram em carcaças submetidas à 41 e 28°C perdas superiores a 29%, enquanto que para carcaças tratadas à 14 e 0°C as perdas foram de 27,9 e 25,1%, respectivamente. Neste último trabalho, as carcaças foram imersas em soluções de água e gelo ou água aquecida por períodos de 4h e a PPC foi determinada pela diferença de peso de músculos peitorais submetidos à temperatura interna de 82-85°C. Possivelmente o tempo e a temperatura de aplicação utilizados nesses tratamentos tenham interferido nos índices de absorção de água, o que resultou em PPC com comportamento diferente daquele observado por DUNN et al. (1992) e os encontrados no presente trabalho, onde o tempo de imersão foi de até 1 hora.

SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) observaram maiores perdas de peso no cozimento (105°C por 160min) com média de 18% em peitos de carcaças resfriadas por imersão, do que naquelas resfriadas em túnel de congelamento que apresentaram média de perda de peso de 17%. Comparando esses dois tratamentos observa-se que existiram dois fatores de variação, a temperatura e o meio de transferência do frio. Desta forma, é possível que, nesse trabalho, além da temperatura a quantidade de água absorvida durante o resfriamento tenha interferido nos resultado de perda de peso por cozimento.

No presente trabalho, não se obteve índice de correlação significativo entre perda de peso por cozimento e pH final (ANEXO 4). Perdas de peso por cozimento em função do pH final foi descrito por SEEMANN (1986) e por CONTRERAS (1995). Em peitos de aves com elevado pH SEEMANN (1986) descreveu baixas perdas no cozimento. Entretanto, CONTRERAS (1995) observou em aves sem atordoamento com pH final de 5,58 percentuais de PPC de 27,2%, e para aves atordoadas eletricamente com pH entre 5,68 a 5,71 perdas de 29,4%, ou seja, menores perdas de peso por cozimento foram relacionados a valores mais baixos de pH final.

QUADRO 3. Efeito das diferentes condições de pré-resfriamento e resfriamento sobre as medidas de perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) do *pectoralis major*.

Tratamentos	n ¹	PPC (%)	n	FC (kgf/g)
A	17	28,44	17	2,92
B	19	29,03	19	3,04
C	18	28,08	18	3,22
D	21	28,11	21	3,50
E	20	28,90	20	3,34
F	17	28,36	17	3,24

n = número de unidades experimentais

3.7. Força de cisalhamento

A força de cisalhamento (FC) não foi afetada significativamente pelas temperaturas de pré-resfriamento e resfriamento (**QUADRO 3, ANEXO 35**). Esses resultados demonstraram que os tratamentos de pré-resfriamento ou resfriamento, nas condições em que foram aplicados, não afetaram a maciez em músculos de peitos de frangos.

As médias de força de cisalhamento encontradas no presente trabalho variaram de 2,92 a 3,50kgf/g. Esses resultados para FC ficaram abaixo dos valores médios de 5,5 a 5,8kgf/g descritos por CONTRERAS (1995) em músculos de peito desossados convencionalmente. Isso evidencia que a maciez encontrada em músculos de peito foi elevada. Embora as amostras do *pectoralis major* do tratamento A (carcaças sem pré-resfriamento) tenham demonstrado desenvolvimento mais rápido nas reações de glicólise, do que os demais tratamentos, em condições bioquímicas potenciais para o “encurtamento pelo frio”, esse tratamento não resultou em redução na maciez, ao contrário, foi observado a menor FC com média de 2,92kgf/g. Resultados similares foram obtidos por DUNN et al. (1993) que, utilizando amostras de *pectoralis major* na forma de tiras incubadas a temperaturas entre 0 e 40°C, não observaram diferenças significativas para a FC (as médias variaram de 3,17 a 5,71kg/cm²), ainda que nos tratamentos de 0, 5 e 40°C tenha sido identificado um significativo encurtamento muscular.

Resultados contrários aos citados foram reportados por SMOLINSKA & ABDUL-HALIM (1992) que, utilizando o resfriamento convencional (8°C no interior dos músculos de peito aos 65min) e resfriamento rápido (23°C no interior do peito aos 15min), observaram através de análise sensorial com escala de 0 a 5 pontos, menor maciez em carcaças

resfriadas rapidamente. Mais tarde DUNN et al. (1995), empregando temperaturas de 0°C por 80min ou -12°C por 50min, descreveram que, em carcaças resfriadas rapidamente, houve uma grande variação nos resultados de FC em músculos peitorais. Quando os dados de resfriamento rápido foram submetidos a análise de correlação, os autores encontraram coeficiente elevado ($r = -0,89$) entre o valor de pH aos 15min *post mortem* e o comprimento de sarcômero. Analisando os resultados desses dois trabalhos, é possível supor que resfriamentos drásticos de carcaças (onde não é utilizado pré-chiller ou chiller) podem resultar em efeitos negativos (SMOLINSKA & ABDUL-HALIM, 1992) ou grandes variações na maciez (DUNN et al., 1995).

Por outro lado, comparando o comportamento da força de cisalhamento descrita por DUNN et al. (1993) e os resultados obtidos no presente trabalho, embora ambos não tenham verificado efeito significativo das temperaturas utilizadas logo após o abate, observou-se que as maiores FC encontradas por DUNN et al. (1993) foram em amostras incubadas a 10, 20 e 30°C com médias de 5,71; 5,06 e 5,13kg/cm², enquanto amostras tratadas a 0, 5 e 40°C as médias foram de 3,17; 3,87 e 3,25kg/cm². No presente trabalho, as maiores FC foram verificadas em amostras pré-resfriadas a 20°C com médias acima de 3,24kgf/g, enquanto carcaças pré-resfriadas a 0 ou 10°C a FC foi inferior a 3,23kgf/g. No tratamento D, que mais se aproximou do resfriamento convencional foi verificado menor maciez.

Embora DeFREMERY & POOL (1962) utilizando injeções subcutâneas de adrenalina ou intravenosa de iodoacetato de sódio tenham conseguido interromper a glicólise *post mortem* e com isso obter músculos de peito com elevado pH final que coincidiram com elevada maciez, no presente trabalho não foi observado relação entre pH final e FC (ANEXO 4). Entretanto, analisando a Matriz de Correlação de Pearson, observa-se um significativo ($P = 0,1\%$) coeficiente (0,42) entre os resultados de FC e valor a^* às 24h *post mortem*, que indicaram em músculos com maiores teores de vermelho a ocorrência de resultados baixos de força de cisalhamento, ou seja, músculos *pectoralis major* com elevados teores de vermelhos mostraram elevada maciez.

4. CONCLUSÕES

- A velocidade na instalação e resolução do *rigor mortis* foi acelerada em peitos de carcaças sem pré-resfriamento submetidas a 0°C por 30min seguida de resfriamento a -30°C por 3h e 15 minutos.

- As temperaturas de resfriamento utilizadas após 45min do abate não influenciaram a velocidade das reações químicas *post mortem*.
- O teor de luminosidade em músculos de peito foi aumentado em carcaças resfriadas à baixas temperaturas sem pré-resfriamento ou pré-resfriadas a 10°C.
- A perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento não foram afetadas pelos condições de pré-resfriamento.
- Nas operações de obtenção de carcaças inteiras, a temperatura de pré-resfriamento pode ser reduzida de 20°C para 10°C ou a etapa de pré-resfriamento pode ser eliminada sem resultar em prejuízos aos parâmetro de cor (a^* e b^*), à perda de peso por cozimento e à maciez como indicado pela força de cisalhamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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: **The structure and function of muscle**. New York, Academic Press. v. 2. 143-57. 1973.
- BERAQUET, N. J. Abate e evisceração, *In: Abate e processamento de frangos*. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas (ed.). Campinas, São Paulo. 1994. 150p.
- BERAQUET, N. J. Operações e controles em abatedouros de aves. **Revista Nacional da Carne**. São Paulo, n.162, p.19-24. 1990.
- BILGILI, S. F.; EGBERT, W. R.; HOFFMAN, D. L. Research note: Effect of post mortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *pectoralis major*. **Poultry Science**. Champaign, v. 68, n.11, p.1588-91. 1989.
- CONFORTH, D. P.; PEARSON, M. A.; MERKEL, R. A. Relationship of mitochondria and sarcoplasmatic reticulum to "cold shortening". **Meat Science**. Essex, v.4, n.2, p.103-6. 1980.
- CONTRERAS, C. J. C. Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango "*Pectoralis major*". Campinas, 1995.

150p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

DAVEY, C. L.; KUTTEL, H.; GILBERT, K. V. Shortening as a factor in meat ageing. **Journal of Food Technology**. Mysore, v.2, n.1, p.53-6. 1967.

DAWSON, L. E.; DAVIDSON, J. A.; FRANG, M.; WALTERS, S. The effects of time interval between slaughter and freezing on toughness of broilers. **Poultry Science**. Champaign, v.35, p.1140-4. 1956.

DeFREMERY, D.; POOL, M. The influence of post-mortem glycolysis on poultry tenderness. **Food Research**. Chicago, v.28, n.2, p.173-6. 1962.

DODGE, J. W.; STADELMAN, W. J. Post mortem aging of poultry meat and its effect on the tenderness of breast muscle. **Food Technology**. Chicago, v.13, n.1, p.81-4. 1959.

DUNN, A. A.; KILPATRICK, D. J.; GAULT, N. F. S. Contribution of rigor shortening and "cold shortening" to variability in the texture of *pectoralis major* muscle from commercially processed broilers. **British Poultry Science**. Langford, v 36, n.3, p.401-13, 1995.

DUNN, A. A.; KILPATRICKS, D. J.; GAULT, N. F. S. Effect of post mortem temperature on chicken *pectoralis major* muscle shortening and cooked meat tenderness. **British Poultry Science**. Langford, v.34, n.4, p.689-97. 1993.

ENGLER, S. V.; COBB, G. **Method of producing fresh meat in which substantial moisture loss during production is reduced**. United States Patent. US 4 940 599 (US4940599). Engler, Scarborough, Ont., Canada. 1990.

FRONING, G. W.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on colour and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.57, n.3, p.630-3, 1978.

HAMM, R. Postmortem changes in muscle with rigor to processing of hot-boned beef. **Food Techonology**. Cleveland, v.36, n.11, p.105-15. 1982.

HAZENBROEK, J. E. **Method and apparatus for transferring a bird from one conveyor system to another**. United States Patent. US 5 344 360 (US5344360). Hazenbroek, Numansdrop, Netherlands. 1994.

- HONIKEL, K. O. ; FISCHER, C. A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal of Food Science**. Chicago, v.42, n.7, p.1663-76, 1977.
- HONIKEL, K. O.; FISCHER, C.; HAMID, A.; HAMM, R. Influence of post mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**. Chicago, v.46, n.1, p.1-7. 1981.
- HONIKEL, K. O.; HAMM, R. La influencia del refrigerado sobre las cualidades de la carne vacuna recién faenada. **Fleischwirts, Español**. Frankfurt, n.2, p.16-22. 1980.
- HONIKEL, K.O.; HAMM, R. Enfriado, congelado y descongelado. Aspectos coloidoquímicos de la calidad de la carne. **Fleischwirtschaft, Español**. Frankfurt, n.1, p.46-53. 1985.
- JANSEN, A. J.; DOORNBOS, G. J. **Cooling equipment and method for cooling of slaughtered animals**. Netherlands Patent Application. NL 93 01 871 A. (NL9301871A). Stork Bronswerk, Amersfoort, Netherlands. 1995.
- JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C. HEDRICK, H. B. MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. DUBUQUE, H. (ed). 1989. 351p.
- KHAN, A. W. Effect of temperature during post mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on poultry meat tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v.36, n.1, p.120-1. 1971.
- KHAN, A. W.; NAKAMURA, R. Effects of pre-and post mortem glycolysis on poultry tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v.35, n.3, p.266-7. 1970.
- KIJOWSKI, J. Ç., NIEWIAROWICZ, A., KUJAWSKA-BIERNAT, B. Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. **Journal Food Technology**. Mysore, v.47, n.2, p.553-60. 1982.
- KLOSE, A. A.; HANSON, H. L.; POOL, M. F.; LINEWEAVER, H. Toughness in frozen birds aged for various times. **Poultry Science**. Champaign, v.34, p.1205-6. 1955.
- LAWRIE, R. A. Meat Science. 5th. Pergamon Press (ed). New York, NY. 1991.
- LOCKER, R.H.; HAGYARD, C. J. A. Cold shortening effect in beef muscle. **Journal of the Science Food Agriculture**. Wageningen, v.14, p.787-93. 1963

- LYON, C. E.; CASSON, J. A. Effect of water chilling on objective color of bruised and unbruised broiler tissue. **Poultry Science**. Champaign, v.74, n.11, p.1894-9. 1995.
- LYON, C. E.; LYON, B. G. The relationship of Objective : Shear value and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**. Champaign, v.69, n.8, p.1420-7. 1990.
- MARSH, B. B.; LEET, N. G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. **Journal of Food Science**. Chicago, v.31, n.3, p.450-9. 1966.
- PAPA, C. M.; FLETCHER, D. L. Pectoralis muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. **Poultry Science**. Champaign, v.67, n.4, p.635-40. 1988.
- PAPINAHU, P. A.; FLETCHER, D. L. The influence of temperature on broiler breast muscle shortening and extensibility. **Poultry Science**. Champaign, v.75, p.797-802. 1996.
- RISTIC, M. The relation between duration of fattening, retail grade and meat quality of broilers. **Fleischerei**. Frankfurt, v.30, n.9, p.696-8. 1979.
- RISTIC, M. Air spray cooling and its effect on the carcass quality of broilers. **Mitteilungsblatt der Bundesanstalt fuer Fleischforschung**. Kulmbach, v.31, n.116, p.156-64. 1992.
- SAMS, A. R.; JANKY, D. M. Characterisation of rigor mortis development in four broiler muscles. **Poultry Science**. Champaign, v.70, n.4, p.1003-9. 1991.
- SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler *pectoralis* to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**. Champaign, v.72, n.9, p.1789-96. 1993.
- SEEMANN, G. Beziehungen zwischen der pH wert änderung nach dem schlachten und anderen fleischqualitätsparametern beim hähnchen. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v. 66, n.4, p. 604-6, 1986.
- SHRIMPTON, D. H.; MILLER, W. S. Some causes of toughness in broilers. II. Effects of breed, management and sex. **Poultry Science**. Champaign, v.1, p.111-16. 1960.
- SMITH, M. C.; JUDGE, M. D.; STADELMAN, W. J. A. "Cold shortening" effect in avian muscle. **Journal of Food Science**. Chicago, v.34, n.1, p.42-46. 1969.

- SMITH, D.; FLETCHER, D.; PAPA, C. Post mortem biochemistry of pekin duckling and broiler chicken Pectoralis muscle. **Poultry Science**. Champaign, v.71, n.10, p.1768-72. 1992.
- SMOLINSKA, T.; ABDUL-HALIM, F. The effects of freezing systems and frozen storage on the quality of broiler tissue muscle. **Archiv fuer Gefluegelkunde**. Stuttgart, v.56, n.2, p.80-5, 1992.
- SMOLINSKA, T.; KOPEC, W.; POPIEL, A. Effects of salt modified post mortem changes in chicken meat on sausages quality. *In: EUROPEAN WPSA SYMPOSIUM ON THE OF POULTRY MEAT, IXth*. 22-25 august, Ulmer, 1989. *Proceedings...* Hohenheim: Scholtyssek University Hohenheim. 1989. p.191-7.
- STATISTICA. Copyright © Stat Soft, Inc. Release 5.0. Tulsa. 1995.
- STEPHAN, F.; FEHLHABER, K. Poultry meat production. Examining the hygiene of the air-spray cooling method. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.74, n.8, p.870-3. 1994.
- STEWART, M. K.; FLETCHER, D. L.; HAMM, D.; THOMPSON, J. L. The effect of boning broiler breast meat muscle on postmortem pH decline. **Poultry Science**. Champaign, v.63, n.11, p.2181-6. 1984.
- TOMLINS, R. Cryogenic freezing and chilling of food. **Food Technology International Europe**. p.145-6, 148-9. 1995.
- UIJTENBOOGAART, T. G.; REIMERT, H. G. M. Effects of the method of chilling, electrical stimulation and boning time on quality characteristics of chicken broiler breast meat. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40TH* the Hague, Netherlands. *Proceedings...* The Hague, v. 4, n.S-IVB. 41. 1994.

CAPÍTULO 5

Avaliação das características de qualidade de carne em peito de frango através da análise de componente principal.

RESUMO

Em decorrência do aparecimento de peitos de frangos com alterações de cor, os dados de dois grupos de frangos foram submetidos a análise de componentes principais com o objetivo de avaliar o comportamento das características de qualidade dos músculos peitorais. No **Estudo 1**, em condições pré-abate não padronizadas, 74 frangos foram transportados da granja ao frigorífico por distâncias entre 53 a 170 km, submetidos a tempos de descanso de 0, 2 e 4h, com temperaturas ambientais pré-abate de 17 e 30°C. No **Estudo 2**, em condições de pré-resfriamento e resfriamento padronizadas, 43 frangos foram submetidos a pré-resfriamento à temperaturas de 0 a 20°C/30min, resfriados à 0°C/30min, seguido de temperaturas de -35°C/2h e 45min ou resfriadas à -35°C/3h e 15min. Nos dois estudos, após o resfriamento, as carcaças foram armazenadas à 4°C por 20 horas.

As medidas avaliadas no **Estudo 1** foram cor (L^* , a^* e b^*), pH e capacidade de retenção de água. No **Estudo 2**, além das medidas de cor e pH foram realizadas a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC). Os peitos de frango foram classificados subjetivamente às 24h *post mortem* numa escala de dois pontos, onde 1 indicou coloração normal e 0 definiu coloração peitos de coloração pálida.

No **Estudo 1**, frangos com condições pré-abate não padronizadas mostraram no primeiro autovalor, responsável pela variabilidade de 36,68%, as variáveis valor b^* , valor a^* e pH. No **Estudo 2**, em carcaças submetidas a resfriamento não padronizado, as variáveis identificadas no primeiro autovalor, explicando 37,03% das variações foram valor L^* , valor b^* , valor a^* e pH. As variações observadas na primeira componente principal corresponderam no **Estudo 1** e **2** a peitos de frangos classificados como peitos alterados. Nesses dois estudos, o comportamento das características que definiram peitos pálidos foram baixo teor de vermelho e elevado teor de amarelo, em músculos com baixos valores de pH.

Peitos pálidos mostraram menor variação nos resultados de força de cisalhamento do que peitos normais. Na distribuição de frequência dos dados, 71,4% desses peitos

apresentaram resultados para a FC entre 2,65 a 3,83kgf/g, enquanto 50,0% de peitos normais mostraram resultados neste intervalo.

Palavras-chave: frango; alterações de cor; PSE.

ABSTRACT

Due to the appearance of chicken breasts with color alterations, the results of the analyses of two groups of chickens were submitted to the principal components analysis with the objective of evaluating the quality characteristics in *pectoralis major* muscles. In **Study 1**, with non-standardized pre-slaughter operations, 74 birds were transported from the poultry farm to the slaughterhouse (distances of 53 to 170km), submitted to rest times of 0, 2 and 4h, with environmental temperatures *ante mortem* of 17 and 30°C. In **Study 2**, in non-standardized pre-chilling and chilling conditions, 43 birds were submitted to pre-chilling at temperatures of 0 to 20°C/30min, as 0°C/30min, followed by temperatures of -35°C/2h and 45min or cooled at -35°C/3h and 15min. In the two studies, after chilling, the carcasses were stored at 4°C for 20 hours.

The factors evaluated in **Study 1** were color (L^* , a^* and b^*), pH and water binding capacity. In **Study 2**, the determinations were color, pH, cooking loss and shear force. The chicken breasts were measured subjectively 24h *post mortem* with a 2-point score, where 1 indicated normal and 0 light color.

In **Study 1**, chickens with non-standardized conditions *ante mortem* showed in the first Eigen vector, responsible for a variability of 36.68%, the variable value b^* , value a^* and pH. In **Study 2**, in carcasses submitted to non-standardized chilling, the variables identified in the first Eigen vector, explaining 37.03% of the variations were L^* value, b^* value, a^* value and pH. The variations observed in the first principal component corresponded, in **Studies 1** and **2**, to the breasts of chickens classified as being light color. In these, the behavior of the characteristics that defined the condition light color in the *pectoralis major* were low redness and high yellow in muscles with low pH values.

Light color breasts showed smaller variation in the results of shear force than normal breast. In the frequency distribution of the data, 71.4% of light color breast presented results for shear force between 2.65 and 3.83kgf/g, while 50.0% of normal breasts showed results in this interval.

Key words: Poultry; *pectoralis major*; PSE.

1. INTRODUÇÃO

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada que possibilita, em investigações com um grande número de dados disponíveis, a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados sem perdas significativas de informações (KARLSSON, 1992). A primeira componente principal é a combinação linear das medidas com variações máximas entre os objetos de estudo. A segunda e a terceira componente, de forma semelhante, são combinações lineares que representam no conjunto de dados as próximas variações máximas (KRZANOWSKI, 1993). O conjunto de dados referentes a um trabalho, segundo LEBART et al. (1984), contém muitas inter-relações imperceptíveis numa avaliação inicial, pois os resultados correspondentes as variáveis são diferentes em ordem de magnitude. Assim na ACP, os valores das medidas são transformados em escalas padronizadas, onde as distâncias entre os pontos individuais (dados referentes a uma unidade experimental) são interpretados em termos de similaridade padrão e o tamanho da variação é representado pela extensão do vetor a partir do ponto de origem.

Em alimentos, a ACP tem sido utilizada para tratar conjuntos de dados com o objetivo de identificar e selecionar os parâmetros de qualidade que explicam as grandes variações na variância total dos resultados (EIKELENBOOM & NANNICOSTA, 1988; OURIQUE, 1989; KARLSSON, 1992; RAJ & NUTE, 1994; SILVEIRA, 1997). Utilizando essa análise multivariada para avaliar dados coletados em carne suína PSE, normal e DFD, KARLSSON (1992) demonstrou que a ACP é uma ferramenta que auxilia na classificação das carnes de acordo com sua qualidade. Também usando essa técnica, OURIQUE (1989), KARLSSON (1992) e SILVEIRA (1997) demonstraram que na primeira componente principal foram encontrados os parâmetros responsáveis pela máxima variação e que identificaram as carnes PSE. Por outro lado, com referência a medida que melhor define a condição PSE em suínos, os autores discordam. OURIQUE (1989) estudando os músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus*, onde determinou pH, cor, reflectância interna a luz, perda de líquido por gotejamento e perda de peso por cozimento, encontrou na primeira componente principal a medida de pH às 24 horas. KARLSSON (1992) analisando, no *longissimus dorsi*, os resultados de medida de reflectância interna a luz, pH, solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas e solubilidade das proteínas totais observou a medida de reflectância às 20h *post mortem* como responsável pela maior variação total. SILVEIRA (1997), objetivando o controle de qualidade de músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus* em linha de abate de suínos, verificou na primeira componente principal as medidas de luminosidade, CRA e solubilidade das proteínas

miofibrilares. Entretanto quando avaliado o *semispinalis capitis*, músculo não susceptível a alteração PSE, predominou na primeira componente principal a medida de pH realizada às 2 e 24h *post mortem*.

Em suínos, alterações severas nas características de qualidade da carne foram identificadas em músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus* na década de 40, entretanto a partir da década de 60, as carnes defeituosas do tipo pálida, flácida e exsudativa (PSE) ou seca, firme e escura (DFD) foram relacionadas ao desenvolvimento anômalo das transformações do músculo em carne, resultado da maior susceptibilidade dos animais ao estresse pré-abate. Embora os processos de seleção nos últimos 4 anos, considerem a qualidade de carne como um critério importante, países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Dinamarca e Alemanha registraram, neste período, um aumento no número de suínos sensíveis ao estresse e maior incidência de carcaças acometidas das características PSE. CULAU et al. (1994), avaliando 8842 carcaças de suínos comerciais no Sul do Brasil, descreveram a incidência de 19,63 a 35,43% de casos PSE em músculos *longissimus dorsi*, determinado por pH aos 45min *post mortem*. Esses resultados, segundo NICOLAIEWSKY (1996), são similares aos percentuais de casos PSE encontrados em países como Noruega (20%), Alemanha (41,2%), Estados Unidos (16%), Checoslováquia (22 a 31,5%) e Austrália (32%). Essas alterações são responsáveis por grandes perdas econômicas. TROEGER et al. (1987) citaram que, em média, são perdidos anualmente na Republica Federal da Alemanha entre 10 a 25 milhões de marcos com lombos de suínos com características PSE.

Considerando as descrições para a anomalia PSE em carne suína mencionadas no parágrafo anterior, verifica-se que: a) a identificação desses defeitos não foram facilmente associados aos fatores responsáveis pelo seu aparecimento, b) alterações desse tipo provavelmente foram restritas inicialmente a grupos específicos de suínos, entretanto como não foram tomadas medidas para o controle dessas características, a susceptibilidade ao estresse se propagou no rebanho comercial de suínos em vários países e, c) as alterações nos parâmetros de qualidade implicam em perdas econômicas.

Recentemente, na década de 90, foram descritos alterações severas de cor em músculos de peitos de aves com características semelhantes ao PSE suíno. Em perus, SANTE et al. (1990) estudando o desenvolvimento das reações de glicólise *post mortem* no *pectoralis superficialis* através de pH, reportaram que, em peitos pálidos, as reservas energéticas foram esgotadas rapidamente, aos 30min do abate. BARBUT (1994) também em perus, identificou no *post mortem* a ocorrência de três tempos para o desenvolvimento

da glicólise de 37, 93 e 221 minutos, os quais denominou de períodos curto, intermediário e longo. Peitos classificados subjetivamente às 2h *post mortem*, segundo escala crescente de cor, apresentaram nas amostras mais pálidas para L*, a* e b*, valores médios de 53,6, 0,6 e 8,6, respectivamente e nas amostras mais escuras para L*, a* e b* valores médios de 41,1, 2,5 e 9,1, respectivamente.

Em peitos de perus do tipo PSE, os principais parâmetros afetados são o pH, a cor (valor L*) e a capacidade de retenção de água (CRA). BARBUT (1996a) encontrou correlações significativas ($p < 0,01$) entre pH e CRA ($r = -0,87$) e entre valor L* e CRA ($r = -0,71$). Mais tarde BARBUT (1997) verificou que peitos com elevado valor L* (igual ou maior a 52) mostravam baixa capacidade de retenção de água. Nesses resultados, a média para o valor L* foi de 48,9 com variações entre 37,7 a 58,5 e para CRA a média foi de 41%, com variações de 7 a 102%. A partir desses resultados, o autor sugeriu a utilização do valor L* de 52 para identificar carnes PSE, na linha de abate.

Em relação a incidência de peito de perus PSE, McCURDY et al. (1996) usando a medida de valor L* igual ou maior do que 52 às 24h do abate para identificar peitos PSE, observaram no verão maior ocorrência de peitos com elevado valor L* do que no inverno. Monitorando o valor L* em sete diferentes abatedouros, BARBUT (1997) reportou que esses números variaram de 5% a 40%.

Apesar do problema PSE em perus ter sido identificado recentemente, WANG (1996) usando a técnica "[³H] ryanodine binding" mostrou evidências de que esta anomalia está relacionada as proteínas dos canais de cálcio do retículo sarcoplasmático associada a uma pré-disposição genética. A maioria dos autores que pesquisam a anomalia PSE em perus acreditam que, como nos suínos, o problema é de ordem genética. Entretanto, é importante considerar que o trabalho de WANG (1996) é um dos primeiros realizados com o objetivo de esclarecer os mecanismos que desencadeiam essa anomalia em perus.

Em frangos, alterações do tipo PSE foram citados a partir de 1994. Estudando a influência de tratamentos de temperatura no *ante mortem* sobre as propriedades em músculos de frango, NORTHCUTT et al. (1994) encontraram o defeito PSE em peitos de carcaças de frangos submetidos a estresse por calor (40°C/1h) ou em frangos adaptados a temperaturas elevadas. Peitos pálidos mostraram valor L* significativamente mais elevado do que aqueles considerados normais. Entretanto, os parâmetros de cor a*, b* e a capacidade de retenção de água não mostraram diferenças significativas. SOSNICKI & GREASER (1996), analisando o comportamento de peitos PSE em perus e frangos

encontraram a ocorrência destes defeitos quando o pH da carcaça foi inferior a 5,8 aos 15min *post mortem* associado a temperaturas de carcaças maior do que 35°C. Em músculos *in natura*, isso resultou em peitos flácidos, não coesivos e descoloridos e, após o cozimento, as amostras apresentaram alta variabilidade para maciez.

Autores como ANTHONY (1996), BARBUT (1996b), HOLLINGSWORTH (1996), VIMINI (1996), SOSNICKI & GREASER (1996) e SOLOMON et al. (1996) apresentaram no Encontro Anual de Carnes no Instituto de Tecnologia de Alimentos, nos Estados Unidos, trabalhos que admitiram a ocorrência de PSE em frangos. Como o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de carne de frango, é necessário uma atenção especial visando a identificação dos lotes de aves com possíveis anomalia do tipo PSE. Considerando que este defeito possa estar associado a pré-disposição genética, a partir da identificação desses grupos é possível o rastreamento da origem das aves problemas e a adoção de medidas para o seu controle.

O objetivo deste estudo foi analisar, em peitos de frango, o comportamento das características de qualidade (cor, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento) em músculos considerados normais ou pálidos às 24h *post mortem*, através da análise de componente principal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois estudos foram conduzidos com frangos de sexo misto, em abatedouro comercial. As operações de jejum, dieta hídrica, apanha, lotação de gaiolas, pendura, insensibilização elétrica, escaldagem e evisceração mecânica foram convencionais. Nesses dois estudos foram encontrados às 24h *post mortem* carcaças que apresentaram músculos de peito, *in natura*, com coloração pálida e textura flácida identificados subjetivamente como peitos pálidos (0) em relação a carcaças que apresentaram peitos com coloração e textura normais classificados subjetivamente como peitos normais (1).

2.1. Animais e tratamentos

2.1.1. Estudo 1- condições pré-abate não padronizadas

No **Estudo 1**, desenvolvido no primeiro semestre de 1996, foram utilizados 74 frangos da linhagem Hubbard/Petterson, com idade de 50 a 53 dias e peso vivo médio entre 2,5 a 3,0kg. As aves foram transportadas por distâncias que variaram de 53 a 170km. No abatedouro, os animais foram submetidos a tempos de descanso de 0, 2 e 4h na

plataforma de recepção. As temperaturas ambientais pré-abate foram de 30°C e 17°C. Nesse estudo, o abate das aves foi realizado em abatedouro comercial e as operações de abate foram conduzidas de forma convencional.

2.1.2. Estudo 2 - condições de pré-resfriamento e resfriamento não padronizadas

No Estudo 2, conduzido no mês de julho de 1997, foram usados 43 frangos da linhagem Ross/Ross e Hubbard/Petterson com idade entre 41 e 43 dias e peso vivo médio entre 1,79 a 2,52kg. Nesse estudo, também realizado em abatedouro comercial, as operações pré-abate foram padronizadas com distância de transporte de 4km, tempo de descanso de 6h e temperatura ambiental de 17°C. Após a evisceração, as carcaças foram tratadas com temperatura de pré-resfriamento de 0 a 20°C, resfriadas a temperatura de 0°C por 30min e submetidas a -35°C por 2h e 45min ou resfriadas a -35°C por 3h e 15 minutos. As carcaças foram armazenadas a 4°C por 20h em câmara de resfriamento.

2.2. Amostragem para as análises bioquímicas e físicas

No Estudo 1, as aves foram abatidas, pré-resfriadas e resfriadas convencionalmente. As carcaças identificadas e embaladas em sacos de polietileno foram transportadas da indústria para o Centro de Tecnologia de Cames do Instituto de Tecnologia de Alimentos, em caixas de PVC expandido contendo gelo. Nesse Centro, as carcaças foram armazenadas em câmara de resfriamento a 4°C até completar 24h do abate.

As determinações utilizadas para avaliar a qualidade da carne foram cor (L^* , a^* e b^* , Sistema CIELAB), pH e capacidade de retenção de água realizadas às 24h *post mortem* no músculo *pectoralis major*. As amostras para a determinação de pH foram obtidas por duas incisões paralelas na porção muscular do peito, em sentido longitudinal ao externo. A distância entre o externo, primeira e segunda linha de incisão foi próxima a 1cm. Das duas amostras retiradas na forma de tiras, correspondendo aos lados esquerdo e direito, foram separadas duas porções de 3,5g do músculo *pectoralis major* e congeladas imediatamente à temperatura de -196°C e mantidas em botijão de nitrogênio líquido até o momento da análise. As leituras de cor, tomadas no peito não desossado nos pontos cranial, medial e distal do músculo *pectoralis major* nos lados esquerdo e direito, foram realizadas nas superfícies laterais remanescentes da incisão de onde foram retiradas as amostras para pH. Para a determinação da capacidade de retenção de água, as amostras foram coletadas nos pontos de leitura de cor.

No **Estudo 2**, as carcaças após o resfriamento na indústria foram transportadas e armazenadas conforme descrito no **Estudo 1**. Para a determinação de pH e leitura de cor, às 24h do abate, foram utilizados o lado esquerdo do peito, enquanto o lado direito foi usado para as determinações da perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. A coleta das amostras para pH e leitura de cor foram realizados conforme descrito no **Estudo 1**. Para as determinações de perda de peso por cozimento e força de cisalhamento, o lado direito dos peitos de frango foram desossados às 24h do abate.

2.3. Determinações bioquímicas e físicas

2.3.1. Medida de pH

A determinação de pH, em duplicata foi feita após a homogeneização por 2min de 1g de amostra em 10mL de solução contendo 1,04g de iodoacetato de sódio e 11,18g de cloreto de potássio, com pH ajustado a 7,0 conforme metodologia proposta por BENDALL (1973). A leitura foi realizada com potenciômetro Micronal M B375, com resolução de 0,001 unidades de pH.

2.3.2. Cor, Sistema CIELAB

Na avaliação da cor do músculo foi utilizado colorímetro (Minolta Chroma Meter, M CR-200b), onde foram determinados os parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo) do Sistema CIELAB. As leituras foram realizadas em peitos não desossados nos lados esquerdo e direito no **Estudo 1** e, no lado esquerdo no **Estudo 2**. A média de seis pontos (no **Estudo 1**) e três pontos (no **Estudo 2**) foi utilizada como as respostas de cor L*, a* e b* para cada carcaça.

2.3.3. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água, avaliada às 24h *post mortem* segundo metodologia proposta por HOFFMANN et al. (1982), foi realizada nos lados esquerdo e direito onde a média de 6 determinações foi usado na análise estatística.

2.3.4. Perda de peso por cozimento

As amostras identificadas foram pesadas em balança semi-analítica (Mettler M P1210), embaladas em papel alumínio e cozidas em chapa a 180°C até atingir a temperatura interna de 82 a 85°C. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. Essa técnica foi realizada conforme descrito

por BILGILI et al. (1989). A diferença entre peso inicial e final das amostras de *pectoralis major* e *pectoralis superficialis* dos lados esquerdo e direito correspondeu à perda de peso no cozimento por carcaça.

2.3.5. Força de cisalhamento

As amostras empregadas na determinação da perda de peso por cozimento foram utilizadas para avaliar a textura. Conforme a metodologia proposta por FRONING & UJTENBOOGAART (1988), de cada peito foram retiradas amostras na forma de paralelepípedos de 2 x 2 x 1,13cm³. Para medir a força de cisalhamento, as amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho Warner-Bratzler acoplado ao aparelho Instron M 2318. Quatro amostras na forma de paralelepípedos foram usadas para determinar a força de cisalhamento de cada peito.

2.4. Análise estatística

A fim de elucidar a variação observada visualmente em músculos de peito de frangos, os dados (cor, pH e capacidade de retenção de água) encontrados no **Estudo 1** e os resultados (cor, pH, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento) obtidos no **Estudo 2** foram submetidas a análise de componente principal separadamente, utilizando o programa Statgraphics (1989). Os histogramas de freqüências foram obtidos através do programa Statistica (1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Estudo 1 - condições pré-abate não padronizadas

Os resultados da análise de componente principal para as medidas realizadas em músculos *pectoralis major* de frangos são apresentados no **QUADRO 1**. O conjunto de dados submetido a essa análise é mostrado no **ANEXO 36**.

Conforme observado na percentagem cumulativa, os três componentes principais juntos contribuíram em 78,50% da variação total nos resultados de cor, pH e capacidade de retenção de água em peitos de frangos, enquanto os dois primeiros componentes principais (**FIGURA 2**) explicaram 61,69% destas variações. Resultados similares foram obtidos por OURIQUE (1989) que, avaliando em suínos músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus* através de medidas de pH, cor, perdas por gotejamento e perdas no cozimento, descreveu nos três primeiros componentes principais, percentuais de 73,40% das variações totais, já os dois primeiros componentes contribuíram com 61,80% das

variações. SILVEIRA (1997) testando tipos de escaldagem, esfolia e desossa em suínos, encontrou para percentagem cumulativa dos três primeiros componentes principais valores que variaram no *longissimus dorsi* de 73,65 a 89,87%. Valor mais baixo de 65,7% para os três primeiros componentes principais foi reportado por KARLSSON (1992) no *longissimus dorsi*.

QUADRO 1. Resultado da análise de componente principal no músculo *pectoralis major* de frango às 24h, no Estudo 1.

<i>componente principal</i>	<i>auto valor</i>	<i>percentagem de variação</i> $S^2_{total} (%)$	<i>porcentagem cumulativa</i> $S^2 (%)$
1	1,83	36,68	36,68
2	1,25	25,00	61,69
3	0,84	16,81	78,50
ΣPC1-PC5	4,99	99,99	-

QUADRO 2. Autovetores para as componentes principais no músculo *pectoralis major* de frango às 24h, no Estudo 1.

<i>variáveis</i>	<i>cp1</i>	<i>cp2</i>	<i>cp3</i>	<i>cp4</i>	<i>cp5</i>
L*	0,16	0,71	0,47	-0,44	0,24
a*	-0,59	-0,11	-0,25	-0,26	0,71
b*	0,60	-0,06	-0,03	0,46	0,65
pH	-0,51	0,25	0,44	-0,69	0,02
CRA	0,02	-0,65	0,72	-0,20	0,09
VT ¹	36,68	25,00	16,81	11,70	9,80

¹% da variação total explicada pelo autovalor

Na primeira componente principal, explicando 36,68% da variação total aparecem correlacionadas, no primeiro autovetor, as variáveis valor b* (0,60), valor a* (-0,59) e pH (-0,51), enquanto as variáveis valor L* (0,16) e capacidade de retenção de água (0,02) mostram baixa influência nas variações do grupo de peitos identificados nesse autovalor (QUADRO 2). O coeficiente positivo relativo ao teor de amarelo e os coeficientes negativos correspondendo a teor de vermelho e pH revelam que, em frangos submetidos a condições pré-abate não padronizadas, peitos com elevado teor de amarelo apresentaram baixo pH e reduzido teor de vermelho às 24 horas. A localização das variáveis em relação a primeira e segunda componente principal e a localização dos vetores das variáveis em função das unidades experimentais no espaço multivariado é mostrado nas FIGURAS 2 e 3.

Considerando os resultados encontrados no primeiro autovalor observa-se que o coeficiente positivo e os negativos revelam características de músculos pálidos (baixo teor de vermelho e elevado teor de amarelo) em condições de baixo pH. KARLSSON (1992) reportou que na primeira componente principal podem ser detectados carnes PSE. OURIQUE (1989) trabalhando com carnes PSE, normais e DFD, também verificou na primeira componente principal a medida de pH às 24h como responsável pelas variações máximas em carne suína. Comparando peitos de frangos normais e PSE, SOSNICKI & GREASER (1996) descreveram baixo pH (5,8) em peitos alterados aos 15min, entretanto os autores não mencionam o pH às 24h *post mortem*. Por outro lado, os resultados do presente trabalho, no primeiro autovalor para cor, conflitam com as descrições de NORTHCUTT et al. (1994) que, comparando peitos normais e PSE, não encontraram diferenças para valor a^* e b^* , mas observaram diferença significativa ($p < 0,001$) para o valor L^* .

Na segunda componente principal são explicados 25,0% da variação total, onde no segundo autovetor, o coeficiente do valor L^* (0,71) contrastou basicamente com o coeficiente da capacidade de retenção de água (-0,65) (QUADRO 2). Isto demonstrou que peitos de frango com elevados índices de luminosidade mostraram baixa capacidade de retenção de água (CRA) às 24 horas *post mortem*. A posição inversa das características valor L^* e CRA pode ser verificada nas FIGURAS 2 e 3. Em perus com anomalias PSE, BARBUT (1996a) descreveu correlação inversa significativa para valor L^* e CRA ($r = -0,71$). Demonstrando a importância do índice de luminosidade nesses casos, BARBUT (1997) propôs valor L^* igual ou superior a 52 como medida para identificar na linha de abate perus com defeito PSE. Em frangos, NORTHCUTT et al. (1994) também observaram valor L^* significativamente mais elevado em peitos PSE do que em peitos normais.

Considerando a localização das unidades experimentais na FIGURA 4 e dos vetores na FIGURA 3 verifica-se que, enquanto peitos considerados normais se distribuem de forma uniforme por todo o espaço multivariado, aqueles peitos identificados subjetivamente como pálidos foram ordenados à direita na primeira componente principal. Essa distribuição esclarece que os músculos identificados como anômalos, no presente trabalho, corresponderam a categoria de peitos descritos no primeiro autovalor, caracterizados por elevado teor de amarelo e valores baixos de pH e teor de vermelho.

No presente trabalho, dos 74 frangos analisados 63 (85,14%) apresentaram peitos com coloração normais e 11 (14,86%) mostraram alterações severas de cor e textura flácida às 24h *post mortem*. SOSNICKI & GREASER (1996) descreveram em peitos PSE,

além dessas características a baixa coesividade e, após o cozimento alta variabilidade para a maciez.

Avaliando o comportamento da distribuição dos resultados (QUADRO 03), para a categoria de peitos identificados no primeiro autovalor (elevado valor b^* , reduzido pH e valor a^*), verifica-se para o teor de amarelo, com média de 4,81, a ocorrência de 45,4% de peitos pálidos e 22,2% para peitos normais com resultados acima de 5,95, no quartil superior. Em contrapartida, para teor de vermelho com média de 2,57 observa-se a ocorrência de 63,6% de peitos pálidos e 20,6% de peitos normais com valores abaixo de 1,83, no quartil inferior. Para a medida de pH com média de 5,82 foram encontrados 36,3% de peitos pálidos e 23,8% de peitos normais com resultados abaixo de 5,69, no quartil inferior. A comparação da localização dos resultados dessas características na curva de distribuição demonstram que em termos numéricos, o comportamento dessas medidas foi diferente quando analisados músculos normais e músculos pálidos.

Analisando-se o grupo de frangos identificados na segunda componente principal, onde o contraste foi entre luminosidade (valor L^*) e capacidade de retenção de água (CRA), observa-se que para o valor L^* , com média de 48,4, 72,7% de peitos pálidos e 46,0% de peitos normais apresentaram resultados entre 46,95 a 49,98. Distribuição semelhante foi verificado para a capacidade de retenção de água, com média de 0,57, onde 72,7% de peitos pálidos e 41,3% de peitos normais mostraram valores entre 0,53 a 0,61. Essas informações demonstram que no grupo de alterações identificados no segundo componente principal, os resultados para as características valor L^* e CRA em peitos pálidos foram mantidas numa faixa menor de variações do que em peitos normais, ou seja peitos pálidos mostram um padrão de comportamento estável.

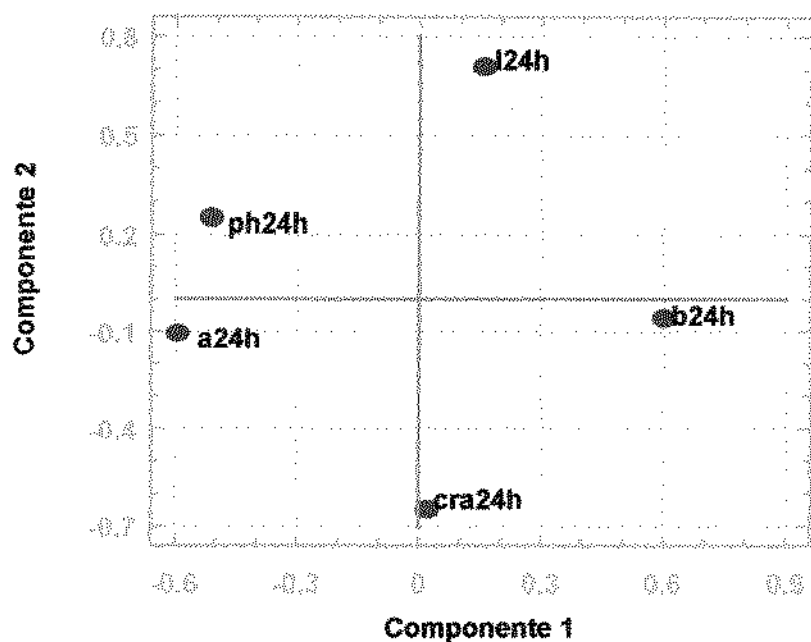


FIGURA 2. Localização das variáveis no espaço multivariado, em função dos dois primeiros componentes principais.

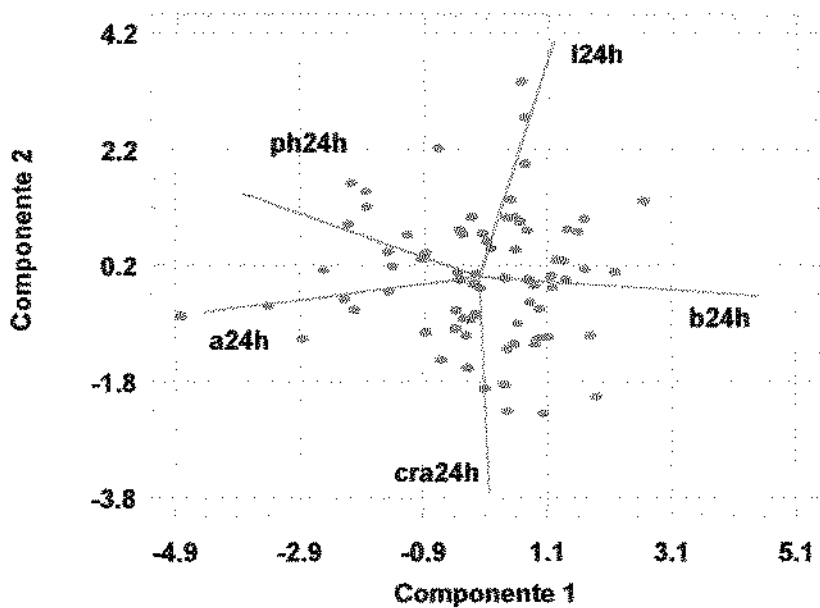


FIGURA 3. Localização dos vetores das variáveis e das unidades experimentais no espaço multivariado.

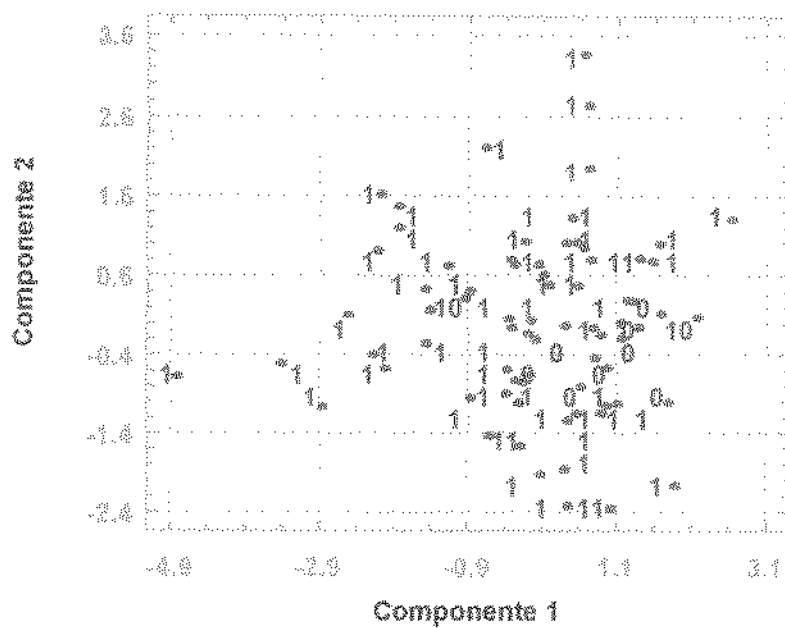


FIGURA 4. Localização das unidades experimentais no espaço multivariado, onde (1) correspondem a peito considerados normais e (0) peito pálidos.

QUADRO 3. Médias gerais, desvio padrão (DP), valores mínimos (min.) e máximo (máx.), valor correspondente ao quartil, número e percentual de peitos de frango pálidos e normais para as variáveis de cor, pH e capacidade de retenção de água (CRA) no Estudo 1.

Variáveis	quartil inferior				quartil superior				valores intermediários			
	médias	DP	min.	máx.	Valor	pálido ¹	Normal ²	valor	pálido ³	Normal ⁴	pálido ⁵	Normal ⁶
Valor L*	48,4	2,09	44,48	55,60	46,95	2 (18,1%)	17 (26,9%)	49,98	1 (9,0%)	17 (26,9%)	8 (72,7%)	29 (46,0%)
Valor a*	2,57	0,94	1,05	5,72	1,83	7 (63,6%)	13 (20,6%)	3,18	-	18 (28,5%)	4 (36,3%)	32 (50,7%)
Valor b*	4,81	1,70	1,42	7,87	3,72	-	19 (30,1%)	5,95	5 (45,4%)	14 (22,2%)	6 (54,5%)	30 (47,6%)
PH	5,82	0,19	5,44	6,48	5,69	4 (36,3%)	15 (23,8%)	5,91	2 (18,1%)	18 (28,5%)	5 (45,5%)	35 (55,5%)
CRA	0,57	0,07	0,39	0,80	0,53	-	21 (33,3%)	0,61	3 (27,3%)	16 (25,4%)	8 (72,7%)	26 (41,3%)
Total	74	74	74	74	74	11 (100%)	63 (100%)	74	11 (100%)	63 (100%)	11 (100%)	63 (100%)

¹ número de peitos pálidos com valor da característica ≤ valor do quartil inferior

² número de peitos normais com valor da característica ≤ valor do quartil inferior

³ número de peitos pálidos com valor da característica ≥ valor do quartil superior

⁴ número de peitos normais com valor da característica ≥ valor do quartil inferior

⁵ número de peitos pálidos com valor da característica entre quartil inferior e superior

⁶ número de peitos normais com valor da característica entre quartil inferior e superior

total de casos = 74 (100%)

total de casos de peitos normais = 63 (85,14%)

total de casos de peitos pálidos = 11 (14,86%)

3.2. Estudo 2 - condições de pré-resfriamento e resfriamento não padronizadas

Os resultados da análise de componente principal para determinações realizadas em peitos de frangos são apresentados no QUADRO 4. O conjunto de dados submetido a essa análise é mostrado no ANEXO 37.

As três primeiras componentes principais explicaram 74,37% da variação total entre os resultados das variáveis cor, pH, força de cisalhamento e perda de peso por cozimento, enquanto 60,60% das variações foram atribuídas as duas primeiras componentes principais. Esses resultados, em termos de percentuais cumulativos, foram semelhantes aqueles observados no Estudo 1.

QUADRO 4. Resultado da análise da componente principal em músculo peitorais de frango às 24 horas *post mortem* no Estudo 2.

Componente principal	Auto valor	percentagem de variação S^2_{total} (%)	percentagem cumulativa S^2 (%)
1	2,22	37,038	37,03
2	1,41	23,56	60,60
3	0,82	13,76	74,37
$\Sigma PC1-PC6$	5,999	99,99	-

QUADRO 5. Autovetores para os componentes principais no músculo *Pectoralis major* de frango às 24 horas, no Estudo 2.

variáveis	cp1	cp2	cp3	cp4	cp5	cp6
Valor L*	0,61	-0,04	-0,14	-0,27	-0,07	0,72
Valor a*	-0,35	-0,49	-0,24	-0,14	0,70	0,24
Valor b*	0,41	0,20	0,55	0,30	0,62	-0,04
pH 24h	-0,49	0,41	0,09	0,43	-0,05	0,62
FC (kgf/g)	-0,15	-0,55	0,73	-0,09	-0,30	0,17
PPC (%)	0,23	-0,48	-0,27	0,78	-0,14	-0,11
VT ¹	37,03	23,56	13,70	12,83	10,16	2,62

¹% da variação total explicada pelo autovalor

Na primeira componente principal, explicando 37,03% da variação total, aparecem inversamente correlacionados no primeiro autovetor (QUADRO 5) os coeficientes do valor L* (0,61) e valor b* (0,41) em relação aos coeficientes do valor a* (-0,35) e pH (-0,49), em contrapartida as variáveis força de cisalhamento (-0,15) e perda de peso por cozimento

(0,23) apresentam baixa influência nas variações nessa primeira componente. Isso demonstra que nesse autovetor é identificado uma categoria de peitos caracterizados por resultados elevados nos índices de luminosidade e teor de amarelo e baixos resultados para teor de vermelho e pH às 24 horas *post mortem*. A disposição das variáveis em relação aos dois primeiros componentes principais e dos vetores no espaço multivariado são apresentados nas FIGURAS 5 e 6.

O conjunto de características demonstrado pelo autovetor do primeiro componente principal (**Estudo 2**), identificou um grupo de peitos que assemelhou-se aquele encontrado no primeiro autovetor no **Estudo 1**. A diferença entre peitos dos dois estudos é a variável valor L^* que apareceu no primeiro autovetor do **Estudo 2**. BARBUT (1997) descreveu que o índice de luminosidade pode ser usado para a identificação de peitos PSE, na linha de abate. Entretanto, considerando as condições não padronizadas nesses dois estudos, os resultados esclarecem que o índice de luminosidade às 24h pode ser utilizado para a classificação de peitos pálidos, desde que as situações que envolvem o pré-abate sejam padronizadas. Como o controle das condições pré-abate como distância da granja ao frigorífico e temperaturas ambientais são impraticáveis, a utilização da medida de valor L^* isolada para monitorar a qualidade de peitos de frango às 24h *post mortem* pode não corresponder as expectativas esperadas. Mas, possivelmente a associação da medidas valor L^* , b^* , a^* e pH pode ser eficiente na determinação de peitos pálidos.

Na segunda componente principal, um percentual de 23,56% da variação total é explicado pelo segundo autovetor (**QUADRO 5**). Nesse, aparecem inversamente correlacionados os coeficientes das variáveis pH (0,41) em relação a força de cisalhamento (-0,55), a^* (-0,49) e perda de peso por cozimento (-0,48). Isso demonstrou que peitos com elevado pH e baixo teor de vermelho resultaram em menor perda no cozimento e baixa força de cisalhamento.

As características observadas no segundo autovetor não se enquadram para peitos pálidos, quando considerado o comportamento das variáveis encontrados no primeiro autovetor. Comparando os grupos de peitos identificados no primeiro e segundo autovetor observa-se que peitos pálidos apresentaram alterações de cor (elevados valores L^* e b^* e, baixo valor a^*) em condições de músculos com baixo pH, às 24h *post mortem*. Nesse conjunto de dados, a perda de peso por cozimento e força de cisalhamento mostraram reduzidos coeficientes de correlação. No segundo grupo de peitos, com ausência de alterações de cor, foi verificado elevado valor de pH que resultou em baixas perdas no cozimento e elevada maciez.

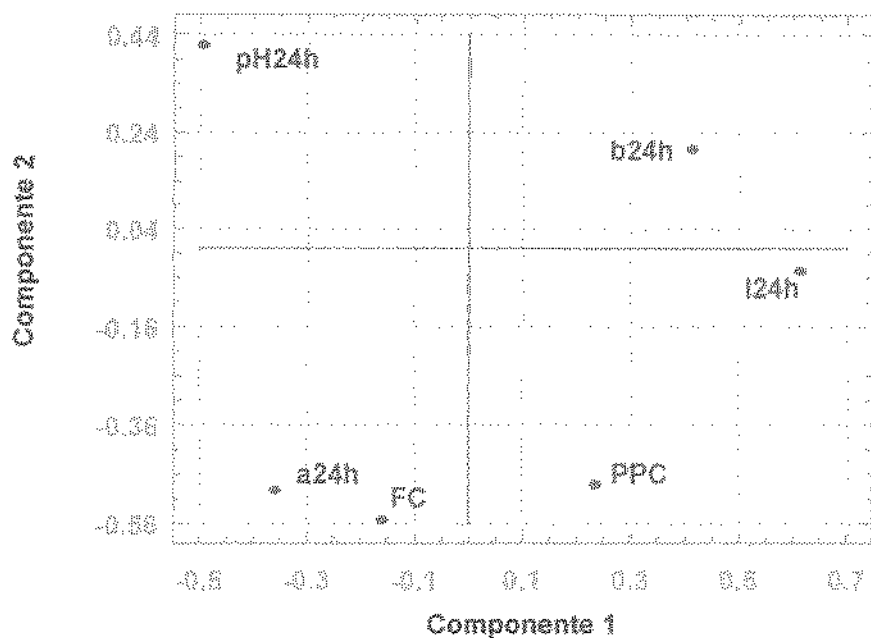


FIGURA 05. Localização das variáveis no espaço multivariado, em função dos dois primeiros componentes principais.

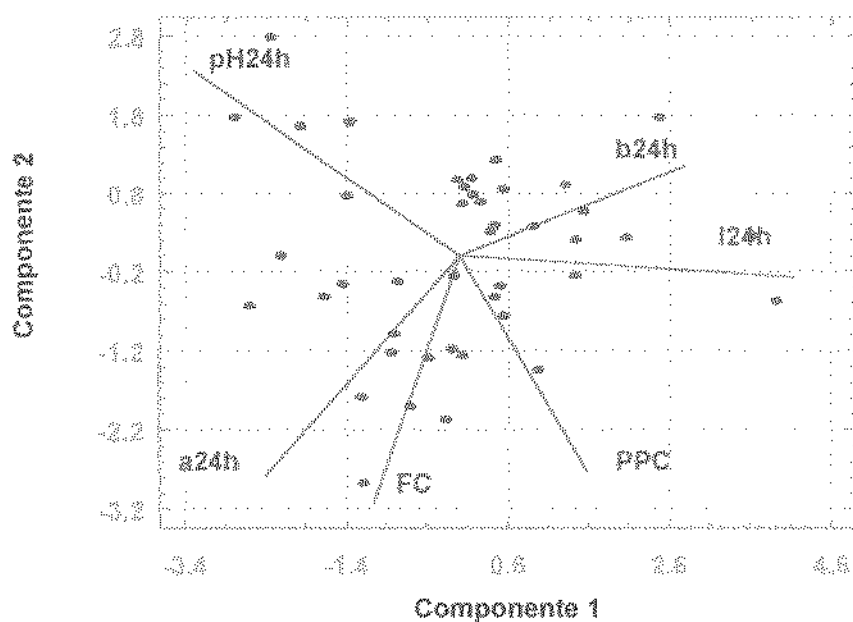


FIGURA 6. Localização dos vetores das variáveis e das unidades experimentais no espaço multivariado.

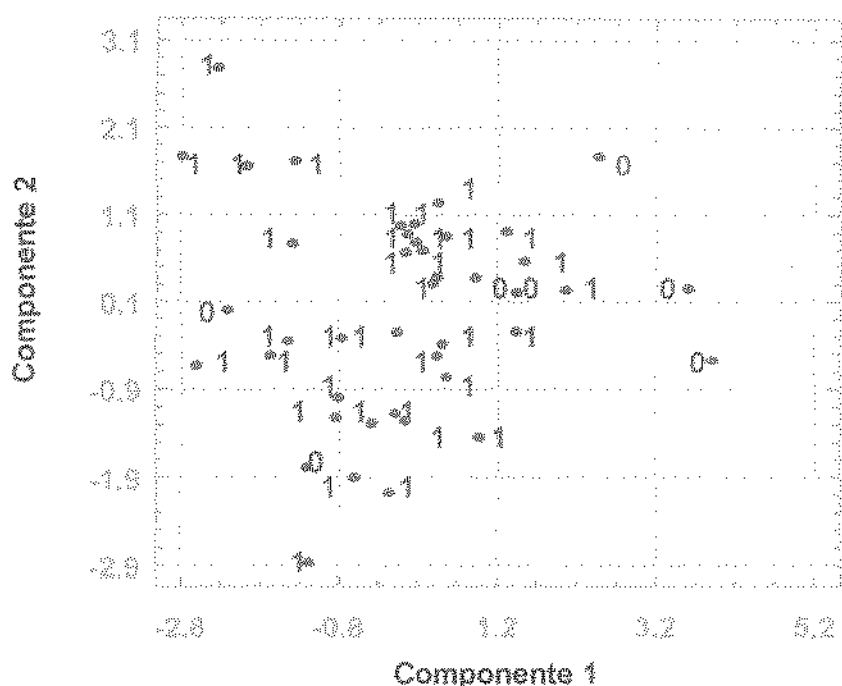


FIGURA 7. Localização das unidades experimentais no espaço multivariado, onde (1) correspondem a peito considerados normais e (0) peito pálidos.

Observando-se a localização das unidades experimentais (FIGURA 7) e dos vetores (FIGURA 6) verifica-se que peitos considerados pálidos estão distribuídos à direita no primeiro componente principal, mas com dois pontos na parte negativa dos dois componentes, enquanto que peitos normais foram ordenados de maneira mais ou menos uniforme por todo o espaço multivariado. Isso demonstra que o conjunto de variáveis definidas no primeiro autovetor podem corresponder aos peitos identificados subjetivamente como pálidos.

Analisando o comportamento da distribuição dos resultados descritivos (QUADRO 6) para as variáveis que definem o grupo de peitos identificados no primeiro autovetor (elevado valores L^* e b^* , baixo pH e teor de vermelho), observou-se que em peitos pálidos as variáveis valor L^* e b^* mostram percentuais respectivos de 57,1 e 42,8% com resultados no quartil superior. Para valor L^* , 57,1% desses peitos tiveram dados acima de 49,80, enquanto para valor b^* 42,8% dos resultados foram acima de 6,73. Em contra partida, para o valor a^* 57,1% dos resultados foram abaixo de 1,9, no quartil inferior, enquanto em peitos normais somente 11,11% dos dados foram abaixo de 1,9. Com isso é demonstrado que, em peitos anômalos, os resultados de cor apresentam uma distribuição com desvios diferentes daquela observada em peitos normais.

Quanto a distribuição dos dados para força de cisalhamento (QUADRO 6) verificou-se que, 71,4% de peitos pálidos apresentaram resultados entre 2,65 e 3,83kgf/g, enquanto para peitos normais esse percentual foi de 50,0%. Com isso, é mostrado que peitos com alterações severas de cor apresentaram menores variações na força de cisalhamento, do que em peitos considerados normais. Esse resultado conflita com os obtidos por SOSNICKI & GREASER (1996), que reportaram em peitos de frangos PSE alta variabilidade na maciez.

QUADRO 6. Médias gerais, desvio padrão (DP), valores mínimos (min.) e máximos (máx.), valor correspondente ao quartil, número e percentual de peitos de frango do tipo pálido ou normal para as variáveis de cor, pH, força de cisalhamento em kgf/g (FC) e perda de peso por cozimento em % (PPC) no Estudo 2.

Variáveis	médias	DP	mín.	máx.	quartil inferior		quartil superior		valores intermediários			
					valor	pálido ¹	normal ²	valor	pálido ³	normal ⁴	pálido ⁵	Normal ⁶
valor L*	48,7	2,4	43,66	54,36	46,16	2 (28,6%)	7 (19,44%)	49,80	4 (57,1%)	4 (11,1%)	1 (14,3%)	25 (69,4%)
valor a*	2,33	0,69	0,200	3,5	1,9	4 (57,1%)	4 (11,11%)	2,8	2 (28,6%)	8 (22,2%)	1 (14,3%)	24 (66,6%)
valor b*	5,41	1,8	1,07	9,63	4,3	2 (28,6%)	7 (19,44%)	6,73	3 (42,8%)	4 (11,1%)	2 (28,6%)	25 (69,4%)
PH 24h	5,73	0,09	5,46	5,99	5,68	4 (57,1%)	15 (41,7%)	5,79	0	8 (22,2%)	3 (42,8%)	13 (36,1%)
FC (kgf/g)	3,30	0,93	1,99	6,29	2,65	1 (14,3%)	11 (30,5%)	3,83	1 (14,3%)	7 (19,4%)	5 (71,4%)	18 (50,0%)
PPC (%)	28,59	2,19	22,96	32,67	27,36	3 (42,8%)	5 (13,9%)	30,16	1 (14,3%)	10 (27,7%)	3 (42,8%)	19 (52,7%)
Total	43	43	43	43	43	7 (100%)	36 (100%)	43	7 (100%)	36 (100%)	7 (100%)	36 (100%)

¹ número de peitos pálidos com valor da característica ≤ valor do quartil inferior

² número de peitos normais com valor da característica ≤ valor do quartil inferior

³ número de peitos pálidos com valor da característica ≥ valor do quartil superior

⁴ número de peitos normais com valor da característica ≥ valor do quartil inferior

⁵ número de peitos pálidos com valor da característica entre quartil inferior e superior

⁶ número de peitos normais com valor da característica entre quartil inferior e superior

total de casos = 43 (100%)

total de casos de peitos normais = 36 (83,72%)

total de casos de peitos pálidos = 7 (16,28%)

4. CONCLUSÕES

- Em frangos submetidos a condições pré-abate não padronizadas, as características de qualidade identificadas na primeira componente principal e que corresponderam a peitos pálidos foram: elevado teor de amarelo e baixos resultados de pH e de teor de vermelho, às 24h *post mortem*.
- Frangos submetidos a condições de resfriamento não padronizadas, as variáveis responsáveis pela máxima variabilidade foram elevados índices de luminosidade e teor de amarelo e baixos resultados para pH e teor de vermelho, às 24h *post mortem*.
- Nos dois estudos, as características que definiram peitos de frangos pálidos foram baixo teor de vermelho e elevado teor de amarelo, em músculos *pectoralis major* com baixos valores de pH.
- Peitos de frangos considerados anômalos não mostraram variações nos resultados para perda de peso por cozimento e força de cisalhamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTHONY, N. B. Genetic practices in poultry: efforts to improve meat quality. *In: 1996 IFT ANNUAL MEETING*. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996.
- BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science*. Ottawa, v.76, n.3, p.455-7. 1996a.
- BARBUT, S. Estimates of the magnitude of the PSE problem in poultry. *In: 1996 IFT ANNUAL MEETING*. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996b.
- BARBUT, S. Measuring PSE in turkey meat. *Meat International*. Netherlands, v.4, n.3, p.28-30, 1994.
- BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International*. Chicago, v. 26, n.1, p. 39-43, 1993.
- BARBUT, S. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Science*. Langford, v.38, n.1, p.74-7. 1997.
- 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: **The Structure and Function of Muscle**, New York, Academic Press. v. 2. 143-57. 1973.
- BILGILI, S. F., EGBERT, W. R., HOFFMAN, D. L. Research note: Effect of postmortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *Pectoralis major*. **Poultry Science**. Champaign, v.68, n.11, p.1588-91. 1989.
- CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S.; BRESSAN, M. C. Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul State, Brazil. . In: **INTERNATIONAL CONFERENCE OF MEAT SCIENCE TECHNOLOGY. 40th**, The Hague. 1994, *Proceedings...* The Hague, 1994. v.7, p.S-IVA.01.
- EIKELENBOOM, G.; NANNI COSTA, L. Fibre optic probe measurements in landrace pigs of different halothane phenotypes. **Meat Science**. Essex, v.23, n.1, p.9-19. 1988.
- FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. **Poultry Science**, Champaign, v.67, p.1536-44, 1988.
- HOFFMANN, K; HAMM,R.; BLUCHELE,E. Neus uber die bestimmung der wasserbindung des nut hilfe der filterpapierpreßmethode. **Fleischwirtschaft**. Frankfurt, v.62, p.87-94, 1982.
- HOLLINGSWORTH, A. Processing/handling of atypical poultry and PSE pork. In: **1996 IFT ANNUAL MEETING**. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996.
- KARLSSON, A. The use of principal component analysis (PCA) for evaluating results from pig meat quality measurement. **Meat Science**, Essex, v.31, n.4, p.423-34, 1992.
- KRZANOWSKI, W. J. Principles of multivariate analysis: A user's perspective. Oxford Science Publications (eds). New York. 1993. 563p.
- LEBART, L.; MORINEAU, A.; WARWICK, K. M. Multivariate descriptive statistical analysis: correspondence analysis and related techniques for large matrices. John Wiley & Sons, Inc (eds). New York. 1984. 231p.
- MCCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. **Food Research International**. v.29, n.3/4, p.363-6. 1996.

- NICOLAIEWSKY, S. Incidência no rio grande do sul de carnes suínas pse como indicador de bem estar animal. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL "O BEM ESTAR DOS ANIMAIS DESTINADOS À PRODUÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS"*. Santa Maria. 1996, [palestras] Santa Maria, 25 e 26 de novembro de 1996.
- NORTHCUTT, J. K. Influence of antemortem treatment on post mortem muscle properties of poultry meat. *Dissertation Abstracts International*. Abstract of thesis, B, 55 (2) 245-246 Order no. DA9417648, 175p. North Carolina State Univ, USA. 1994.
- OURIQUE, J. M. R. Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade da carne suína. Porto Alegre. 1989. 105p. Dissertação – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1989.
- RAJ, A. B. M.; NUTE, G. R. Effect of stunning method and filleting time on sensory profile of turkey breast meat. *British Poultry Science*. Langford, v.36, n.3, p.221-7. 1994.
- SANTE, V.; BIELICKI, G.; LACOURT, P.; MIRI, A.; GUIGNOT, F.; LACOURT, A, RENOU, J. P. Rigor mortis onset in turkey muscle in comparison with muscle of other animal species. *In: MEAT SYMPOSIUM 5TH Journees Recherche Viande*, 11 et 12 octobre. Champanelle. France. *Proceedings...* Champanelle. 1990.
- SILVEIRA, E. T, F. Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína. Campinas, 1997. 260p. Tese – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 1997.
- SOLOMON, M. B.; LAACK, R. V.; EASTRIDGE, J. S. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle. *In: 1996 IFT ANNUAL MEETING*. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996.
- SOSNICKI, A. A.; GREASER, M. L. Alterations of protein functionality in PSE-like poultry muscles. *In: 1996 IFT ANNUAL MEETING*. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996.
- STATGRAPHICS® - Statistical Graphics System by Statistical Graphics Corporation. Versão 5.1. STSC, Inc. Maryland. 1989.
- STATISTICA. Copyright © Stat Soft, Inc. Release 5.0. Tulsa. 1995.
- TROEGER, K. ;WOLTERS DORF, W. Influence of scalding and dehairing during pig slaughtering on meat quality. *Fleischwirtsch*. Frankfurt, v.67, n.1, p.66-70. 1987.

VIMINI, R. J. Overview of atypical poultry meat in relation to PSE pork from a global level.

In: 1996 IFT ANNUAL MEETING. [book of abstracts], p.5 ISSN 1082-1236. 1996.

WANG, L. J. Ca^{2+} channel protein function and regulation: possible altered Ca^{2+} channel protein function in formation of PSE turkey. Thesis. Michigan State Univ. 1996. 158p. Dissertation Abstracts International, B;57(5)2964 Order No. DA9631358.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitem concluir que:

Na eficiência da sangria, o fator pré-abate mais importante, que determinou grandes variações nos resultados de perda de sangue, foi a temperatura ambiental. Aves submetidas a condições de estresse calórico (26,5 e 33°C) apresentaram baixa eficiência na sangria, quando comparadas a aves submetidas a temperaturas de conforto térmico (20°C). O efeito das distâncias de transporte da granja ao frigorífico foi associado a temperatura *ante mortem*, onde tempos de transporte mais longos potencializaram o efeito da temperatura sobre a perda de sangue.

A instalação do *rigor mortis* no peito foi acelerada quando as aves foram submetidas a condições de estresse calórico pré-abate, com temperaturas de 30°C, determinando nos parâmetros de cor elevados índices de luminosidade (valor L*) e de teor de vermelho (valor a*) e baixos valores para teor de amarelo (valor b*). Frangos com rápida glicólise apresentaram maior perda no cozimento no *pectoralis major*, do que aqueles com instalação lenta do *rigor mortis*. Para força de cisalhamento foi verificado efeito de interação significativa entre os fatores distância de transporte e tempo de descanso. Em temperaturas de 30°C, aves transportadas por distância curta sem descanso mostraram no *pectoralis major* forças de cisalhamento maiores que 6,2kgf/g. Por outro lado, para aves submetidas à temperaturas de 17°C e distâncias curtas sem descanso, a força de cisalhamento no músculo do peito foi inferior a 4,0kgf/g.

Temperaturas baixas de pré-resfriamento (0 e 10°C), aplicadas após a evisceração por imersão das carcaças em soluções de água e gelo, ocasionaram maior velocidade no desenvolvimento e “resolução” do *rigor mortis* no *pectoralis major*, do que em carcaças pré-resfriadas a 20°C. Peitos com maior velocidade nas reações químicas *post mortem* resultaram em elevado valor L* às 24 horas. Entretanto, as variações no desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* não afetaram os parâmetros de cor valor a* e valor b*, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. Esses resultados sugerem que, nas operações de obtenção de carcaças inteiras, a temperatura de pré-resfriamento pode ser reduzida de 20°C para 10°C ou a etapa de pré-resfriamento pode ser eliminada sem resultar em prejuízos aos parâmetro de cor (a* e b*), a perda de peso por cozimento e a força de cisalhamento.

Considerando os resultados dos estudos de fatores que antecedem o abate e de tratamentos de resfriamento foi possível verificar que, em peitos de frangos, a influência

das condições *ante mortem* determinaram maiores variações nos parâmetros cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento, do que a influência das temperaturas de pré-resfriamento ou resfriamento.

A análise de componente principal dos dados que corresponderam a condições pré-abate não padronizados, onde foram incluídos os resultados obtidos em peitos com alterações severas de cor e textura, determinou na primeira componente principal peitos com pH baixo e, para os parâmetros de cor, elevado teor de amarelo (valor b^*) e baixo teor de vermelho (valor a^*). No conjunto de dados relativo a condições de resfriamento não padronizadas, a primeira componente principal classificou peitos com elevados índices de luminosidade (valor L^*) e teor de amarelo (valor b^*) e resultados baixos para teor de vermelho (valor a^*) e pH. Com isso, conclui-se que o conjunto de características que definiram peito de frangos do tipo pálidos pode variar em função dos fatores que antecedem o abate ou das operações de resfriamento.

Embora a incidência de peitos com alterações severas de cor e textura tenha sido relativamente baixa de 14,86 a 16,28%, novos estudos são necessário para estabelecer os fatores envolvidos com o desencadeamento dessas características e possíveis implicações no processamento. Outra medida importante é a determinação da origem dos frangos que desenvolvem essa condição anômala na carne para um possível controle.

ANEXOS

ANEXO 1. Análise da variância para o efeito das temperaturas ambientais pré-abate (20, 26,5 e 33°C) sobre a eficiência da sangria (%), seguida da tabela de médias, desvio padrão e número de unidades experimentais (QUADRO 1, Capítulo 2).

General manova			Summary of all effects			
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	2*	13.74093*	307*	0.498753*	27.55056*	0.000000*
General manova		Means	Standard deviations		n	
Ensaio 1 (20°C)		2.689937	0.747111		95	
Ensaio 2 (26.5°C)		2.036644	0.746702		144	
Ensaio 3 (33°C)		2.060156	0.546642		71	
All groups		2.242211	0.764502		310	

ANEXO 2. Análise da variância para os fatores distância de transporte (52, 116 e 160km), posição da gaiola no veículo (posições alta e baixa) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre a eficiência da sangria (%), (QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 2), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-posição da gaiola, 3-tempo de descanso			
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	2*	7.386671*	77*	0.321348*	22.98652*	0.000000*
2	1	0.093968	77	0.321348	0.292420	0.590236
3	2	0.630884	77	0.321348	1.963240	0.147367
1x2	2	0.145013	77	0.321348	0.451260	0.638496
1x3	4*	3.501179*	77*	0.321348*	10.89529*	0.000000*
2x3	2	0.784229	77	0.321348	2.440440	0.093836
1x2x3	4	0.216805	77	0.321348	0.674680	0.611559
General manova			Standard deviations			
Distância	Posição	Descanso	Eficiência da sangria (%)		n	
52	a	0	0.741078		6	
52	a	2	0.409817		6	
52	a	4	0.552958		5	
52	b	0	0.338589		6	
52	b	2	0.413988		6	
52	b	4	0.730788		4	
116	a	0	0.121464		6	
116	a	2	0.355406		6	
116	a	4	0.932336		5	
116	b	0	0.362118		6	
116	b	2	0.434112		6	
116	b	4	0.452895		6	
160	a	0	0.574060		4	
160	a	2	0.515858		3	
160	a	4	0.518738		6	
160	b	0	0.832749		5	
160	b	2	0.167948		3	
160	b	4	0.938114		6	
All groups			0.747111		95	

ANEXO 3. Análise da variância para os fatores distância de transporte (33, 58, 115 e 130km), posição da gaiola no veículo (posições alta e baixa) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre a eficiência da sangria (%), (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 2), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-posição da gaiola, 3-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	3*	3.337923*	120*	0.351548*	9.494930*	0.000011*
2	1	0.307489	120	0.351548	0.874671	0.351544
3	2*	1.568186*	120*	0.351548*	4.460804*	0.015310*
1x2	3*	1.152951*	120*	0.351548*	3.279641*	0.023381*
1x3	6*	2.738588*	120*	0.351548*	7.790084*	0.000000*
2x3	2*	1.203391*	120*	0.351548*	3.423122*	0.035828*
1x2x3	6	0.298511	120	0.351548	0.849134	0.534608
General manova						
Distância	Posição	Descanso	Standard deviations		n	
33	a	0	0.966043		6	
33	a	2	0.428986		6	
33	a	4	0.362976		6	
33	b	0	0.261606		6	
33	b	2	0.699368		6	
33	b	4	0.523207		6	
58	a	0	0.321664		6	
58	a	2	0.496405		6	
58	a	4	0.715052		6	
58	b	0	1.057107		6	
58	b	2	0.544697		6	
58	b	4	0.693289		6	
115	a	0	0.551772		6	
115	a	2	0.433291		6	
115	a	4	0.349700		6	
115	b	0	0.537847		6	
115	b	2	0.367340		6	
115	b	4	0.342572		6	
130	a	0	0.699818		6	
130	a	2	0.453603		6	
130	a	4	0.634021		6	
130	b	0	0.914683		6	
130	b	2	0.391858		6	
130	b	4	0.597567		6	
All groups			0.746702		144	

ANEXO 4. Análise da variância para os fatores distância de transporte (38 e 55km), posição da gaiola no veículo (posições alta e baixa) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre a eficiência da sangria (%), (**QUADRO 1, Ensaio 3, Capítulo 2**), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of ali effects: 1-distância de transporte, 2-posição da gaiola, 3-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1*	4.622885*	59*	0.160147*	28.86643*	0.000001*
2	1*	0.944552*	59*	0.160147*	5.89802*	0.018225*
3	2*	2.434891*	59*	0.160147*	15.20406*	0.000005*
1x2	1	0.139810	59	0.160147	0.87301	0.353932
1x3	2	0.178932	59	0.160147	1.11729	0.333987
2x3	2	0.067747	59	0.160147	0.42303	0.657030
1x2x3	2	0.255416	59	0.160147	1.59488	0.211557
General manova						
Distância	Posição	Descanso	Standard deviations		n	
38	a	0	0.213093		6	
38	a	2	0.368725		6	
38	a	4	0.524921		6	
38	b	0	0.573499		6	
38	b	2	0.279733		6	
38	b	4	0.347569		6	
55	a	0	0.429564		6	
55	a	2	0.487293		6	
55	a	4	0.439547		6	
55	b	0	0.494786		5	
55	b	2	0.252798		6	
55	b	4	0.173021		6	
All groups			0.546642		71	

ANEXO 5. Análise da variância para o efeito das temperaturas ambientais pré-abate (30 e 17°C) sobre o pH aos 15min, 1h e às 24h *post mortem*, seguida da tabela de médias, desvio padrão e número de unidades experimentais (**QUADRO 1, Capítulo 3**).

General manova			Summary of all effects				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
pH15min	1	1*	0.174403*	87*	0.025086*	6.952157*	0.009914*
pH1h	1	1	0.001140	83	0.021499	0.053030	0.818439
pH24h	1	1*	0.382063*	65*	0.041723*	9.157137*	0.003548*
General manova			Means		Standard deviations		n
pH15min	Ensaio 1 (30°C)		5.985723		0.136331		60
	Ensaio 2 (17°C)		6.080173		0.196934		29
	All groups		6.016499		0.163655		89
pH1h	Ensaio 1 (30°C)		5.938663		0.153983		55
	Ensaio 2 (17°C)		5.931000		0.131833		30
	All groups		5.935959		0.145796		85
PH24h	Ensaio 1 (30°C)		5.882950		0.227618		50
	Ensaio 2 (17°C)		5.709412		0.104072		17
	All groups		5.838918		0.216517		67

ANEXO 6. Análise da variância para o efeito das temperaturas ambientais pré-abate (30 e 17°C) sobre o valor R aos 15min, 1h e às 24h *post mortem*, seguida da tabela de médias, desvio padrão e número de unidades experimentais (**QUADRO 1, Capítulo 3**).

General manova			Summary of all effects				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level	
VR15min	1	1*	0.117876*	88*	0.016073*	7.333766*	0.008130*
VR1h	1	1*	0.096903*	83*	0.010412*	9.306857	0.003065*
General manova			Means		Standard deviations		n
VR15min	Ensaio 1 (30°C)		1.122180		0.129884		60
	Ensaio 2 (17°C)		1.045409		0.120194		30
	All groups		1.096590		0.131213		90
VR1h	Ensaio 1 (30°C)		1.166947		0.103025		55
	Ensaio 2 (17°C)		1.096293		0.100177		30
	All groups		1.142011		0.106966		85

ANEXO 7. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH aos 15min *post mortem* (**QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3**), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso					
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level	
1	1	0.004224	54	0.014067	0.30024	0.585989	
2	2*	0.156679*	54*	0.014067*	11.13799*	0.000089*	
1x2	2	0.009687	54	0.014067	0.68860	0.506637	
General manova							
Distância		Descanso		Standard deviations		n	
40	0			0.074803		10	
40	2			0.099232		10	
40	4			0.102400		10	
160	0			0.199511		10	
160	2			0.115230		10	
160	4			0.073428		10	
All groups					0.136331		60

ANEXO 8. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o valor R aos 15min *post mortem* (**QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3**), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1*	0.068371*	54*	0.09156*	7.46698*	0.008476*
2	2*	0.117505*	54*	0.09156*	12.83306*	0.000028*
1x2	2*	0.098825*	54*	0.09156*	10.79295*	0.000114*
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
40	0	0.097682			10	
40	2	0.089714			10	
40	4	0.109457			10	
160	0	0.092574			10	
160	2	0.087021			10	
160	4	0.096045			10	
All groups			0.129894			60

ANEXO 9. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH aos 15min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.000101	24	0.018183	0.00555	0.941256
2	2*	0.317516*	24*	0.018183*	17.46192	0.000021*
1x2	2	0.022826	24	0.018183	1.25532	0.303036
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
59	0	0.099146			5	
59	2	0.106771			5	
59	4	0.193261			5	
159	0	0.083111			5	
159	2	0.181728			5	
159	4	0.102896			5	
All groups			0.196274		30	

ANEXO 10. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o valor R aos 15min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.006692	24	0.007395	0.905037	0.350918
2	2*	0.058463*	24*	0.007395*	7.906107*	0.002303*
1x2	2*	0.58929*	24*	0.007395*	7.989082*	0.002218*
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
59	0	0.043765			5	
59	2	0.078282			5	
59	4	0.116440			5	
159	0	0.099028			5	
159	2	0.092816			5	
159	4	0.065917			5	
All groups			0.120194		30	

ANEXO 11. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH aos 60min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.009641	49	0.022813	0.422598	0.518680
2	2	0.048262	49	0.022813	2.115525	0.131450
1x2	2	0.035311	49	0.022813	1.547804	0.222934
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
40	0	0.254981			10	
40	2	0.095621			10	
40	4	0.097860			10	
160	0	0.112897			10	
160	2	0.99962			5	
160	4	0.152590			10	
All groups			0.153983		55	

ANEXO 12. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o valor R aos 60min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.004456	49	0.10716	0.415817	0.522040
2	2	0.017721	49	0.10716	1.653619	0.201855
1x2	2	0.004493	49	0.10716	0.419239	0.659886
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
40	0	0.102829			10	
40	2	0.089939			10	
40	4	0.109986			10	
160	0	0.123666			10	
160	2	0.070454			5	
160	4	0.100426			10	
All groups			0.103025		55	

ANEXO 13. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH às 24h *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.063986	44	0.053348	1.199407	0.279399
2	2	0.38051	44	0.053348	0.713262	0.495621
1x2	2	0.017734	44	0.053348	0.332416	0.718974
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
40	0	0.331471			10	
40	2	0.105972			5	
40	4	0.327834			10	
160	0	0.150004			10	
160	2	0.097429			5	
160	4	0.108418			10	
All groups			0.227618			50

ANEXO 14. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o valor R às 24h *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.002925	49	0.000763	3.831633	0.056002
2	2	0.002030	49	0.000763	2.659440	0.080077
1x2	2*	0.002612*	49*	0.000763*	3.421848	0.04638*
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
40	0	0.036074			10	
40	2	0.015330			10	
40	4	0.023076			10	
160	0	0.035349			10	
160	2	0.015320			5	
160	4	0.027085			10	
All groups			0.029602			55

ANEXO 15. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH aos 60min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.000750	24	0.016572	0.045256	0.833331
2	2	0.043667	24	0.016572	2.634937	0.092360
1x2	2	0.009097	24	0.016572	0.548952	0.584636
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
59	0	0.084676			5	
59	2	0.147547			5	
59	4	0.119457			5	
159	0	0.184730			5	
159	2	0.085557			5	
159	4	0.121573			5	
All groups			0.131833			30

ANEXO 16. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o valor R aos 60min *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1*	0.031936*	24*	0.006433*	4.964532*	0.035501*
2	2*	0.044031*	24*	0.006433*	6.844704*	0.004445*
1x2	2	0.008321	24	0.006433	1.293469	0.292762
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations			n	
59	0	0.125785			5	
59	2	0.091016			5	
59	4	0.048916			5	
159	0	0.043331			5	
159	2	0.073897			5	
159	4	0.068994			5	
All groups			0.100177			30

ANEXO 17. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre o pH às 24h *post mortem* (QUADRO 1, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova		Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
1	1	0.000046	11	0.004380	0.01054	0.920089
2	2	0.010458	11	0.004380	2.38758	0.137659
1x2	2*	0.056827*	11*	0.004380*	12.97339*	0.001276*
General manova						
Distância	Descanso	Standard deviations				n
59	0	0.090000				3
59	2	0.080000				3
59	4	0.050332				3
159	0	0.014142				3
159	2	0.030551				3
159	4	0.077621				3
All groups		0.104072				17

ANEXO 18. Análise da variância para o efeito das temperaturas ambientais pré-abate (30 e 17°C) sobre os parâmetros de cor (L*, a* e b*) aos 15min, 1h e às 24h *post mortem*, seguida da tabela de médias, desvio padrão e número de unidades experimentais (QUADRO 2, Capítulo 3).

General manova				Summary of all effects			
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L*15min	1	1	0.236580	88	4.476577	0.052848	0.818713
L*1h	1	1	10.44180	83	4.895859	2.132783	0.147954
L*24h	1	1*	50.57300*	69*	4.018682*	12.58447*	0.000704*
a*15min	1	1*	12.24569*	88*	0.365082*	33.54231*	0.000000*
a*1h	1	1*	3.983830*	83*	0.545041*	7.309232*	0.008320*
a*24h	1	1*	4.672812*	69*	0.865720*	5.39760*	0.023118*
b*15min	1	1*	36.60370*	88*	2.293778	15.95782*	0.000134*
b*1h	1	1*	58.5645*	83*	2.437836*	24.02395*	0.000005*
b*24h	1	1*	22.41338*	69*	2.785935*	8.045193*	0.005983*
General manova			Means		Standard deviations		n
L*15min	Ensaio 1 (30°C)		41.99068		1.647524		60
	Ensaio 2 (17°C)		42.09945		2.839363		30
	All groups		42.0694		2.104504		90
L*1h	Ensaio 1 (30°C)		45.43009		2.382452		55
	Ensaio 2 (17°C)		44.69667		1.855542		30
	All groups		45.17123		2.277528		85
L*24h	Ensaio 1 (30°C)		48.89557		2.063987		54
	Ensaio 2 (17°C)		46.91784		1.794208		17
	All groups		48.42203		2.164196		71
a*15min	Ensaio 1 (30°C)		2.446375		0.595114		60
	Ensaio 2 (17°C)		1.663889		0.622335		30
	All groups		2.185546		0.706096		90
a*1h	Ensaio 1 (30°C)		2.623021		0.725078		55
	Ensaio 2 (17°C)		2.170000		0.762223		30
	All groups		2.463131		0.765493		85
a*24h	Ensaio 1 (30°C)		2.952150		0.991996		54
	Ensaio 2 (17°C)		2.350980		0.688282		17
	All groups		2.808208		0.959222		71
b*15min	Ensaio 1 (30°C)		3.288823		1.593796		60
	Ensaio 2 (17°C)		4.641667		1.338830		30
	All groups		3.739771		1.636852		90
b*1h	Ensaio 1 (30°C)		4.343031		1.754020		55
	Ensaio 2 (17°C)		6.088000		1.117335		30
	All groups		4.956079		1.762394		85
b*24h	Ensaio 1 (30°C)		4.199063		1.795480		54
	Ensaio 2 (17°C)		5.515687		1.155719		17
	All groups		4.514311		1.751093		71

ANEXO 19. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor (L*, a* e b*) aos 15min *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L*	1	1*	10.00172*	54*	2.376154*	4.209204*	0.045068*
	2	2*	9.13037	54*	2.376154*	3.842500*	0.027529*
	1x2	2	1.78546	54	2.376154	0.751409	0.476569
a*	1	1	0.623649	54	0.340922	1.829300	0.181847
	2	2	0.746077	54	0.340922	2.188411	0.121938
	1x2	2	0.184953	54	0.340922	0.542507	0.584424
b*	1	1*	24.02893*	54*	2.047885*	11.73354*	0.001180*
	2	2	0.20234	54	2.047885	0.09881	0.906082
	1x2	2*	7.42579*	54*	2.047885*	3.62608*	0.033293*
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*15min	a*15min	b*15min	n	
	40	0	2.171616	0.623473	0.707427	10	
	40	2	1.589031	0.491423	1.472113	10	
	40	4	1.246780	0.552859	1.446373	10	
	160	0	0.905772	0.620344	2.138693	10	
	160	2	1.139152	0.638551	1.427144	10	
	160	4	1.828507	0.563106	0.957600	10	
All groups			1.647524	0.595114	1.593796	60	

ANEXO 20. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor aos 60min *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L*	1	1	6.56370	49	5.349890	1.226886	0.273421
	2	2	15.59913	49	5.349890	2.915785	0.063614
	1x2	2	0.56230	49	5.349890	0.105105	0.900433
a*	1	1	0.197327	49	0.564809	0.349369	0.557187
	2	2	0.201373	49	0.564809	0.356534	0.701900
	1x2	2	0.136750	49	0.564809	0.242117	0.785898
b*	1	1*	52.69450*	49*	2.152671*	24.47866*	0.000009*
	2	2	5.19823	49	2.152671	2.41478	0.099952
	1x2	2	0.01240	49	2.152671	0.00576	0.994258
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*60min	a*60min	b*60min	n	
	40	0	3.124507	0.657903	1.463595	10	
	40	2	2.684611	0.573777	1.117384	10	
	40	4	2.149566	0.861724	1.187340	10	
	160	0	1.914595	0.578558	1.490064	10	
	160	2	1.779401	0.565618	0.713484	5	
	160	4	1.569701	1.045720	2.114976	10	
All groups			2.382452	0.725078	1.754020	55	

ANEXO 21. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor às 24h *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L*	1	1	0.343006	48	4.202205	0.081625	0.776336
	2	2	7.619462	48	4.202205	1.813206	0.174126
	1x2	2	5.438928	48	4.202205	1.294303	0.283481
a*	1	1*	7.978368*	48*	0.847746*	9.411269*	0.003539*
	2	2	0.039187	48	0.847746	0.046225	0.954869
	1x2	2	1.450276	48	0.847746	1.710743	0.191566
b*	1	1*	92.56555*	48*	1.595631*	58.01187*	0.000000*
	2	2	1.19976	48	1.595631	0.75190	0.476939
	1x2	2	1.04713	48	1.595631	0.65625	0.523385
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*24h	a*24h	b*24h	n	
	40	0	2.914035	1.106141	0.951097	10	
	40	2	1.340405	0.793142	1.458860	10	
	40	4	1.651144	0.741110	0.845061	10	
	160	0	1.856439	0.673885	1.610649	10	
	160	2	1.735828	0.717983	1.072859	5	
	160	4	2.277748	0.271118	1.365450	9	
All groups			2.063987	0.991996	1.795480	54	

ANEXO 22. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor aos 15min *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L*	1	1*	124.5082*	24*	2.853231*	43.63762*	0.000001*
	2	2*	17.2395*	24*	2.853231*	6.04208*	0.007494*
	1x2	2	3.1642	24	2.853231	1.10898	0.346217
a*	1	1	0.122454	24	0.293634	0.414028	0.524551
	2	2*	1.015176*	24*	0.293634*	3.457280*	0.047927*
	1x2	2*	1.015843*	24*	0.293634*	3.459551*	0.047842*
b*	1	1*	8.48008*	24*	0.923208*	9.18545*	0.005768*
	2	2*	10.65636*	24*	0.923208*	11.54275*	0.000308*
	1x2	2	0.01586	24	0.923208	0.01718	0.982978
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*15min	a*15min	b*15min	n	
	59	0	1.450412	0.438210	0.632521	5	
	59	2	1.748587	0.383406	0.860442	5	
	59	4	1.275920	0.782677	1.445030	5	
	159	0	2.879197	0.677147	0.862248	5	
	159	2	1.291177	0.403561	1.014999	5	
	159	4	0.610942	0.434518	0.732803	5	
All groups			2.839336	0.622335	1.338830	30	

ANEXO 23. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor aos 60min *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	n	p-level
L*	1	1*	28.35648*	24*	1.228708*	23.07829*	0.000068*
	2	2*	5.92008*	24*	1.228708*	4.81814*	0.017412*
	1x2	2*	15.09118*	24*	1.228708*	12.27401*	0.000213*
a*	1	1	0.655148	24	0.458481	1.428952	0.243614
	2	2	1.425250	24	0.458481	3.108632	0.063019
	1x2	2	1.169676	24	0.458481	2.551196	0.98944
b*	1	1	2.151148	24	1.142745	1.862439	0.182747
	2	2	2.466028	24	1.142745	2.157985	0.137454
	1x2	2	0.847787	24	1.142745	0.741886	0.486822
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*60min	a*60min	b*60min	n	
	59	0	1.963012	0.683293	1.366545	5	
	59	2	0.801422	0.570745	1.427751	5	
	59	4	0.831281	0.945648	0.940080	5	
	159	0	1.061616	0.613777	0.808256	5	
	159	2	0.412748	0.633925	0.952992	5	
	159	4	0.942411	0.534244	0.710868	5	
All groups			1.855542	0.762223	1.117335	30	

ANEXO 24. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre os parâmetros de cor às 24h *post mortem* (QUADRO 2, Ensaio 2, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	n	p-level
L*	1	1	7.944590	11	2.160933	3.676462	0.081510
	2	2	4.049352	11	2.160933	1.873890	0.199371
	1x2	2	4.838959	11	2.160933	2.239291	0.152805
a*	1	1	0.371542	11	0.270720	1.372423	0.266146
	2	2	0.546610	11	0.270720	2.0191101	0.179094
	1x2	2*	1.438601*	11*	0.270720*	5.313988*	0.024270*
b*	1	1	5.326670	11	1.204861	4.420983	0.059331
	2	2	1.114864	11	1.204861	0.925305	0.425186
	1x2	2	0.294573	11	1.204861	0.244487	0.787250
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	L*24h	a*24h	b*24h	n	
	59	0	1.708177	0.732765	1.304160	3	
	59	2	1.159182	0.250185	1.137411	3	
	59	4	0.256219	0.514332	0.695688	3	
	159	0	2.003469	0.553900	1.119586	2	
	159	2	2.193931	0.626711	1.442060	3	
	159	4	0.858856	0.276050	0.664789	3	
All groups			1.794208	0.688282	1.155715	17	

ANEXO 25. Análise da variância para o efeito das temperaturas ambientais pré-abate (30 e 17°C) sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento, seguida da tabela de médias, desvio padrão e número de unidades experimentais (QUADRO 3, Capítulo 3).

General manova			Summary of all effects				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
PPC	1	1*	34.41229*	78*	3.911716*	8.797237*	0.004002*
FC	1	1	3.227579	141	1.579803	2.043027	0.154957
General manova			Means		Standard deviations		n
PPC	Ensaio 1 (30°C)		28.73172		2.147280		58
	Ensaio 2 (17°C)		27.26288		1.419215		22
	All groups		28.32779		2.073113		80
FC	Ensaio 1 (30°C)		5.771386		1.200566		101
	Ensaio 2 (17°C)		5.466667		1.358692		42
	All groups		5.666515		1.261179		143

ANEXO 26. Análise da variância para os fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) (QUADRO 3, Ensaio 1, Capítulo 3), seguido da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
PPC	1	1	12.99403	52	4.618588	2.813421	0.099481
	2	2	2.81253	52	4.618588	0.608958	0.547750
	1x2	2	1.74402	52	4.618588	0.377609	0.687362
FC	1	1*	6.451096*	95*	1.293637*	4.986791*	0.027889*
	2	2	1.685223	95	1.293637	1.302702	0.276607
	1x2	2*	5.591811*	95*	1.293637*	4.322552*	0.015970*
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	PPC	n	FC	n	
	40	0	2.553997	10	1.160740	18	
	40	2	2.560799	10	0.969014	14	
	40	4	1.914811	9	0.969669	17	
	160	0	1.337178	10	1.392232	14	
	160	2	1.849288	10	0.944213	17	
	160	4	2.404112	9	1.289912	21	
	All groups		2.147280	58	1.200566	101	

ANEXO 27. Análise da variância para os fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) (**QUADRO 3, Ensaio 2, Capítulo 3**), seguida da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
PPC	1	1*	8.129832*	16*	1.471730*	5.523996	0.031916*
	2	2	0.966576	16	1.471730	0.656762	0.531957
	1x2	2	3.354285	16	1.471730	2.279144	0.134606
FC	1	1	4.01266	36	1.170849	3.42714	0.070422
	2	2*	9.48248*	36	1.170849	8.09881	0.000950*
	1 x 2	2*	12.01205	36	1.170849	10.25926	0.000201*
General manova			Standard deviations				
	Distância	Descanso	PPC	n	FC	n	
	59	0	1.207225	3	1.183751	4	
	59	2	1.082700	4	0.733927	8	
	59	4	1.563099	4	0.700244	8	
	159	0	1.570474	3	0.750116	8	
	159	2	0.849699	5	1.175035	8	
	159	4	0.991367	3	0.639282	6	
	All groups		1.419215	22	1.358692	42	

ANEXO 28 Análise da variância do efeito das diferentes temperaturas ambientais pré-abate (30°C e 17°C) (**QUADRO 4, Capítulo 3**) para a análise sensorial de músculos de peito de frango, seguida da tabela do desvio padrão e número de determinações.

General manova			Summary of all effects				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
	Maciez	1	0.805731	169	3.758734	0.214362	0.643965
	Suculência	1	6.053362	169	3.016247	2.006919	0.158424
	Sabor	1	0.004942	169	1.570793	0.003146	0.955338
	Q.global	1	2.631579	169	1.890445	1.392042	0.239719
General manova			Means	Standard deviations		n	
Maciez	Ensaio 1 (30°C)		6,424562	1,876146		114	
	Ensaio 2 (17°C)		6,278947	2,059277		57	
	All groups		6.376023	1.934260		171	
Suculência	Ensaio 1 (30°C)		5,930702	1,652787		114	
	Ensaio 2 (17°C)		5,531579	1,894839		57	
	All groups		5.797661	1.741870		171	
Sabor	Ensaio 1 (30°C)		8,114912	1,272113		114	
	Ensaio 2 (17°C)		8,103509	1,214491		57	
	All groups		8.111111	1.249633		171	
Q. global	Ensaio 1 (30°C)		7,378947	1,221668		114	
	Ensaio 2 (17°C)		7,115789	1,641187		57	
	All groups		7.291228	1.376519		171	

ANEXO 29. Análise da variância dos fatores distância de transporte (40 e 160km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) para a análise sensorial (**QUADRO 4, Ensaio 1, Capítulo 3**), seguida da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
Maciez	1	1	7.966447	108	3.496721	2.278270	0.134118
	2	2	0.750226	108	3.496721	0.214546	0.807251
	1x2	2	5.125261	108	3.496721	1.465733	0.235465
Suculência	1	1	0.821751	108	2.822045	0.291190	0.590570
	2	2	0.120075	108	2.822045	0.457142	0.634310
	1x2	2	0.223298	108	2.822045	0.791226	0.923977
Sabor	1	1	2.296117	108	1.642329	1.398086	0.239641
	2	2	1.155873	108	1.642329	0.703801	0.496956
	1x2	2	0.550321	108	1.642329	0.335085	0.71018
Q.global	1	1	3.482856	108	1.476107	2.359487	0.127448
	2	2	2.260336	108	1.476107	1.531282	0.220916
	1x2	2	0.519713	108	1.476107	0.352083	0.704026
General manova			Standard deviations				
Distância	Descanso	Maciez	Suculência	Sabor	Q. global	n	
40	0	1.743560	1.425925	0.800312	0.899400	20	
40	2	1.224385	1.872889	0.926181	1.059967	18	
40	4	1.913861	1.976588	0.915813	0.966364	19	
160	0	1.978776	1.561673	1.900095	1.072411	18	
160	2	2.374176	1.816619	1.163932	1.522282	20	
160	4	1.744951	1.333991	1.639890	1.573390	19	
All groups		1.876146	1.652787	1.272113	1.221668	114	

ANEXO 30. Análise da variância dos fatores distância de transporte (59 e 159km) e tempo de descanso (0, 2 e 4h) para a análise sensorial (**QUADRO 4, Ensaio 2, Capítulo 3**), seguida da tabela do desvio padrão e número de unidades experimentais.

General manova			Summary of all effects: 1-distância de transporte, 2-tempo de descanso				
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
Maciez	1	1	5.147417	51	4.222063	1.219171	0.274706
	2	2	3.467283	51	4.222063	0.821229	0.445623
	1x2	2	4.773154	51	4.222063	1.130526	0.330819
Suculência	1	1	0.006558	51	3.899098	0.001682	0.967448
	2	2	0.592704	51	3.899098	0.152010	0.859367
	1x2	2	0.522879	51	3.899098	0.134103	0.874808
Sabor	1	1	2.375860	51	1.510000	1.573417	0.215430
	2	2	1.343756	51	1.510000	0.889905	0.416975
	1x2	2	0.148649	51	1.510000	0.98443	0.906419
Q.global	1	1	9.469037	51	2.578924	3.671701	0.60957
	2	2	3.670918	51	2.578924	1.423430	0.250294
	1x2	2	1.130821	51	2.578924	0.438486	0.647421
General manova			Standard deviations				
Distância	Descanso	Maciez	Suculência	Sabor	Q. global	n	
59	0	1.883555	2.250247	1.140297	1.666583	9	
59	2	2.317326	2.262987	0.784927	1.884439	9	
59	4	2.382552	1.988746	1.651430	1.698529	10	
159	0	1.972843	1.568049	0.979853	1.440062	10	
159	2	1.694599	2.003588	1.108753	1.057513	10	
159	4	2.000625	1.714724	1.476012	1.809773	9	
All groups		2.059277	1.894839	1.214491	1.641187	57	

ANEXO 31. Análise da variância do efeito dos diferentes tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento de carcaças de frango sobre a medida de pH, em músculos *Pectoralis major*, realizada em diferentes momentos após o abate (QUADRO 1, Capítulo 4), seguida da tabela do desvio padrão.

General manova		Summary of all effects:				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
pH 15min	2	0.026367	42	0.225340	1.170106	0.320245
pH 45min	2*	0.146374*	42*	0.019913*	7.350518	0.001832
pH 75min	1*	0.088563*	28*	0.014957*	5.921328*	0.021597*
pH 4h	5	0.011425	77	0.12658	0.902647	0.483864
pH 24h	5*	0.054661*	74*	0.014043*	3.892305*	0.005404*
General manova		Standard deviations				
		pH 15min	pH 45min	pH 75min	pH 4h	pH 24h
A		0.121753	0.135986	-	0.126070	0.113886
B		0.167046	0.131128	0.126673	0.130069	0.089523
C		-	-	-	0.106215	0.161564
D		0.157712	0.155092	0.117760	0.108501	0.093645
E		-	-	-	0.107734	0.121200
F		-	-	-	0.770370	0.119711
All groups		0.150693	0.160192	0.132268	0.112172	0.138649

ANEXO 32. Análise da variância do efeito dos diferentes tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento de carcaças de frango sobre a medida de valor R (VR), em músculos *Pectoralis major*, realizada em diferentes momentos após o abate (QUADRO 1, Capítulo 4), seguida da tabela do desvio padrão.

General manova		Summary of all effects:				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
VR 15min	2	0.023574	41	0.166741	1.413840	0.254815
VR 45min	2*	0.041828*	42*	0.010234*	4.087121*	0.023886*
VR 75min	1	0.027822	26	0.02583	1.351674	0.255546
VR 4h	5*	0.091236*	75*	0.030317*	3.009429*	0.015424*
VR 24h	5	0.018436	75	0.014218	1.296593	0.274483
General manova		Standard deviations				
		VR 15min	VR 45min	VR 75min	VR 4h	VR 24h
A		0.150783	0.099297	-	0.212449	0.114370
B		0.142839	0.074491	0.166821	0.166823	0.092134
C		-	-	-	0.077030	0.089552
D		0.078293	0.123666	0.119885	0.130058	0.203920
E		-	-	-	0.253085	0.082538
F		-	-	-	0.132041	0.068024
All groups		0.130364	0.108028	0.144400	0.184236	0.120341

ANEXO 33. Análise da variância do efeito dos diferentes tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento de carcaças de frango sobre os parâmetros de cor, em músculos *Pectoralis major*, realizada em diferentes momentos após o abate (QUADRO 2, Capítulo 4), seguida da tabela do desvio padrão.

General manova		Summary of all effects:				
Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
L* 15min	2	3.401571	42	4.0435552	0.841233	0.438314
L* 45min	2*	37.85256*	42*	4.300885*	8.801109*	0.000642*
L* 75min	1	12.78356	28	4.617465	2.768524	0.107289
L* 4h	5	9.120663	79	8.795354	1.036986	0.401884
L* 24h	5*	19.90651*	75*	9.625774*	2.068042*	0.048470*
a* 15min	2*	2.234296*	42*	0.444325*	5.028553*	0.011020*
a* 45min	2	1.887052	42	0.925530	2.038880	0.142861
a* 75min	1	1.800750	28	1.153558	1.561040	0.221857
a* 4h	5*	7.208216*	79	2.544189*	2.833208*	0.020958*
a* 24h	5	0.666388	75	0.522593	0.522593	0.283269
b* 15min	2	1.689093	42	2.016902	0.837469	0.439903
b* 45min	2	3.520538	42	3.299249	1.067073	0.353156
b* 75min	1	0.015413	28	3.980907	0.0083872	0.950827
b* 4h	5*	26.70467*	79*	4.441836*	6.012084*	0.000094*
b* 24h	5	2.862278	75	2.317692	1.234969	0.301014
General manova		Standard deviations				
		L* 15min	L* 45min	L* 75min	L* 4h	L* 24h
A		1.915857	2.332612	-	3.876451	2.799165
B		2.375160	1.408287	2.003527	2.797650	2.092124
C		-	-	-	3.405886	2.605924
D		1.678918	2.340578	2.284910	3.178240	4.460436
E		-	-	-	1.973737	3.239886
F		-	-	-	1.355004	2.798050
All groups		2.003589	2.413703	2.213381	2.968959	3.201976
General manova		Standard deviations				
		a* 15min	a* 45min	a* 75min	a* 4h	a* 24h
A		0.543791	0.527716	-	2.176528	0.760792
B		0.606246	0.744015	0.899547	2.035084	0.571654
C		-	-	-	1.368650	0.619638
D		0.818370	1.394470	1.223900	1.459794	0.829148
E		-	-	-	1.045701	0.815586
F		-	-	-	0.768797	0.667580
All groups		0.725043	0.984498	1.084378	1.679824	0.667580
General manova		Standard deviations				
		b* 15min	b* 45min	b* 75min	b* 4h	b* 24h
A		0.475945	1.922518	-	2.185740	1.217720
B		1.126443	1.522267	1.689454	2.437155	1.450271
C		-	-	-	1.935342	1.410978
D		0.613512	1.970881	2.259991	1.868778	1.885808
E		-	-	-	2.442234	1.714634
F		-	-	-	1.334626	1.322303
All groups		1.414921	1.819150	1.960654	2.401459	1.533264

ANEXO 34. Matriz de correlação de Pearson entre dados de cor, pH e valor R coletados aos 15min (N=44), 45min (N=45 casos), 4h (N = 75 casos) *post mortem* e entre dados de cor, pH, valor R, perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC), realizados às 24h (N=110 casos) *post mortem*, em músculos *Pectoralis major* de frangos submetidos a diferentes tratamentos de resfriamento (Capítulo 4).

Variáveis	1	2	3	4	5		
1. valor L* ₁₅	1						
2. valor a* ₁₅	-0,09	1					
3. valor b* ₁₅	-0,14	-0,10	1				
4. pH ₁₅	-0,14	-0,18	-0,16	1			
5. valor R ₁₅	0,53***	-0,36**	-0,22	-0,16	1		
Variáveis	1	2	3	4	5		
1. valor L* ₄₅	1						
2. valor a* ₄₅	0,24	1					
3. valor b* ₄₅	0,03	-0,16	1				
4. pH ₄₅	-0,65***	-0,45**	-0,21	1			
5. valor R ₄₅	-0,06	-0,25	-0,31*	0,28	1		
Variáveis	1	2	3	4	5		
1. valor L* _{4h}	1						
2. valor a* _{4h}	-0,07	1					
3. valor b* _{4h}	0,16	0,29*	1				
4. pH _{4h}	-0,54***	0,15	0,02	1			
5. valor R _{4h}	-0,07	-0,32*	0,12	-0,05	1		
Variáveis	1	2	3	4	5	6	7
1. valor L* _{24h}	1						
2. valor a* _{24h}	-0,24**	1					
3. valor b* _{24h}	0,06	-0,14	1				
4. pH _{24h}	-0,54***	-0,06	-0,14	1			
5. valor R _{24h}	-0,01	-0,05	-0,15	0,18	1		
6. FC	-0,26	0,42**	-0,09	-0,17	-0,30	1	
7. PPC	-0,11	0,03	0,17	0,06	-0,33*	0,08	1

níveis de probabilidade *** (P= 0,01%), ** (P= 0,1%), * (P= 0,5%)

ANEXO 35. Análise da variância do efeito dos diferentes tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento de carcaças de frango sobre a perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) em músculos *Pectoralis major* (QUADRO 3, Capítulo 4), seguida da tabela do desvio padrão e número de determinações.

General manova		Summary of all effects:					
	Effect	Df effect	MS effect	Df error	Ms error	f	p-level
PPC	1	5	3.286367	106	8.202437	0.400657	0.847450
FC	1	5	0.829743	106	0.932755	0.889562	0.490603
General manova		Standard deviations					
		PPC		FC			
	A	2.539982		1.000136			
	B	2.821752		0.683693			
	C	4.309079		0.884185			
	D	2.404660		1.149396			
	E	2.174274		1.117241			
	F	2.544072		0.870207			
	All groups	2.826096		0.963568			

ANEXO 36. Dados (L*, a* e b*, pH e CRA) obtidos em músculos de peito considerados normais (n) e pálidos (a) em frangos abatidos em condições pré-abate não padronizada submetidos a análise de componente principal, (Capítulo 5).

Identificação	km	Desc	Cond	L*24h	a*24h	b*24h	pH24h	CRA 24h
1	40	0	n	49,183	3,1833	1,9333	6,1	0,5456
2	40	0	n	47,717	3,5333	2,4333	6,195	0,5896
3	40	0	n	50,467	3,05	2,0333	6,16	0,5229
4	40	0	n	47,233	5,2333	1,95	6,055	0,6016
5	40	0	n	44,967	5,5333	2,25	6,48	0,5916
6	40	2	n	48,617	2,7	3,5167	5,73	0,4778
7	40	2	n	50,283	3,7833	3,2333	5,81	0,5533
8	40	2	n	48,667	3,1167	1,4167	6,01	0,69
9	40	2	n	48,583	3,4333	2,3667	5,82	0,56
11	40	4	n	48,5	3,4333	1,7167	6,025	0,6587
12	40	4	n	50,883	3,7833	3,1833	5,9425	0,6326
13	40	4	n	50,033	2,4833	1,9	6,175	0,5345
16	160	0	n	51,333	1,8167	6	5,945	0,3904
17	160	0	n	47,967	2,333	5,0667	5,815	0,5014
18	160	0	n	45,483	3,0333	2,9333	5,915	0,5051
19	160	0	n	50,183	1,55	3,2167	6,13	0,4512
20	160	0	n	49,933	1,65	4,2833	6,05	0,5647
26	160	4	n	45,1	5,7167	3,8167	5,915	0,5457
27	160	4	n	49,333	3,2333	5,3667	5,735	0,5
28	160	4	n	50,35	2,8333	4,7667	5,905	0,576
29	160	4	n	50,967	2,6833	5,7667	5,795	0,5108
31	40	0	n	50,283	3,3667	4,1333	5,545	0,5272
32	40	0	n	48,7	2,1	3,7167	5,62	0,4455
33	40	0	n	46,717	3,1667	2,2833	5,44	0,557
34	40	0	n	55,6	2,2833	4,45	5,78	0,4624
35	40	0	n	50,717	3,5167	2,6	6,045	0,5564
41	40	4	n	48,033	2,9	3,733	5,92	0,6892
42	40	4	n	45,533	2,5667	3,9667	5,605	0,6589
43	40	4	n	49,45	1,6167	3,9	5,76	0,7609
44	40	4	n	48,633	3,2167	3,5	5,53	0,6128
45	40	4	n	48,583	2,0667	3,833	5,83	0,5901
46	160	0	n	49,833	1,7167	7,4	5,77	0,6104
47	160	0	n	51,115	2,0167	5,9	5,885	0,4645
48	160	0	n	49,3	2,3833	6,8333	5,72	0,5897
49	160	0	n	47,333	3,3	6,3167	6,13	0,5167
50	160	0	n	50,683	3,25	7,35	5,77	0,5448
51	160	2	n	49,683	2,9333	5,9833	5,965	0,6545
52	160	2	n	47,8	3,2833	4,8667	5,72	0,7125
53	160	2	n	48,15	1,4333	7,3833	5,735	0,8025
54	160	2	n	46,667	2,4333	5,8833	5,795	0,7757
55	160	2	n	45,033	2,1333	7,35	5,79	0,7117
56	160	4	n	52,45	1,05	7,2667	5,625	0,5621
57	160	4	n	50,517	2,95	5,0667	5,605	0,5637
58	160	4	n	47,4	2,2667	3,65	5,85	0,618
59	160	4	n	51,533	2,1	7,6833	5,87	0,6067
60	160	4	n	50,917	2,2	5,35	5,8	0,5626
61	59	0	n	48,16667	2,4	7,866667	5,65	0,43715
62	59	0	n	45,18333	3,816667	5,416667	5,56	0,474733
63	59	0	n	45,23333	3,433333	5,866667	5,74	0,54
66	59	2	n	50,83333	2,05	6,966667	5,66	0,527717
67	59	2	a	49,9833	1,3	7,55	5,71	0,61788
68	59	2	n	49,1	2,283	7,1	5,74	0,55

Identificação	km	Desc	Cond	L*24h	a*24h	b*24h	pH24h	CRA 24h
69	59	2	n	48,63	1,783	5,067	5,82	0,473
70	59	2	a	49,383	1,26667	5,7667	5,78	0,5883
71	59	4	a	47,35	2,5333	4,31667	5,83	0,623
72	59	4	n	46,9	2,76	4,583	5,81	0,518
73	59	4	n	46,95	1,95	5,93	5,77	0,519
74	59	4	n	47,36	1,817	5,55	5,71	0,648
75	59	4	a	48,0667	1,2833	6,6333	5,83	0,5789
76	159	0	a	47,4	1,35	5,4333	5,855	0,6065
77	159	0	n	48,1	2,333	3,95	5,88	0,571767
78	159	0	n	45,267	1,55	5,5333	5,9	0,476
79	159	0	a	46,717	1,8883	5,95	6,075	0,57625
80	159	0	a	48,05	2,6333	4,3333	6,075	0,56468
81	159	2	n	45,48333	3,333333	4,066667	5,69	0,600533
82	159	2	n	44,48333	3	6,9	5,735	0,611983
83	159	2	a	48,7667	1,8333	5,65	5,675	0,59575
84	159	2	n	48,68	2,11667	5,017	5,63	0,58
85	159	2	a	47,9167	1,55	7	5,67	0,6572
86	159	4	n	45,53333	2,066667	5,416667	5,6	0,56655
87	159	4	n	45,00333	1,75	4,3	5,68	0,576983
88	159	4	a	46,7833	1,35	3,8	5,56	0,55
89	159	4	n	46,68	1,516	4,233	5,53	0,59925
90	159	4	a	47,683	3,1167	6,2833	5,63	0,59

ANEXO 37. Dados (L*, a* e b*, pH, FC e PPC) obtidos em músculos de peito considerados normais (n) e pálidos (a) em frangos abatidos em condições de resfriamento não padronizadas submetidos a análise de componente principal, (Capítulo 5).

Frango	Tramento	Condi.	L*24h	a*24h	b*24h	pH	FC	PPC
1	A	n	49,83	1,7	5,533333	5,68	1,998571	28,90548
2	A	n	49,8	2,333333	3,4	5,67	2,068889	26,39669
3	A	n	48,67	2,2	5,333333	5,69	2,722857	27,94722
4	A	n	49	2,7	6,633333	5,73	2,47	25,65382
5	B	n	47,5	2,866667	6,066667	5,74	4,91	32,58145
6	B	a	49,5	0,2	8,533333	5,69	2,978571	28,9237
7	B	n	44,2	2,333333	5,4	5,8	2,98	27,69712
8	B	n	51,63	1,033333	5,666667	5,66	3,4975	29,60758
9	B	n	47,17	2,6	8,566667	5,85	2,502	29,5399
10	B	n	45,37	2,066667	3,666667	5,92	2,546	27,04479
11	B	n	48,2	1,833333	6,3	5,77	2,297143	28,52627
12	B	n	44,5	1,433333	5,966667	5,99	3,861667	23,10678
13	C	n	47,87	1,9	7,7	5,79	3,838	27,38206
14	C	n	47,97	1,7	6,733333	5,81	2,62	30,87198
15	C	n	44,43	2,6	5,5	5,77	4,178333	28,18515
16	C	n	50,17	3,166667	4,966667	5,63	2,65	31,82021
17	C	n	45,57	2,133333	1,933333	5,81	3,844286	30,16955
18	C	a	50,5	1,466667	3,933333	5,68	3,2225	27,90721
19	C	a	54,37	1,133333	7,5	5,61	2,854	30,61644
20	C	n	46,1	2,333333	4,8	5,77	2,734	22,96715
21	D	n	48,77	2,466667	7	5,83	2,675	28,59617
22	D	n	49,97	2,433333	5,2	5,72	3,662857	30,30701
23	D	n	46,27	2,766667	5,133333	5,8	2,896667	31,18008
24	D	n	44,57	2,466667	1,066667	5,85	4,034	29,55198
25	D	n	46,77	3,233333	4,466667	5,68	6,29	29,35051
26	D	n	43,67	3,1	5	5,93	2,128571	25,39609
27	D	a	46,17	2,8	5,566667	5,71	6,18125	27,36635
28	D	a	45,87	3,5	2	5,76	2,435714	26,21872
29	E	n	47,87	3,133333	3,566667	5,62	3,474286	28,31725
30	E	n	48,87	2,6	7,1	5,75	2,98	28,40222
31	E	n	49,67	3,066667	4,633333	5,65	4,078571	27,74718
32	E	n	46,57	3,3	4,3	5,64	3,926667	30,22905
33	E	n	48,87	2,033333	3,233333	5,71	3,485	28,65437
34	E	n	47,9	3,266667	5,666667	5,75	2,935	32,48351
35	E	n	48,87	1,966667	4,133333	5,71	2,961429	26,53548
36	E	n	50,53	1,833333	7,1	5,68	2,968333	28,18248
37	E	n	46,8	2,233333	5,433333	5,7	2,611667	32,67327
38	F	n	50,27	2,7	5,766667	5,68	3,6525	27,23681
39	F	a	52,73	1,933333	9,633333	5,46	3,002857	29,65966
40	F	n	47,9	2,666667	2,833333	5,76	3,60875	30,49169
41	F	n	45,4	3,2	6,966667	5,69	4,60875	28,09578
42	F	n	48,93	1,533333	6,9	5,67	3,216667	29,95781
43	F	a	51,63	2,4	5,966667	5,61	3,346	26,97523