

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO DE CIÊNCIAS MÉDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HIGIENE VETERINÁRIA E
PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO HIGIENE VETERINÁRIA E
PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

CARLA INÊS SOARES PRAXEDES

EXSUDAÇÃO DE GEL NO COZIMENTO EM CARNE DE PEITO
DE FRANGO NORMAL, “PSE” E “DFD”

UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE

Niterói/ RJ
2007

CARLA INÊS SOARES PRAXEDES

EXSUDAÇÃO DE GEL NO COZIMENTO EM CARNE DE PEITO
DE FRANGO NORMAL, “PSE” E “DFD”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Orientador: Prof. Dr. SÉRGIO BORGES MANO - UFF
Co-orientador: Prof. Dr. RUBISON OLIVO - USP

Niterói/ RJ
2007

CARLA INÊS SOARES PRAXEDES

EXSUDAÇÃO DE GEL NO COZIMENTO EM CARNE DE PEITO
DE FRANGO NORMAL, “PSE” E “DFD”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Aprovado em 01/11/2007

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Borges Mano
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Rubison Olivo
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a. Mônica Queiroz de Freitas
Universidade Federal Fluminense

Niterói/ RJ
2007

Aos meus pais Amélio Mariano Praxedes (*in memoriam*) e Maria Teodorica Soares Praxedes,
por todo amor dedicado a mim, pelo exemplo de vida e pela grande sabedoria, pois através
dela recebi minha maior herança: a Educação.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo, sem a tua presença nada seria possível.

Aos meus pais Amélio Mariano Praxedes (*in memorian*) e Maria Teodorica Soares Praxedes, minhas irmãs Carlota Maria Soares Praxedes Treasure, Celeste Marilda Soares Praxedes dos Santos, Conceição Aparecida Soares Praxedes e meu irmão Amélio Soares Praxedes (Juninho), obrigada pelo amor, carinho, confiança e compreensão nos momentos em que estive ausente.

Às minhas sobrinhas Luciana Christine Praxedes Treasure e Maria Rita Praxedes Barreto, que alegraram meus dias.

Ao professor Dr. Firmino Mársico Filho (*in memorian*) que muito me incentivou no início desta caminhada.

Ao professor orientador Dr. Sérgio Borges Mano, pela amizade, orientação, atenção, apoio, paciência e auxílio indispensável à realização deste trabalho.

Ao professor co-orientador Dr. Rubison Olivo, pela amizade, pelo estímulo à pesquisa, orientação e dedicação, sempre disposto a me ajudar.

Ao Químico Industrial Fábio de Oliveira Franco, pela amizade, profissionalismo, ajuda e paciência, sem os quais este trabalho seria impossível.

À Eng^a de Alimentos Juliane Pavan Schneider, pela amizade, por toda ajuda e atenção, principalmente pelo importante auxílio na realização das análises.

À Globalfood, na figura de seu Presidente, Sr. Klaus Gerard Hasserodt, que disponibilizou as instalações e seus funcionários para que as análises fossem realizadas.

Ao matadouro-frigorífico Frangos Rica na figura do amigo e Médico Veterinário Dr. Ociron Jader Thomal Vasques, que muito contribuiu para que este sonho se tornasse realidade.

Aos amigos do matadouro-frigorífico Frangos Rica, funcionários, estagiários e treinees, em especial Sullivan Mueller, Luiza Helena Nunes, Sabrina Haddad, Vanessa da Silva, Jefferson Muniz, Isabel Benevente, Ana Carolina de Almeida, Márcio Marques, Priscyla Graciano e Cristiano Xavier, que me ajudaram nos ensaios iniciais deste trabalho e acompanharam toda minha trajetória, obrigada por tudo.

A todos os professores, técnicos e funcionários da pós-graduação, que transmitiram seus conhecimentos para que eu chegasse até aqui.

À minha doce sobrinha e também um pouco filha Marceli Nunes Gonçalves, sempre estava disposta a me ajudar com seus conhecimentos de informática.

Aos amigos e irmãos Renata Groetaers da Silva Freire e Marcello Freire, ao afilhado Marcello Groetaers Freire (Marcellinho), à Riete Groetaers e Sr. José da Silva (Sr. Zezinho), que me

receberam como filha em sua casa, sempre presentes e me incentivando, obrigada pelo carinho.

À minha tia e madrinha Sandra Marli Lemos, que sempre acompanhou minha vida acadêmica me dando forças.

Aos colegas da pós-graduação, em especial a turma de Bom Jesus do Itabapoana/RJ, aos Doutores Edivaldo Sampaio de Almeida Filho e Fábio da Costa, e a Kênia de Fátima Carrijo, obrigada pela amizade e pelo apoio que me foi dado nos diversos momentos desta caminhada.

Aos amigos Adriano Costa da Silva e Carlos Ribeiro Xavier Velloso, que mesmo distantes, torceram e acompanharam a realização deste sonho.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho fosse realizado.

À CAPES que financiou esta pesquisa.

Muitas vezes as pessoas são egocêntricas, ilógicas e insensatas.

Perdoe-as assim mesmo.

Se você é gentil, as pessoas podem acusá-lo de egoísta, interesseiro.

Seja gentil, assim mesmo.

Se você é um vencedor, terá alguns falsos amigos e alguns inimigos verdadeiros.

Vença assim mesmo.

Se você é honesto e franco as pessoas podem enganá-lo.

Seja honesto assim mesmo.

O que você levou anos para construir, alguém pode destruir de uma hora para outra.

Construa assim mesmo.

Se você tem Paz, é Feliz, as pessoas podem sentir inveja.

Seja Feliz assim mesmo.

Dê ao mundo o melhor de você, mas isso pode nunca ser o bastante.

Dê o melhor de você assim mesmo.

Veja você que no final das contas, é entre você e Deus.

Nunca foi entre você e as outras pessoas.

Madre Tereza de Calcutá

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS, p. 9

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 10

RESUMO, p. 12

ABSTRACT, p. 13

1 INTRODUÇÃO, p. 14

2 REVISÃO DE LITERATURA, p. 16

2.1 AVICULTURA BRASILEIRA, p. 16

2.2 MANEJO DE FRANGOS PRÉ-ABATE, p. 18

2.3 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO DETERMINADA PELO pH MUSCULAR FINAL, p. 22

2.3.1 “PSE” em aves, p. 24

2.3.2 “DFD” em aves, p. 26

2.4 PROPRIEDADES FUNCIONAIS, p. 27

2.4.1 Cor em filés de peito de frango, p. 28

2.4.2 Capacidade de retenção de água, p. 31

2.4.3 Gelificação protéica e exsudação de gel durante o cozimento, p. 32

3 MATERIAL E MÉTODOS, p. 34

3.1 AMOSTRAGEM, p. 34

3.2 CLASSIFICAÇÃO, p. 35

3.3 MENSURAÇÃO DO EXSUDATO, p. 36

3.4 MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA, p. 36

3.5 MENSURAÇÃO DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO, p. 37

3.6 MENSURAÇÃO DO GEL LIBERADO DURANTE O COZIMENTO, p. 38

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS, p. 39

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 40

4.1 CLASSIFICAÇÃO, p. 40

4.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS, p. 40

4.2.1 Mensuração do Exsudato (Peitos íntegros), p. 40

4.2.2 Mensuração da capacidade de retenção de água, p. 41

4.2.3 Mensuração da perda de umidade no cozimento, p. 42

4.2.4 Mensuração do gel liberado durante o cozimento, p. 45

5 CONCLUSÕES, p. 47

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Comparativo das exportações de carne de frango 2006/2007 (em ton.). Fonte: UBA/ABEF (2007), p. 17

TABELA 2 – Valor de L* e pH do *Pectoralis major* característicos de carnes “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa) , normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca) (SOARES et al., 2002; ODA et al., 2003), p. 36

TABELA 3 – Composição da salmoura adicionada de tripolifosfato de sódio, p. 37

TABELA 4 – Programa de cozimento em banho-maria, p. 38

TABELA 5 – Resultados dos ensaios funcionais realizados nos grupos de amostras caracterizados como “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa), normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), p. 40

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 – Fluxograma de operações de corte e desossa de frango. Fonte: Lemos, Castilho, Beraquet (2000), p. 18
- FIGURA 2 – Fluxograma de atividades pré-abate de frangos seguindo as etapas, desde a granja onde é realizado jejum, dieta hídrica, apanha e transporte, até a recepção na unidade de abate, inspeção sanitária, descanso, pendura, insensibilização e sangria. Fonte: Brasil, 1998. Modificada, p. 21
- FIGURA 3 – Vias metabólicas para produção de energia na musculatura esquelética. Fonte: Lehninger (2002), p. 24
- FIGURA 4 – Curvas típicas de declínio do pH *post mortem* (glicólise) em intervalos de tempo, que gerarão carnes do tipo “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), normal e “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa). Fonte: Schneider (2004), p. 27
- FIGURA 5 – Diagrama de Hunter. O valor L^* situado no eixo vertical representa o máximo estímulo luminoso (intervalo 0 a 100), seja de reflectância ou de transmitância; o valor de a^* (intervalo de $-a$ a $+a$), situado no eixo horizontal, mede a variação entre a cor vermelha à verde e o valor de b^* (intervalo de $-b$ a $+b$), mede a variação entre o amarelo e o azul, ambos refletidos ou transmitidos pelo objeto. Fonte: Olivo (2006), p. 30
- FIGURA 6 – Disposição da umidade em termos de capacidade de retenção de água da carne. *Copyright: Rubison Olivo, com permissão (OLIVO, 2006), p. 32*
- FIGURA 7 – Exsudação de gel, durante o cozimento de filés de peito de frango (Olivo; Barbut, 2004) - Figura do arquivo pessoal do Prof. Dr. Rubison Olivo, p. 33
- FIGURA 8 – Fluxograma dos procedimentos adotados para realização dos ensaios funcionais em filés de peito de frango considerados normais, “PSE” (do inglês pale, soft,

exudative: pálida, macia, exsudativa) e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca) das linhagens Cobb e Ross, p. 34

FIGURA 9 – Padrão visual utilizado na fase de pré-seleção das amostras, caracterizando as carnes tipo “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), normal e “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa). Fonte: OLIVO (2002a), p. 35

FIGURA 10 – Comportamento do pH em relação aos grupos de amostras classificadas. As áreas em verde, vermelho e azul são as respectivas faixas de pH padronizadas para “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa), normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), p. 43

FIGURA 11 – Relação entre “drip” (%) e pH para os grupos estudados, mostrando que valores mais baixos de pH apresentaram valores mais altos de “drip” (“PSE” do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa) e valores mais baixos de “drip” apresentaram valores mais altos de pH (“DFD” do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), p. 43

FIGURA 12 – Correlação entre perda de umidade no cozimento (%) e capacidade de retenção de água (%). A linha vermelha indica a tendência de redução da perda de umidade no cozimento conforme ocorre o aumento da capacidade de retenção de água (STATSOFT, 2001), p. 44

FIGURA 13 – Correlação entre perda de umidade no cozimento (%) e pH (24h). A linha vermelha indica a tendência de redução da perda de umidade no cozimento conforme ocorre o aumento do pH (STATSOFT, 2001), p. 44

FIGURA 14 – Correlação entre o gel liberado durante o cozimento (%) e capacidade de retenção de água (%). A linha vermelha indica a tendência de redução do gel liberado durante o cozimento conforme ocorre o aumento da capacidade de retenção de água (STATSOFT, 2001), p. 46

FIGURA 15 – Correlação entre o gel liberado durante o cozimento (%) e a perda de umidade no cozimento (%). A linha vermelha indica a tendência do aumento do gel liberado durante o cozimento conforme ocorre o aumento da perda de umidade no cozimento (STATSOFT, 2001), p. 46

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi averiguar a influência das características da carne de peito de frango (*Pectoralis major*) classificada como normal, “PSE” (do inglês: “Pale, Soft, Exudative” = pálida, macia e exsudativa) e “DFD” (do inglês: “Dark, Firm, Dry” = escura, seca e firme) no grau de exsudação de gel no cozimento e correlacionar as propriedades funcionais entre si em relação às respectivas carnes classificadas. Amostras (n= 64) de peito de frango foram pré-classificadas visualmente e coletadas no tempo de 90min *post mortem*, foram desossadas e desprovidas de pele, pesadas em balança semi-analítica e embaladas em sacos “nylon poli”, mantidos sob refrigeração por 24h a $3,0 \pm 2,0$ °C. Após sofreram análise de cor, registrando-se os valores de L* (luminosidade) pelo sistema CIE L* a* b* e pH, os resultados classificaram as amostras em grupos: normal, “PSE” e “DFD”. Procedeu-se então a mensuração do “drip” (exsudato), da capacidade de retenção de água, da perda de umidade no cozimento e do “ECG” (do inglês: Exudative Cooking Gel = gel exsudado no cozimento). Na mensuração do “drip” os resultados mostraram que ao relacionar-se o “drip” e o pH para os grupos estudados, onde valores mais baixos de pH $5,67 (\pm 0,07)$ apresentaram valores mais altos de “drip” $5,94 (\pm 0,89)$ e valores mais altos de pH $6,04 (\pm 0,09)$ apresentaram valores mais baixos de “drip” $2,26 (\pm 1,63)$, observou-se diferença significativa entre os grupos para o “drip” e para o pH, demonstrando haver influência dos fenômenos bioquímicos. Em relação a capacidade de retenção de água entre os grupos, apenas o “DFD” obteve diferença significativa, porém observou-se diferença significativa para o grupo “PSE” ($r = -0,69$ $p < 0,05$) ao correlacionar-se a capacidade de retenção de água e a perda de umidade no cozimento. Em relação a perda de umidade no cozimento entre os grupos, apenas o “DFD” obteve diferença significativa, porém notou-se uma tendência estatisticamente significativa para o grupo “PSE” ($r = -0,59$ $p < 0,05$) ao correlacionar-se a perda de umidade no cozimento e o pH. Na mensuração do gel liberado durante o cozimento entre os grupos, apenas o “DFD” obteve diferença significativa, apresentando o menor valor ($1,13 \pm 0,44$) de gel liberado durante o cozimento. Correlações estatisticamente significantes foram encontradas junto ao grupo “PSE” entre os valores da capacidade de retenção de água e do gel liberado durante o cozimento ($r = -0,86$ $p < 0,05$) e entre os valores da perda de umidade no cozimento e do gel liberado durante o cozimento ($r = 0,75$ $p < 0,05$). De acordo com os resultados pode-se concluir que o gel exsudado no cozimento tem forte influência nas propriedades funcionais da carne de frango “PSE” e esta apresenta as maiores e mais negativas alterações em relação às propriedades funcionais.

Palavras chave: gel exsudado no cozimento, carne de peito de frango, propriedades funcionais, “PSE”, “DFD”, qualidade da carne.

ABSTRACT

The aiming of this work is to investigate the influence of the quality of chicken breast (*Pectoralis major*) characterized as normal, "PSE" (Pale, Soft and Exudative) and "DFD" (Dark, Firm and Dry) in the exudation level of gel and co-relate those with the functional properties of the meat protein. The number of samples (n=64) of chicken breast (whole-muscle) were visually pre-classified and collected at 90 minutes *post mortem*, they were boneless and skinless, weighted in half-analytic scale and wrapped in poli nylon bags, kept under refrigeration for 24h at $3.0\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. After undergone color analysis, registering the values of L* (Luminosity) through system CIE L* a* b* and pH, the results classified the samples in groups: normal, "PSE" and "DFD". The next step was the measurement of the exudates, the water capacity retention, loss of humidity during the cooking process and the gel released during the cooking process. During the measurement of the exudates the results shown that there is a correlation ($R = -0.71$ $p < 0,05$) between the lower values of pH 5.67 (± 0.07) e dripping upper values 5.94 (± 0.89) and upper values of pH 6.04 (± 0.09) and dripping lower values 2.26 (± 1.63), however, between the groups, only the "DFD" had significant differences. However, when correlating the capacity of water retention and loss of humidity during the cooking process, it was observed a significant statistic correlation in the group "PSE" ($R = -0.69$ $p \leq 0,05$), showing that the less the value of the loss of humidity during the cooking process, the more will be the water retention capacity. For the measurement of the loss of humidity during the cooking process was observed a significant difference for the group "DFD", however, when correlating the pH with the loss of humidity during the cooking process for the group "PSE", it can be noted a significant statistically trend ($R = -0.59$ $\leq 0,05$). For the gel released during the cooking process, the group "PSE" it has shown the higher value (2.62 ± 0.95) of gel released, showing less protein stability. Significant statistically correlations were found by the group "PSE" between the values of water retention capacity and the gel released during the cooking process ($R = -0.86$ $p < 0,05$) and the loss of humidity during the cooking process with the values of the exudates gel ($R = 0.75$ $p < 0,05$). According to the results it can be concluded that the exudates cooking gel has strong influence in the functional properties of the chicken meat "PSE" and that presents the biggest and negative alterations in relation to the functional properties.

Keywords: exudative cooking gel, chicken breast meat, functional properties, PSE, DFD, meat quality.

1 INTRODUÇÃO

A carne de frango se insere e tem espaço consolidado dentro de uma das principais tendências do mercado de alimentos que é a de produtos que oferecem valor proteico elevado, aliados à praticidade e conveniência, a um preço atrativo (OLIVO; SANTOS; FRANCO, 2006).

A avicultura brasileira tem apresentado um desempenho invejável nas últimas décadas, representando uma importante fonte econômica ao país. O consumo interno de carne de frango saltou dos 4,0kg per capita na década de 60 para 36,7kg em 2006, constituindo-se numa importante fonte proteica à população. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frangos, com volume aproximado de 9,4 milhões toneladas e, pelo terceiro ano consecutivo, o maior exportador mundial, com volume de 2,7 milhões de toneladas (ABEF, 2003, 2007; UBA, 2007b; AVISITE, 2007a, 2007b).

Desta quantidade exportada em torno de 230.000 toneladas constitui-se de cortes, em especial filé de peito, o qual tem como destino, principalmente a Ásia e a União Européia. Neste mercado os filés são destinados principalmente ao processamento de produtos elaborados crus ou cozidos, como temperados, marinados, grelhados, assados, empanados e pratos prontos (UBA, 2007a).

As necessidades tecnológicas aumentaram a preocupação com a qualidade funcional das matérias-primas, como forma de evitar perdas econômicas, garantindo a qualidade final desejada e assim a satisfação dos consumidores (OLIVO, 2006).

Resultado do estresse *ante mortem*, a carne “PSE” (do inglês: “Pale, Soft and Exudative” = pálido, macio e exsudativo), caracterizada por cor pálida, macia e exsudativa na superfície, reflexo da acidez muscular, compromete a qualidade funcional das matérias-primas, em face da desnaturação das proteínas cárneas, prejudicando o rendimento industrial, a qualidade final e o desempenho econômico dos produtos (OLIVO, 2006, 2002a, 2002b).

Um outro desvio trata-se do fenômeno “DFD”, (do inglês: “Dark, Firm and Dry” = escuro, firme e seco), significando carnes com características de cor escura, firme e seca na sua superfície. O fenômeno é também considerado uma condição anormal da cor, associado ao metabolismo muscular com reflexos nas propriedades funcionais, consequência do estresse *ante mortem* a que aves são submetidas. O “DFD”, inversamente ao “PSE”, ocorre quando o pH muscular *post mortem* mantém-se alto, próximo aos valores fisiológicos, determinando aquelas características. A diferença entre ambos reside no fato de que o “PSE” está associado ao estresse em um curto espaço de tempo, enquanto que o “DFD”, ao de longo período antes do abate (SCHNEIDER, 2004; SOARES et al., 2002).

Durante o processamento dos produtos cárneos, como tambeamento ou massageamento, ocorre o fenômeno de exsudação de umidade e proteínas, desejável para produtos reestruturados como presunto. Porém, em produtos como filé de peito de frango cozido, a presença de proteína exsudada forma um gel branco prejudicando a aparência do produto final e a qualidade nutricional da carne. Este gel exsudado durante o cozimento contém proteínas solúveis, que se não liberadas ao exterior, exibirá propriedades de ligação de umidade no interior do produto (SHEARD et al., 2001; OLIVO; BARBUT, 2004).

O presente trabalho teve como objetivo averiguar a influência das características da carne de peito frango (*Pectoralis major*) classificadas como normal, “PSE” (do inglês: “Pale, Soft, Exudative” = pálida, macia e exsudativa) e “DFD” (do inglês: “Dark, Firm, Dry” = escura, seca e firme) no grau de exsudação de gel no cozimento e correlacionar as propriedades funcionais entre si em relação às respectivas carnes classificadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A seguir será feito uma abordagem com os principais temas pertinentes ao assunto: avicultura brasileira; manejo de frangos pré-abate; qualidade da carne de frango determinada pelo pH muscular final e propriedades funcionais.

2.1 AVICULTURA BRASILEIRA

A avicultura brasileira vem crescendo a cada ano, produzindo e exportando toneladas de carne de frango, onde pode-se observar na Tabela 01 que mais de 60% deste volume exportado são cortes. A exportação de cortes de frango tem como principais destinos: Oriente Médio, Ásia, União Européia, África, Rússia, América do Sul, dentre outros países (ABEF, 2006).

Em 2006 o desempenho da avicultura brasileira de exportação foi comprometido pela retração em importantes mercados consumidores da Europa e da Ásia, no início do ano, devido a focos da gripe aviária em países dos dois continentes. O setor também enfrentou uma conjuntura desfavorável no câmbio, o que reduziu a rentabilidade das empresas exportadoras. Ficou claro que, para evitar a derrocada do mercado interno, o setor avícola é extremamente dependente das exportações, que hoje correspondem a 30% da produção nacional (ABEF, 2006).

Segundo a Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGE-MAPA, 2006), será apresentado um intenso dinamismo nas projeções de produção de carne para o Brasil no período 2006/07 a 2016/17, alcançando em carne de aves as maiores taxas de crescimento, devendo crescer 4,1% ao ano. Estimativas também projetam um quadro favorável para as exportações no período 2006/07 a 2016/17, justificadas

pela potencialidade do país na avicultura e pelas mudanças nos padrões de consumo, alcançando neste período uma taxa de crescimento de 2,9% ao ano.

Tabela 1. Comparativo das exportações de carne de frango (inteiro, cortes e industrializados) no período de janeiro a julho de 2006/2007 (em ton.).

	INTEIRO		CORTES		INDUSTRIALIZADOS	
	2007	2006	2007	2006	2007	2006
Janeiro	72.541.756	73.104.935	124.035.415	133.449.807	12.473.593	7.165.517
Fevereiro	85.297.765	68.513.705	130.257.804	121.817.341	16.659.892	8.556.455
Março	115.991.025	74.255.286	169.028.305	139.011.771	18.446.047	12.242.294
Abril	96.997.261	74.806.533	151.066.721	127.974.112	15.655.659	8.745.253
Mai	100.658.431	62.254.370	158.589.730	124.720.172	14.730.272	9.499.214
Junho	84.784.419	58.879.192	160.704.565	126.274.064	11.754.579	9.728.784
Julho	104.625.025	59.563.028	154.058.955	118.683.733	10.401.560	7.466.139
Subtotal	660.895.682	471.377.049	1.047.741.495	891.931.000	100.120.572	63.403.656

Fonte: UBA/ABEF (2007)

O Brasil exporta para mais de 120 diferentes destinos e é responsável por um terço do total da carne de frango comercializada no mercado internacional, demonstrando clara do reconhecimento da qualidade do produto brasileiro (SHIMOKOMAKI, 2004).

Nos últimos anos começou a sobressair a preocupação com qualidade da carne para o processamento industrial, relacionada com a satisfação dos consumidores, pois anteriormente prevalecia o interesse da pesquisa apenas no melhoramento genético e no arraçamento focados nos índices de produtividade. Felizmente, tem crescido o empenho das empresas e instituições de pesquisa na geração de conhecimento e tecnologias capazes de propiciar avanços na qualidade e sanidade do produto cárneo brasileiro (VEGRO; ROCHA, 2007). De acordo com os mesmos autores, o emprego de tecnologia de ponta por parte das empresas líderes do segmento de abate e processamento da carne de aves e de suínos constitui-se no elemento central do vigor econômico observado pelo segmento nos últimos anos. O empenho pela segmentação por meio da diversificação de produtos e preparações implica necessariamente o domínio de tecnologias alimentares de alto grau de sofisticação.

Nos grupos empresariais líderes, o processo de automação avançou bastante com mínima utilização de funcionários para atordoar; sangrar, escaldar, depenar; eviscerar e

resfriar a carcaça. Em contrapartida, é também nesses grupos que o processo de diversificação de produtos mais avançou, gerando postos de trabalho em fases como o saque de cortes e a preparação de pratos pré-prontos (empanados, congelados, carne com molho e/ou marinados) (ibid.).

Na atualidade, verifica-se significativo consumo de partes desossadas de frango, sobretudo de cortes nobres, como peito e pernas (PAVAN et al., 2003). Em função da crescente demanda de refeições rápidas, existe uma grande produção de filés de peito, conforme processo de produção exemplificado na Figura 1, junto a uma constante preocupação com as características de qualidade, sobretudo no que se refere à maciez, pH, cor, suculência, sabor, além dos aspectos higiênicos da carne (ALMEIDA et al., 2002).

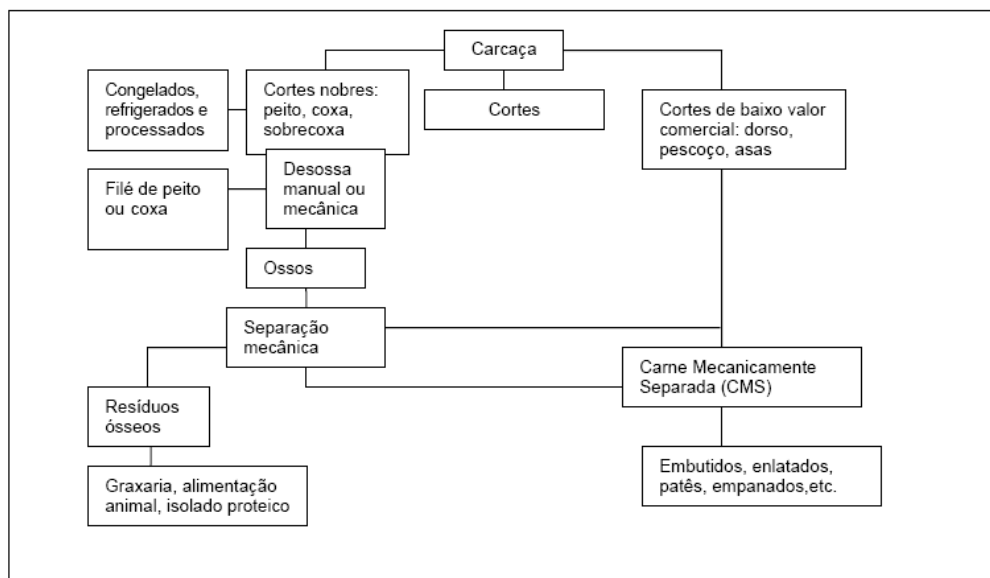


Figura 1. Fluxograma de operações de corte e desossa de frango através de carcaça íntegra de frango. Fonte: LEMOS; CASTILLO; BERAQUET (2000).

2.2 MANEJO DE FRANGOS PRÉ-ABATE

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

mesmo lote, idade e sexo, são atribuídas ao estresse pré-abate, que desencadeia transtornos fisiológicos que podem causar alterações bioquímicas anômalas durante a transformação do músculo em carne e, com isso, afetar a estrutura miofibrilar (FLETCHER, 1991). Em músculos com desenvolvimento bioquímico alterado, as diferentes velocidades nas reações de glicólise podem determinar alterações nas características de qualidade da carne (BRESSAN; BERAQUET, 2002).

A indústria avícola necessita dedicar especial atenção ao manejo das aves durante diversas fases e etapas, como fases de crescimento, tempo de jejum, coleta nas granjas, alocação de indivíduos por gaiola, espaçamento das gaiolas no caminhão, ducha de água na granja, cobertura de carga com lonas quando o transporte é realizado sob sol e aspersão de água, transporte, espera e ventilação na recepção do abatedouro, descarga, insensibilização elétrica e abate conforme esquema mostrado na Figura 2. Os cuidados dispensados durante estas diferentes etapas influenciam diretamente na qualidade final dos produtos. Estes métodos necessitam de um acompanhamento rigoroso, dependendo das condições climáticas regionais e, principalmente no verão.

As técnicas de manejo que antecedem o abate de frangos de corte, rotineiramente adotados nas diferentes granjas em todo o país, consistem inicialmente na restrição de alimento entre 6 e 12 horas, restrição hídrica a partir do momento da apanha e tempos de descanso não inferior a 2 horas no abatedouro. (MOREIRA, 2005). Ainda, segundo o mesmo autor, o jejum tem por objetivo reduzir a contaminação de carcaças durante o processamento e como forma de repor as reservas de glicogênio nas aves que se apresentam com estresse, já que estas tendem a apresentar carnes de qualidade inferior dependendo do grau de estresse a que as mesmas foram submetidas.

O efeito de diferentes tempos de jejum sobre a qualidade da carne foi avaliado por Komiyama et al. (2005a), constatando que tempos muito curtos de jejum (até 4 horas) promovem perdas nas características de cor, pH, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento. Como em aves é característico o rápido desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem*, o jejum utilizado pode atuar retardando a velocidade de instalação do *rigor mortis*, determinando variações indesejáveis na qualidade final da carne (BRESSAN; BERAQUET, 2002).

A ação manual inapropriada da colocação das aves dentro das gaiolas e o transporte são causadores de injúria física e fisiológica/bioquímica dos músculos, sendo que o transporte tem sido reportado como o principal processo que afeta o bem-estar alterando o metabolismo *ante mortem* com profundas conseqüências na qualidade da carne. (GUARNIERI et al., 2002,

2005; AVICULTURA INDUSTRIAL, 2007a; 2007b; 2007c; 2007d). A distância de transporte da granja até o abatedouro é um dos grandes fatores causadores de estresse, principalmente em determinadas épocas do ano, como no verão, onde concentram os maiores índices de mortalidade e estresse nas aves. O estresse no transporte se manifesta nas aves devido a diferentes formas, tais como: motor, emocional, digestivo, térmico e desequilíbrio hídrico (FISCHER, 1996; AVICULTURA INDUSTRIAL, 2007b).

Lee et al. (1976) demonstrou que a temperatura ambiental pré-abate influencia na velocidade de queda do pH *post mortem*, onde aves estressadas pelo calor (38°C) tiveram pH mais baixo do que as mantidas sob a temperatura de conforto térmico (20°C), frio (4°C) e frio extremo (-20°C). A temperatura ambiental de 25°C é considerada limiar na perturbação da homeostase das aves, valores acima desta temperatura podem ocorrer distúrbios fisiológicos, levando ao estresse e influenciando na bioquímica da carne, diversos cuidados são tomados no período de verão, durante a coleta, transporte e recepção de aves (GUARNIERI et al., 2002)

SAMS (2001) reporta que a eletronarcolese acelera o estabelecimento do *rigor mortis*, constatando alteração na cor, textura e aceleração da velocidade de glicólise *post mortem*, devido à rápida queda do pH. No entanto, de acordo com Contreras e Beraquet (2001), os parâmetros de voltagem e amperagem utilizada no atordoamento elétrico podem também influenciar na sangria e conseqüentemente afetar a qualidade da carne.

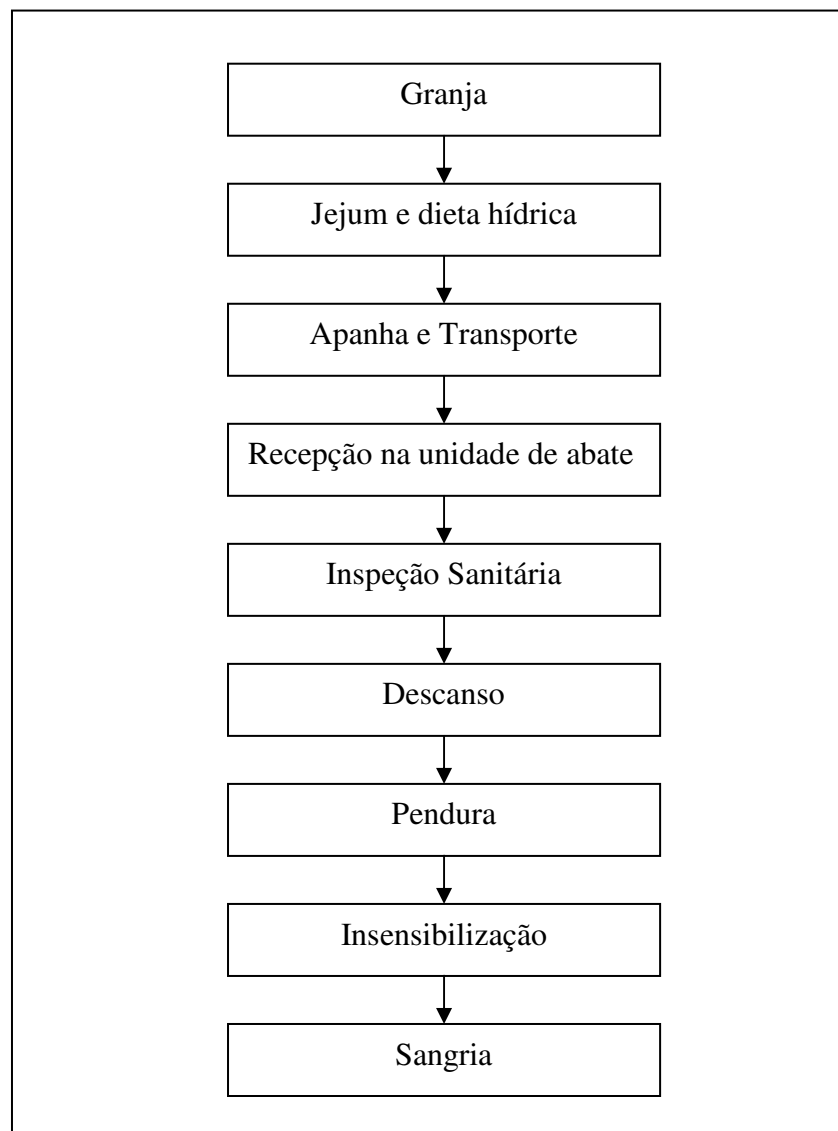


Figura 2. Fluxograma de atividades pré-abate de frangos, desde a granja onde é realizado jejum, dieta hídrica, apanha e transporte, até a recepção na unidade de abate, inspeção sanitária, descanso, pendura, insensibilização e sangria.

Fonte: BRASIL (1998). Modificada.

Por causa do refinamento do sistema de integração, não basta visualizar as etapas que compõem o processo fabril, necessitando a atenção dirigida às fontes de suprimentos com vistas a obter um produto final homogêneo, com qualidade nutricional e sanitária. Assim, algumas das etapas finais da criação ficam sob a responsabilidade do matadouro, como período de dieta hídrica e jejum dos animais, apanha, carregamento e transporte, recepção e pendura nos ganchos. Sob essa visão compete relacionar a tecnologia empregada e a necessidade de treinamento da mão-de-obra utilizada (VEGRO; ROCHA, 2007). Para isso a indústria integradora possui equipes treinadas para atuar ainda dentro do galpão de produção,

tomando cuidados especiais que repercutirão sobre a intensidade de aproveitamento econômico da carcaça e dos cortes dela provenientes (RIBEIRO, 1992; CASTILLO, 1997).

De acordo com diversos autores (SHRIMPTON; MILLER, 1960; SAMS; MILLS, 1993; EHINGER; GSCHWINDT, 1979; WARRISS; KESTIN; BROWN, 1993; FISCHER, 1996; LEE; HARGUS; HAGBER, 1976; FRONING; UIJTENBOOGAART, 1988; OSMAN et al., 1990), os principais fatores responsáveis no pré-abate que desencadeiam liberações de catecolaminas e alterações fisiológicas características do estresse são: intervalo de jejum e dieta hídrica, transporte e temperaturas ambientais.

No abate propriamente dito, há um conjunto de diretrizes técnicas e científicas que garantem o bem-estar dos animais desde a recepção até a operação de sangria denominado abate humanitário (BRASIL, 1998), garantindo a redução do sofrimento dos animais, das perdas no abate ocasionadas pelas contusões nas carcaças e conseqüentemente da diminuição dos problemas de qualidade. Os produtos finais oriundos destes animais estão ganhando diferenciação sob o aspecto de marketing, atendendo a um nicho de mercado composto por pessoas preocupadas com o abate sem sofrimento, tornando-se cada vez mais freqüente a preocupação em garantir o bem estar dos animais e aves em toda cadeia produtiva (MONDELLI; VIDRIK; ROÇA, 2002; MENDES; PAZ, 2006).

2.3 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO DETERMINADA PELO pH MUSCULAR FINAL

Por muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem a preocupação com as funções biológicas do tecido muscular no animal vivo e o quanto elas influenciavam na qualidade da carne. Somente com a compreensão dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular vivo foi possível saber que a carne, como organização complexa de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, resulta de uma série de reações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular a partir do abate, ou mesmo antes, e que determinam a qualidade final do produto (JUDGE, 1989).

Do ponto de vista fisiológico, (BAKKEN et al., 1998) revisa os conceitos de bem-estar animal e conclui que, quando um animal é confrontado com algo estressante/agressor, a sua adaptação envolve uma amplitude de comportamento e de respostas fisiológicas, onde os sistemas endócrinos, imunológicos e nervoso central respondem aos estímulos de maneira coordenada para estabelecer a homeostase.

Homeostase, ou manutenção do meio interno do organismo em equilíbrio, se dá através de uma série de sistemas funcionais de controle, envolvendo mecanismos fisiológicos e reações comportamentais, mantendo estável por exemplo, a temperatura corporal, o balanço hídrico, as interações sociais. O bem estar é prejudicado quando o animal não consegue manter a homeostase ou quando ele consegue mantê-la à custa de muito esforço (MACARI et al., 2002). A homeostase é importante durante a conversão do músculo em carne por duas razões: muitas das reações e mudanças que ocorrem durante a conversão do músculo em carne, são resultados diretos da tentativa de manter as funções vitais em funcionamento; condições ambientais pré-abate, tais como manejo e transporte, são estressantes e podem provocar mudanças que irão afetar a qualidade final da carne (HEDRICK et al., 1993).

Após o sacrifício dos animais, os músculos não terminam suas funções para se transformar em carne, diversas mudanças fisiológicas e bioquímicas acontecem por um determinado período. A conversão do músculo em carne ocorre durante a instalação do *rigor mortis* (HEDRICK et al., 1993). O conjunto dessas reações acarreta no abaixamento do pH muscular, sendo este o principal fenômeno da transformação, onde a velocidade de abaixamento do pH e seu valor final serão determinantes para a sua qualidade final (OLIVO, 2006).

No momento do sacrifício da ave, o pH fisiológico (in vivo é de aproximadamente 7,0) inicia a sua queda como resultado da instalação do *rigor mortis*, com a produção de ácido láctico conforme Figura 3, devido a glicólise anaeróbica (LAWRIE, 1998). Quando o suprimento de oxigênio é inadequado, os íons H^+ liberados na glicólise e no ciclo de Krebs não podem combinar com o oxigênio a uma taxa suficientemente rápida, então tendem a se acumular no músculo. O excesso de H^+ é então utilizado para converter ácido pirúvico em ácido láctico, o que permite que a glicólise se acelere (VALSECHI, 2000). O valor do pH final dependerá diretamente da quantidade de glicogênio presente no músculo no momento da morte do animal, por outro lado, o teor de ácido láctico presente no músculo no momento da morte do animal determinará a velocidade de instalação do *rigor mortis* e o pH final da carne. O tempo aproximado para instalação do *rigor mortis* em frangos é menor ou igual a 30 min, em perus menor ou igual a uma hora (OLIVO, 2006).

O valor do pH do músculo e a velocidade em que este é atingido são influenciados por vários fatores como espécie, tipo de músculo, variação entre animais, manejo pré-abate e temperatura. Os fatores mais importantes são: reserva de glicogênio para reagir imediatamente após o abate e a influência da temperatura externa (VALSECHI, 2000). Segundo o mesmo autor, a aceleração do processo de degradação do glicogênio (causa de

variações no *rigor mortis* e na acidificação da carne) por causas endógenas ou exógenas frequentemente está associada a alterações na qualidade da carne, sendo estas conhecidas como “PSE” e “DFD”.



Figura 3. Vias metabólicas para a produção de energia na musculatura esquelética. Fonte: LEHNINGER (2002).

2.3.1 “PSE” em aves

A sua ocorrência foi constatada no final da década de 70 com algumas publicações, onde Froning et al. (1978) demonstrou que perus expostos ao estresse pré-abate, como aquecimento ou agitação, exibiram um acelerado declínio de pH. Kijowski e Niewiarowicz (1978) sugeriram que o pH indicativo de carne “PSE” em frangos seria de 5,7 no tempo de 15 min *post mortem*.

O pH baixo pode causar desnaturação das proteínas, comprometendo as propriedades funcionais da carne, com pobres características de processamento e redução dos rendimentos dos produtos; fenômeno denominado como “PSE”.

Em suínos é detectado quando o pH atinge o valor menor do que 5,8 a 5,7 no período 45 minutos *post mortem*, quando a carcaça ainda se encontra quente, por volta de 35°C, favorecendo desta forma a desnaturação das proteínas (WISMER-PEDERSEN, 1959; WISMER-PEDERSEN; BRISKEY, 1961; BENDALL; SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1995). Em frangos, as carnes tornam-se “PSE” quando o pH atinge 5,7 após 15 minutos *post mortem* (KIJOWSKI; NIEWIAROWICZ, 1978; OLIVO, 1999; OLIVO et al., 2001a; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002), instalando-se carne tipo “PSE”.

Em suínos, foi comprovada uma relação direta da ocorrência de “PSE” com uma mutação no gene que codifica a proteína receptora da rianodina tipo 1 (*ryr1*), que é responsável pelo controle do fluxo de cálcio entre o retículo sarcoplasmático e o sarcoplasma.

Em aves, além de *ryr1*, a proteína receptora tipo 3 (*ryr3*) também é fundamental no controle do fluxo de cálcio nas fibras musculares. Dessa forma, 3 regiões do gene receptor da rianodina 3 (*ryr3*) foram seqüenciadas em busca de mutações que pudessem estar relacionados com a ocorrência de carnes “PSE”. Não foram identificadas deleções ou inserções nos fragmentos de DNA estudados. Entretanto, quatro mutações de ponto foram identificadas, sendo que algumas delas causaram alterações na seqüência de aminoácidos de *ryr3*. Estas, porém, não alteraram a função da proteína. Nos fragmentos do gene *ryr3* analisados não foi possível encontrar diferenças entre grupos que deram origem a carne “PSE” e normal. Portanto, o fenômeno “PSE” em carnes de frango não está associado com as mutações identificadas nos fragmentos do gene *ryr3* analisados até o momento (LARA et al., 2003). Ao estudar o estresse térmico na incidência da carne “PSE” em frangos (LARA et al., 2002) observaram que a ocorrência de “PSE” é uma consequência de uma interação de fatores ambientais e característica genética das aves, onde um único fator tomado isoladamente não pode caracterizar satisfatoriamente o fenômeno.

Estudos também foram realizados expondo as aves em condições estressantes e foi possível provocar “PSE” em carnes de peito. Porém, não foram averiguadas as conexões hereditárias, se é que elas existiam. Somente um estudo sistemático, como o já utilizado para suínos, relacionando a seleção das linhagens das aves com PSE, possa trazer benefícios econômicos às indústrias de frangos. Por outro lado, pode-se imaginar que a intensa atividade na seleção das linhagens, pela necessidade econômica de abater aves em menor tempo de vida, com rápido ganho de peso, possa ter resultado em comportamentos fisiológicos anormais (EMBRAPA, 2002). Até o momento, não está bem esclarecido se há relação entre as linhagens de frango de corte e a ocorrência de carne “PSE”, como observado em suínos (MOREIRA, 2005).

Entretanto, de uma maneira geral, a causa primordial do fenômeno “PSE” nos animais é o estresse *ante mortem*, o que provoca a necessidade de uma maior produção de energia pela via glicolítica anaeróbica, com a consequente produção de ácido lático (OLIVO, 2006). O manejo no momento que antecede ao abate é de grande importância bioquímica com reflexos na estrutura muscular e o emprego de banho por chuveiro de água fria e a ventilação oferecem o bem estar às aves acarretando no controle do “PSE” (GUARNIERI et al., 2003; GUARNIERI, 2003).

A combinação do pH baixo e elevada temperatura da carne “PSE” causa a desnaturação das proteínas miofibrilares, onde essas carnes apresentam o pH muito próximo ao ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares. Neste pH, as proteínas, por terem cargas

positivas e negativas em igual quantidade, apresentam uma aproximação máxima dos filamentos grossos e finos, fazendo com que o espaço entre eles diminua ou mesmo desapareça, impossibilitando a ligação destas moléculas com a água, reduzindo sua estabilidade e capacidade de retenção de água. A água fora das células e a estrutura protéica extremamente fechada provocam reflexão da luz incidente tornando as carnes extremamente pálidas. Nestas carnes a água encontram-se pouco ligada às proteínas devido à desnaturação protéica, também se encontram as membranas celulares mais permeáveis, explicando assim a exsudação (MANTESE, 2002).

O “PSE” em carne de aves tem sido determinado por uma combinação das análises de pH, cor e algumas propriedades funcionais, onde a palidez da carne está diretamente relacionada com a desnaturação protéica, causada pelo baixo pH (SWATLAND, 1993).

Tem sido proposto por alguns pesquisadores a utilização de valores de L^* 24h *post mortem* (sistema CIELAB ou Hunter) para classificação de carnes de aves em “PSE” e normal, onde Barbut (1997) sugeriu valores de $L^* \geq 49$ para carnes de frango “PSE”. Qiao et al. (2001), Soares et al. (2002) e Oda et al. (2003) sugeriram para carnes de frango “PSE” valor de $L^* > 53,0$, para carnes de frango “DFD” valor de $L^* < 44,0$ e para carnes de frango normal valor de $L^* > 44,0$ e $< 53,0$.

2.3.2 “DFD” em aves

Outro desvio de qualidade, denominado “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca) também resultante das condições estressantes do manejo pré-abate. A diferença entre “PSE” e “DFD” é que o primeiro está associado ao estresse em um curto espaço de tempo, imediatamente antes do abate, enquanto que o “DFD” está intimamente ligado ao estresse de longo período antes do abate (HEDRICK et al., 1993; LAWRIE, 1998; OWENS; SAMS, 2000), sem que tenha ocorrido reposição de carboidratos no organismo. Na Figura 4 são apresentados os modelos de curvas glicolíticas que gerarão carnes “DFD”, normal e “PSE”.

Estresse prolongado, exercícios físicos, exaustão durante o transporte, falta de alimentação, comportamento agressivo ou medo, causam depleção do glicogênio. A falta de glicogênio muscular, no momento da morte do animal, impedirá a formação quantitativa proporcional de ácido láctico. Por conseguinte, o declínio do pH e a velocidade de instalação do *rigor mortis*, dar-se-ão de forma mais lenta do que o normal. O pH final da carne permanecerá relativamente elevado, em geral maior do que 6,0 ou até próximo aos valores fisiológicos (LAWRIE, 1998; SWATLAND, 1995; MILLER, 2002).

Este fenômeno causa o escurecimento da carne que, de acordo com Swatland (1995), devido ao pH elevado as proteínas miofibrilares apresentarem máxima capacidade de retenção de água, absorve mais luz do que o normal; firmes porque as fibras estão intumescidas pelo preenchimento com fluidos sarcoplasmáticos e, finalmente seca porque a água endógena da carne está firmemente ligada às proteínas, não a deixando fluir para a superfície (OLIVO, 2006). Em geral, a ocorrência do fenômeno “DFD” é um problema mais significativo na carne bovina, pois grande parte ainda é comercializada na forma fresca ou in natura e, desta forma, os cortes escuros não são atrativos aos consumidores, que os percebem como estando com a vida útil vencida (SWATLAND, 1995; LAWRIE, 1998).

Existe significativa e direta correlação entre peitos de frangos com cor mais escura e melhor propriedades funcionais, medidas pela capacidade de retenção de água e pela capacidade de emulsificação (QIAO et al., 2001). Peitos de frangos de cor pálida e escura podem ser usados como indicadores das propriedades funcionais; Mallia et al. (2000a) encontraram que peitos de frango com “DFD” apresentaram maior capacidade de retenção de água, menor perda no cozimento e maior força de gel.

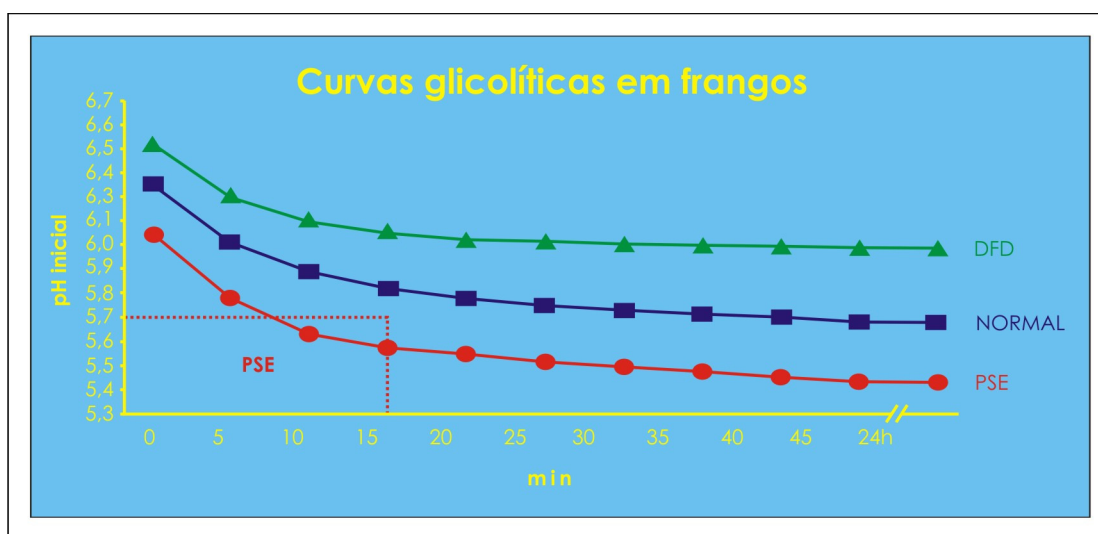


Figura 4. Curvas típicas de declínio do pH *post mortem* (glicólise) em intervalos de tempo, que gerarão carnes do tipo “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), normal e “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa).

Fonte: SCHNEIDER (2004).

2.4 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

As propriedades funcionais são características físico-químicas que caracterizam os alimentos e influenciam a utilização dos mesmos. Tem aplicações tecnológicas e influenciam

decisivamente nos aspectos econômicos dos produtos (OLIVO, 2002). No caso de carnes, as proteínas desempenham papel essencial na funcionalidade das mesmas quando do processamento. Assim, análises como cor, capacidade de retenção de água, gelificação protéica e a exsudação de gel medem direta e/ou indiretamente a eficiência da proteína, nos dois últimos casos em formar redes cuja função é criar uma estrutura tridimensional capaz, logo após o processamento térmico, de manter as características de textura do produto processado. Em geral, todas as propriedades funcionais sofrem influência das interações de proteínas com a água (ABERLE et al., 2001). Algumas destas propriedades são discutidas a seguir.

2.4.1 Cor em filés de peito de frango

A cor da carne é um importante atributo de qualidade, pois é um dos primeiros aspectos a serem avaliados pelos consumidores nas gôndolas dos supermercados. A sua avaliação é um indício de seu frescor e influencia diretamente o consumidor na decisão final de sua aquisição (FLETCHER et al. 2000; WILKINS et al., 2000; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002). Nas carnes destinadas ao processamento, a cor é um indicador de alteração das propriedades funcionais (QIAO et al., 2001).

Os tecidos musculares contêm vários compostos pigmentados. Os compostos pigmentados presentes em maiores quantidades são a mioglobina e a hemoglobina, proteínas do tecido muscular e sangue, respectivamente, que reversivelmente se ligam com o oxigênio (FOX, 1987). Outras proteínas pigmentadas tais como o citocromos, flavinas e catalases estão presentes somente em quantidades relativamente pequenas, e desta forma têm menores efeitos na cor do tecido muscular (LEDWARD, 1984).

A cor observada na superfície da carne é o resultado da absorção seletiva dos comprimentos de onda (*lambda*) da luz, pelos pigmentos naturais e pelas fibras cárneas. Depende de diversas condições internas e externas e principalmente da quantidade de pigmentos denominado heme (SWATLAND, 1993; CORNFORTH, 1994). Os pigmentos heme são três: mioglobina, hemoglobina e citocromo C. Berri et al. (2001) avaliaram os parâmetros de qualidade da carne (pH, cor e perda de exsudação) entre quatro linhagens (controle, experimental, comercial selecionada para maior peso corporal e para rendimento de peito), constataram que a seleção comercial e experimental reduziu o conteúdo de pigmentos heme, o que explicou porque a carne de peito de aves selecionadas foi mais pálida e menos vermelha.

Os pigmentos heme absorvem todas as faixas de cores, com exceção da faixa 630 a 780 nanômetros, correspondente ao vermelho. Esta faixa é então refletida aos nossos olhos, por esta razão enxergamos a cor das carnes como sendo vermelha. Quanto maior for a presença de pigmento heme, mais intensa será a tonalidade vermelha da carne (RANKEN, 2000). O pigmento heme é muito instável quimicamente, permite assim uma vasta possibilidade de tonalidades de cores nas carnes e em seus derivados (LAWRIE, 1998; OLIVO, 2006).

Os mesmos autores afirmam ainda que pequenas ou grandes mudanças químicas no pigmento heme, principalmente aquelas relacionadas com a desnaturação da proteína globular, fazem com que o mesmo altere a sua capacidade de absorver ou refletir o raio luminoso incidente na carne.

O músculo *Pectoralis major* (peito) é comumente utilizado como indicador de alterações de cor em aves. Isto porque esse músculo compreende uma porção representativa do peso inteiro da ave (aproximadamente 10%), bem como é o mais sensível aos fatores fisiológicos e bioquímicos que contribuem para a descoloração. Sua coloração, naturalmente mais clara, também faz com que pequenas alterações na cor tornem-se mais visíveis (NORTHCUTT, 1997; SAMS, 2001).

A cor da carne é largamente determinada pelos estados químicos e físicos do pigmento mioglobina do músculo que existe sob várias condições de estocagem, ou são produzidos pela cura e/ou aquecimento do produto, ou como um resultado de atividades microbianas (GILL; HOLLEY, 2007).

Um dos principais sistemas de mensuração da cor é o proposto pela CIE – “*Commission Internationale de l’Éclairage*” (do francês: Comissão Internacional de Iluminação/Cor), o qual transforma o espectro de reflectância ou transmitância do objeto, emitido nas cores primárias: vermelho, verde e azul, em variáveis x, y e z de um gráfico tridimensional (“espaço”) sempre positivo, em que qualquer cor pode ser localizada, mediante sua mensuração em colorímetros ou espectrofotômetros com ajustes padronizados na lâmpada do observador (MACDOUGALL, 1994).

Tal sistema, que originalmente permitia distorções da cromaticidade, teve introduzidas transformações lineares e não-lineares das variáveis, dando origem aos espaços aproximadamente uniformes de Hunter (1958) e os denominados CIELUV, recomendado para avaliar luzes com grande diferença de cor e CIELAB, recomendado para avaliar objetos com pequena diferença de cor (ROBERTSON, 1977). Nesses sistemas, as coordenadas x, y e z sofrem transformações quadráticas (no espaço Hunter) ou cúbicas (nos espaços CIELUV e

CIELAB), dando origem às variáveis L, a e b. Para distinguir as correções matemáticas adotadas nos espaços CIELUV e CIELAB, nota-se um asterisco à direita da variável (L^* , a^* e b^*). Conforme a Figura 5, o valor L^* situado no eixo vertical representa o máximo estímulo luminoso, seja de reflectância ou de transmitância; o valor de a^* , situado no eixo horizontal, mede a variação entre a cor vermelha à verde e o valor de b^* mede a variação entre o amarelo e o azul, ambos refletidos ou transmitidos pelo objeto. A razão a^*/b^* pode ser utilizada para estimar o teor de mioglobina em uma amostra (MACDOUGALL, 1994; OLIVO, 1999; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002).

O parâmetro de cor L^* tem sido utilizado para classificar as carnes de frango em pálidas ($L^* > 50,0$) e escuras ($L^* < 45,0$) (ALLEN et al., 1998) ou em pálida ($L^* > 53$), escura ($L^* < 44$) e normal ($44 < L^* < 53$) (QIAO et al., 2001). Uma ampla variedade de cor de filés de frango foi observada por Qiao et al. (2001), que sugeriram ainda o uso da cor como um critério para separar os filés com propriedades funcionais alteradas contribuindo assim, para uniformidade dos produtos. Da mesma forma, Allen et al. (1998) sugeriram que seria vantajoso para os processadores separar os filés de frango de acordo com sua cor antes do processamento.



Figura 5. Diagrama de Hunter. O valor L^* situado no eixo vertical representa o máximo estímulo luminoso (intervalo 0 a 100), seja de reflectância ou de transmitância; o valor de a^* (intervalo de $-a$ a $+a$), situado no eixo horizontal, mede a variação entre a cor vermelha à verde e o valor de b^* (intervalo de $-b$ a $+b$), mede a variação entre o amarelo e o azul, ambos refletidos ou transmitidos pelo objeto. Fonte: Olivo (2006).

As causas de variação de cor em filés de peito de frango não estão totalmente esclarecidas, porém as várias origens têm sido associadas provavelmente às conseqüências das condições de manejo pré-abate, tais como nutrição, transporte e bioquímica da carne *post mortem*. As classificações de filés de frango utilizando os extremos de coloração pálida e escura são melhor definidas, mas ainda existem outras categorias intermediárias não esclarecidas (WILKINS et al., 2000). Sendo assim, filés excessivamente pálidos estão

associados com a ocorrência da condição “PSE” (BARBUT, 1997) e filés excessivamente escuros estão associados com o “DFD” (MALLIA et al., 2000b), ambos refletem as diferentes propriedades funcionais dos filés, com base principalmente no pH final do músculo.

Nos frigoríficos há poucos dados com relação à variabilidade de cor em filés e no Brasil ainda não há dados sobre a variabilidade de cor de filés de frango (FLETCHER, 1999).

2.4.2 Capacidade de retenção de água

A água é o maior constituinte da carne e a habilidade da mesma em reter esta umidade é muito importante para a manutenção das propriedades funcionais. Quando a umidade é perdida, rendimento, maciez, textura, sabor e valores nutricionais são afetados negativamente. Assim a capacidade de retenção de água é considerada um indicador relevante como forma de prever o rendimento, o resultado econômico e a qualidade final de um produto (OLIVO, 2002).

É a água um dos componentes mais importantes da carne, não somente pelo seu elevado teor como também por uma série de propriedades funcionais de interesses higiênico-sanitário e tecnológico (PARDI et al., 2001).

Definem-se capacidade de retenção de água como sendo a capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento, trituração e prensagem (FORREST et al., 1979; ABERLE et al., 2001).

A capacidade de retenção de água pelo músculo decorre de sua influência no aspecto da carne antes do cozimento e no seu comportamento durante o processo de cocção, contribuindo para a textura, cor, consistência, suculência e maciez da carne cozida. É variável também a capacidade de retenção de água, dependendo de diversos fatores como a espécie animal, a idade e a função do músculo. A água se apresenta sob três formas conforme mostra a Figura 6: ligada, parcialmente ligada e livre (PARDI et al., 2001). Segundo os mesmos autores, o interesse na interação das mesmas com as proteínas se deve porque as proteínas constituem as principais substâncias captadoras de água dos organismos vivos, em especial as proteínas musculares.

A água representa de 65 a 80% do total da massa muscular e tem importante função celular, em geral, todas as propriedades funcionais são influenciadas por interações de proteínas com a água. Boa parte da água dentro das células está fortemente ligada a diversas proteínas, mas apregoa-se que aproximadamente 24% são retidas por forças capilares e podem exsudar sob pressão (OLIVO, 2006). Segundo o mesmo autor, se as proteínas não estão desnaturadas, elas continuam a ligar a água durante a conversão do músculo em carne e, por

extensão, durante as diversas fases do processamento, distribuição e cozimento. Assim, a habilidade de reter água é uma propriedade da carne essencialmente importante, principalmente sob o aspecto sensorial e econômico.

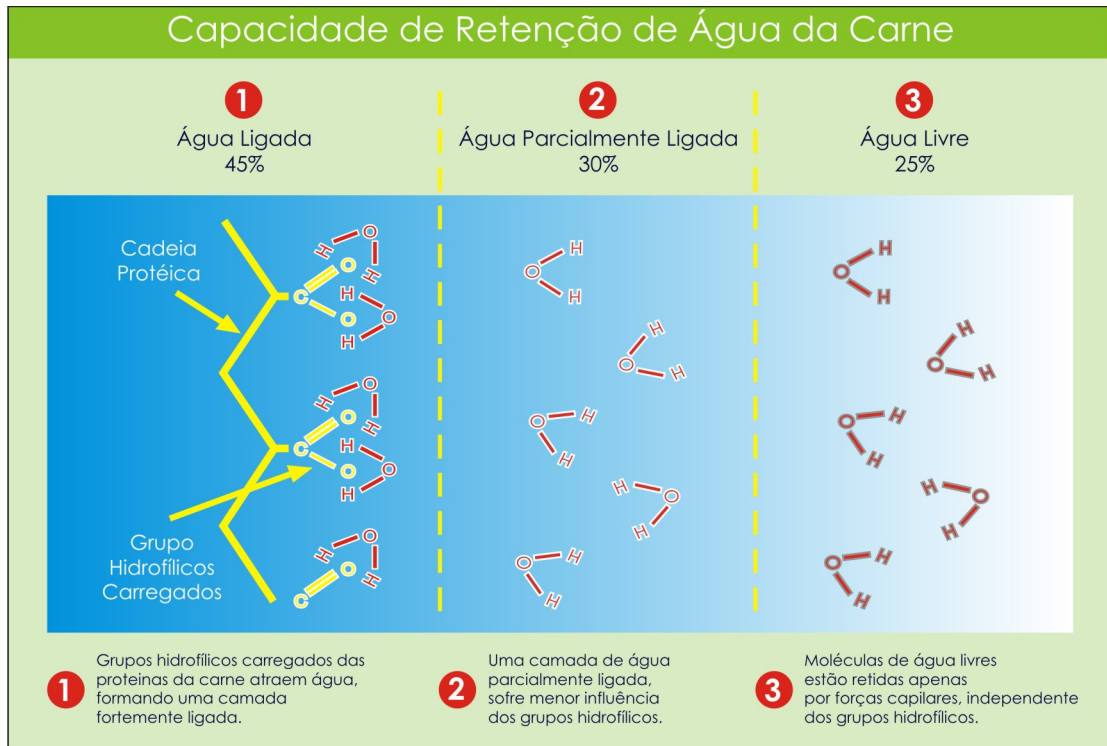


Figura 6. Disposição da umidade em termos de capacidade de retenção de água da carne. *Copyright:* Rubison Olivo, com permissão (OLIVO, 2006).

2.4.3 Gelificação protéica e exsudação de gel durante o cozimento

A gelificação protéica é uma importante propriedade dos sistemas alimentícios. O gel é uma malha de dimensões macroscópicas imersas em um meio líquido e que não exibe um escoamento estável (ZIEGLER; FOEGEDING, 1990).

Os géis proteicos viscoelásticos, resultado da gelificação protéica, melhora diferentes propriedades dos alimentos, como retenção de água e textura. A estrutura tridimensional dos géis proteicos imobiliza a umidade e evita a sua exsudação (HSIEH; ROGENSTEIN, 1992). Esta estabilidade depende das forças de atração e repulsão influenciadas pelo pH, concentração e tipo de sal (KERRY et al., 1999). O cloreto de sódio, comumente utilizado como ingrediente para extração de proteínas musculares, especialmente as miofibrilares, em baixos níveis estabiliza o sistema (BARBUT et al., 1996).

A gelificação das proteínas miofibrilares durante o processamento térmico é, em grande parte responsável pela estabilização física e química da água, da gordura e do

desenvolvimento das características de textura dos produtos cárneos formados e emulsionados (SMITH, 1989). As principais proteínas gelificantes em sistemas cárneos, são em ordem: miosina, actina e sarcoplasmáticas (ACTON et al., 1983).

Durante o cozimento de cortes cárneos, é comum a observação da exsudação de um gel de cor branca conforme Figura 7, observado em carnes brancas como peito de aves. Este gel é constituído de proteínas, principalmente sarcoplasmáticas. Em produtos industrializados, as proteínas formam uma malha interna que irá contribuir para a retenção de umidade e para a textura final do produto. A quantidade de exsudato deste gel é indicadora da falta de estabilidade do sistema; existindo correlação entre a migração do gel e a perda de umidade durante o cozimento (OLIVO; BARBUT, 2004).

Segundo os mesmos autores, uma maior perda de umidade durante o cozimento das carnes utilizadas em produtos pré-prontos, poderá comprometer as características nutricionais e sensoriais do produto final, principalmente quando do preparo pelo consumidor.

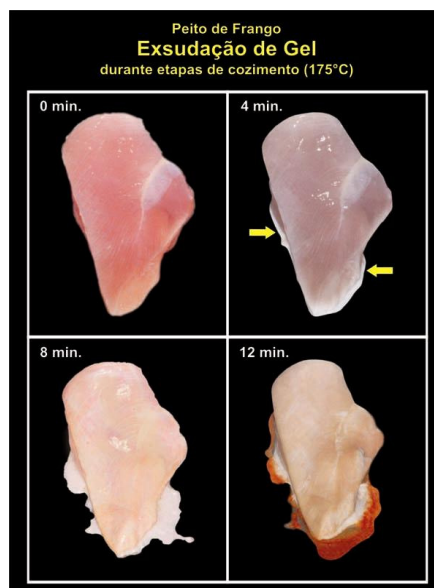


Figura 7. Exsudação de gel durante o cozimento de filés de peito de frango.
Fonte: OLIVO; BARBUT (2004) - Figura do arquivo pessoal do Prof. Dr. Rubison Olivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados para realização dos ensaios do presente trabalho estão resumidos na Figura 8.

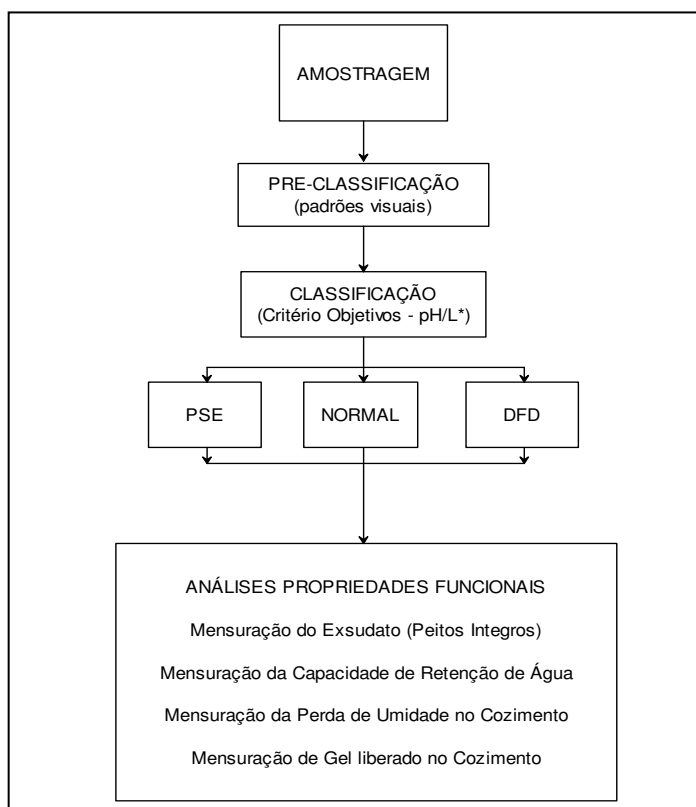


Figura 8. Fluxograma dos procedimentos adotados para realização dos ensaios funcionais em filés de peito de frango considerados normais, “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida macia, exsudativa) e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme, seca) das linhagens Cobb e Ross.

3.1 AMOSTRAGEM

As amostras de carcaças de frango utilizadas nesta pesquisa foram das linhagens Cobb e Ross com idade entre seis e sete semanas de vida e de peso vivo entre 2,0 a 2,2 kg. Foram

coletadas em matadouro-frigorífico comercial devidamente registrado no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e processadas conforme normas estabelecidas na Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998).

Portanto, 64 frangos foram sacrificados, submetidos aos processos industriais, como a insensibilização, sangria, escaldagem e depenagem, evisceração, pré-resfriamento, gotejamento e seção de cortes e desossa. Cada frango foi considerado uma unidade experimental, ou seja, 64 filés de peito de frango (*Pectoralis major*).

Os músculos *Pectoralis major* (peito), obtidos em linha de desossa, desprovidos de pele e osso, foram coletados 90 minutos *post mortem* e pré-classificados visualmente em “PSE”, normal e “DFD”, com base em padrão de cor adotado por Olivo (2002a) conforme apresentado na Figura 9. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica (Marte, AS-5500-C) e embaladas em sacos “nylon poli” e mantidos sob refrigeração a $3,0 \pm 2,0$ °C durante 24 horas. Após este período, as análises foram realizadas.

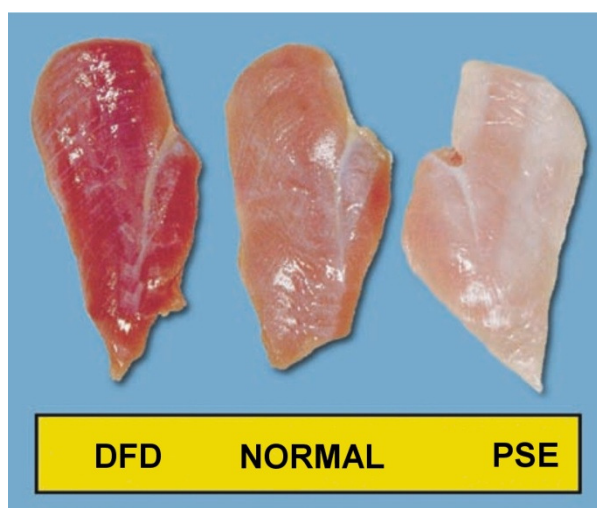


Figura 9. Padrão visual utilizado na fase de pré-seleção das amostras, caracterizando as carnes tipo “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca), normal e “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa).

Fonte: OLIVO (2002a).

3.2 CLASSIFICAÇÃO

Amostras de *Pectoralis major* (peito) coletadas sofreram análise de cor, registrando-se os valores de L* (luminosidade) pelo sistema CIE L*a*b*, com colorímetro Minolta (Mod. CR-10), na região crânio-ventral, conforme técnica adotada por Olivo et al. (2001b). Paralelamente, os valores de pH foram registrados pelo potenciômetro Metler-Toledo (Mod.

345), inserindo-se o eletrodo diretamente na carne, na região cranial-ventral do músculo, conforme procedimento adotado pelos mesmos autores. Os resultados das análises dos valores de luminosidade (L^*), conjuntamente com os valores de pH, classificaram as amostras em 17 filés “PSE”, 28 filés normal e 19 filés “DFD” de acordo os valores adotados por Qiao et al. (2001), Soares et al. (2002) e Oda et al. (2003) conforme consta na Tabela 2.

Tabela 2. Valor de L^* e pH do *Pectoralis major* característicos de carnes “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa), normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca) (QIAO et al., 2001; SOARES et al., 2002; ODA et al., 2003).

CLASSIFICAÇÃO	VALOR DE L^*	pH
“PSE”	> 53,0	5,5 – 5,7
NORMAL	44,0 a 53,0	5,7 – 6,0
“DFD”	< 44,0	6,0 – 6,5

3.3 MENSURAÇÃO DO EXSUDATO

Foi empregada a técnica descrita por Barbut e Olivo (2004). Para a mensuração do exsudato (%) foram utilizadas amostras dos grupos previamente classificados “PSE”, normal e “DFD”. As amostras íntegras de *Pectoralis major* (peito), previamente pesadas e acondicionadas em sacos plásticos “nylon-poli”, mantidas por 24h a $3,0 \pm 2,0$ °C, foram novamente pesadas e o valor de exsudato liberado calculado, conforme a fórmula:

$$\% \text{ Mensuração Exsudato} = [(Pf - Pi) - 1] \times 100, \text{ onde:}$$

Pf: peso do filé de peito 24h *post mortem*

Pi: peso do filé de frango 90 minutos *post mortem*

3.4 MENSURAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Foi empregada a técnica descrita por Barbut (1993). Uma fração do músculo *Pectoralis major* foi moído e misturado, sob agitação leve e constante por 2 minutos, na proporção de 20% de seu peso, à salmoura adicionada de tripolifostado de sódio resfriada a 5°C, cuja composição está apresentada na Tabela 03. O homogeneizado obtido foi mantido em

refrigerador tipo doméstico (Modelo Compacto 120, C&nsul) por 30 minutos a 5°C e posteriormente adicionado a tubos de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml e centrifugados (Modelo Multi-RF, IEC Thermo Electron Corporation) por 10 minutos a 11.000 G. O sobrenadante foi descartado e o material centrifugado foi pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa em porcentagem de água retida de acordo com a fórmula:

$$[(P_i - P_f) / P_i] \times 100, \text{ onde:}$$

P_i: peso inicial (carne + salmoura adicionada de tripolifosfato de sódio)

P_f: peso final (carne + restante da salmoura adicionada de tripolifosfato de sódio)

Tabela 3. Composição da salmoura adicionada de tripolifosfato de sódio.

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

3.5 MENSURAÇÃO DA PERDA DE UMIDADE NO COZIMENTO

Para a mensuração da perda de umidade no cozimento foi utilizada a técnica descrita por Olivo e Barbut (2004). Amostras íntegras de filé de peito (*Pectoralis major*), oriundas dos grupos “PSE”, normal e “DFD”, foram moídas e misturadas separadamente, sob agitação leve e constante por 2 minutos, na proporção de 20% de seu peso, à salmoura adicionada de tripolifosfato de sódio resfriada a 5°C, cuja composição está apresentada na tabela 03.

O homogeneizado obtido foi mantido em refrigerador (Modelo Compacto-120, C&nsul) por 30 minutos a 5°C e adicionado a tubos de polipropileno (Modelo 430291, Corning) com capacidade para 50 ml. Estes foram centrifugados (Modelo MultiRF, IEC Thermo Electron Corporation) a 1000 G por 5 segundos, como forma de retirar as eventuais bolhas existentes. Os tubos assim preparados foram fechados e levados ao cozimento em banho-maria (Modelo RM20, Lauda), seguindo os tempos e temperaturas, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Programa de cozimento utilizado em banho-maria.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
10	30
10	40
10	50
10	60
15	65
15	70
15	80

Ao atingirem, em seu centro geométrico a temperatura de 75°C, os tubos foram retirados do banho-maria e abertos. Seu eventual sobrenadante foi reservado em tubos de centrífuga de 15 ml. Os tubos com as amostras foram invertidos sobre papel absorvente e após 15 minutos, foram pesados. A perda de umidade no cozimento, expressa em porcentagem, foi calculada conforme a fórmula:

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

PUC: perda de umidade no cozimento (%)

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

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

3.6 MENSURAÇÃO DO GEL LIBERADO DURANTE O COZIMENTO

A quantificação de gel proteico foi realizada conforme técnica proposta por Olivo e Barbut (2004). O exsudato e as amostras cozidas obtidas na medida de perda de umidade no cozimento (item 3.5) foram mantidos em refrigeração por 12 horas a 3(±2)°C. Após este período, o gel proteico exsudado foi cuidadosamente raspado da superfície das amostras cozidas. O gel obtido foi adicionado ao exsudato contido em tubos de centrífuga de 15 ml com rosca e fundo cônico e todo o material foi centrifugado (Modelo MultiRF, IEC Thermo Electron Corporation) a 11.000 G por 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e o gel obtido foi quantificado. A porcentagem de gel proteico exsudado foi calculada considerando o peso inicial (não cozido) das amostras.

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CLASSIFICAÇÃO

Para efeitos de classificação, os resultados médios obtidos de L* (24h) e pH (24h) foram comparados aos padrões estabelecidos e estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados e desvio padrão realizados nos grupos de amostras caracterizados como “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa), normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca).

ANÁLISES	“PSE”	NORMAL	“DFD”
pH (24h)	5,67 ($\pm 0,07$) ^a	5,83 ($\pm 0,05$) ^b	6,04 ($\pm 0,09$) ^c
“Drip” (%) (24h)	5,94 ($\pm 0,89$) ^a	4,17 ($\pm 2,20$) ^b	2,26 ($\pm 1,63$) ^c
CRA (%)	78,83 ($\pm 6,12$) ^a	80,16 ($\pm 5,14$) ^a	93,00 ($\pm 4,97$) ^b
PUC (%)	26,60 ($\pm 3,35$) ^a	27,11 ($\pm 3,35$) ^a	24,81 ($\pm 1,63$) ^b
ECG (%)	2,62 ($\pm 0,95$) ^a	2,12 ($\pm 0,66$) ^a	1,13 ($\pm 0,44$) ^b
L* (24h)	53,31 ($\pm 1,89$) ^a	51,64 ($\pm 4,27$) ^a	47,06 ($\pm 3,98$) ^b

n=64 médias por linhas com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

“PSE” n=17; normal n=28 e “DFD” n=19

pH = potencial hidrogeniônico; “Drip” = exsudato; CRA = Capacidade de Retenção de Água; PUC = Perda de Umidade no Cozimento; “ECG” (do inglês Exudative Cooking Gel: gel liberado durante o cozimento); L* = Luminosidade pelo sistema CIE L* a* b*.

4.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

4.2.1 Mensuração do exsudato

Verifica-se que os valores obtidos são significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$), demonstrando haver uma influência dos fenômenos bioquímicos estudados em relação a perda de líquido do músculo *Pectoralis major*. Ao se observar os valores para cada grupo verifica-se

que os maiores valores de “drip” estão relacionados ao grupo “PSE”, enquanto os menores valores estão relacionados ao grupo “DFD”. Este fato é corroborado pelos dados encontrados por diversos autores (KIJOWSKI; NIEWIAROWICZ, 1978; OLIVO, 1999; OLIVO et al., 2001a; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002; ODA et al., 2003; SOARES et al., 2002; SCHNEIDER, 2004) em relação aos fenômenos “PSE” e “DFD”. Valores baixos de “drip” podem ser resultado de carnes com características “DFD”, o que pode ser observado pela sua típica característica de superfície seca (“dry”) e por valores elevados de pH. Ao relacionar-se os dados de pH e “drip” para o grupo classificado como “DFD”, pode-se observar que os valores de pH são, em média, de 6,04 ($\pm 0,09$) com valores de “drip” de 2,26 ($\pm 1,63$) %, o que mostra haver uma forte tendência de que as amostras no grupo estudado sejam “DFD”. Por outro lado, altos valores de “drip” podem ser indicativos de carnes com características “PSE”, com superfície úmida (“exsudative”) e baixos valores de pH. Tais características podem ser observadas no grupo “PSE”, com valores de pH, em média, 5,67 ($\pm 0,07$) e “drip” de 5,94 ($\pm 0,89$) %. A Figura 11 mostra as relações entre pH e “drip”, caracterizando os três grupos estudados.

As carnes características “PSE” e “DFD” têm grande impacto na indústria de processamento de carne de aves, uma vez que, ao analisar-se os valores de “drip” encontrados no grupo “PSE” estudado, verificou-se uma perda em torno de 30% de peso da carne se comparado com os valores de “drip” do grupo normal. Por outro lado, ao comparar-se os valores de “drip” do grupo normal com aqueles encontrados para o grupo “DFD”, notou-se um ganho de peso da carne em torno de 45%, mostrando que o fenômeno “DFD” parece ser mais vantajoso do ponto de vista de processamento de carne de aves.

4.2.2 Mensuração da capacidade de retenção de água

Pode-se verificar ainda, através dos dados da Tabela 5, que não existiram diferenças significativas entre os valores encontrados nos grupos “PSE” e normal. Somente o grupo “DFD” apresentou diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) em relação aos demais. Este fato ocorreu, provavelmente devido ao aumento da capacidade de retenção de água causada pelo fenômeno bioquímico do “DFD”, que gera pH alto, alterando a dinâmica dos sítios hidrofílicos das proteínas da carne, promovendo uma ligação mais forte da água endógena da carne (SWATLAND, 1995).

Correlacionando-se os resultados de capacidade de retenção de água e os resultados de perda de umidade no cozimento para o grupo “PSE”, verifica-se uma correlação estatisticamente significativa ($R = -0,69$ $p < 0,05$), mostrando que quanto menor o valor de perda

de umidade no cozimento maior será a capacidade de retenção de água (Figura 12). Tal relação complementar demonstra que quanto mais desnaturada estiver a carne em consequência das alterações de pH causadas pelo fenômeno do “PSE”, maiores serão suas perdas, pois proteínas com baixa capacidade de retenção de água (expressa antes da desnaturação causada pelo calor), gerarão produtos cozidos com altas perdas de umidade. De acordo com Aberle et al. (2001), a formação de ácido láctico e a queda resultante no pH no período *post mortem* são responsáveis pela redução geral dos grupos reativos nas proteínas disponíveis para retenção de água. Esta redução no número de grupos reativos ocorreu, provavelmente, devido ao pH aproximar-se do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares. Conseqüentemente, estes grupos tenderam-se a se ligar uns aos outros e apenas os não ligados estariam disponíveis para atrair a água.

4.2.3 Mensuração da perda de umidade no cozimento

Não foram observadas diferenças significativas entre os valores para os grupos “PSE” e normal, apenas para o grupo “DFD”. Este fato ocorreu, provavelmente, devido à natureza da carne “DFD”, conforme resultados similares encontrados por Schneider (2004). Ao correlacionar-se os valores de pH com os valores de perda de umidade no cozimento para o grupo “PSE”, notou-se uma tendência estatisticamente significante ($R=-0,59$ $p<0,05$) de maior perda de umidade no cozimento com a redução do pH. Tal fato caracteriza uma possível desnaturação protéica causada pela condição “PSE”, onde o baixo pH, associado às altas temperaturas nos primeiros 15 minutos *post mortem* causam severos danos às proteínas da carne, comprometendo sua funcionalidade (OLIVO, 1999; OLIVO et al., 2001b; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002). A Figura 13 mostra a correlação entre pH e perda de umidade no cozimento.

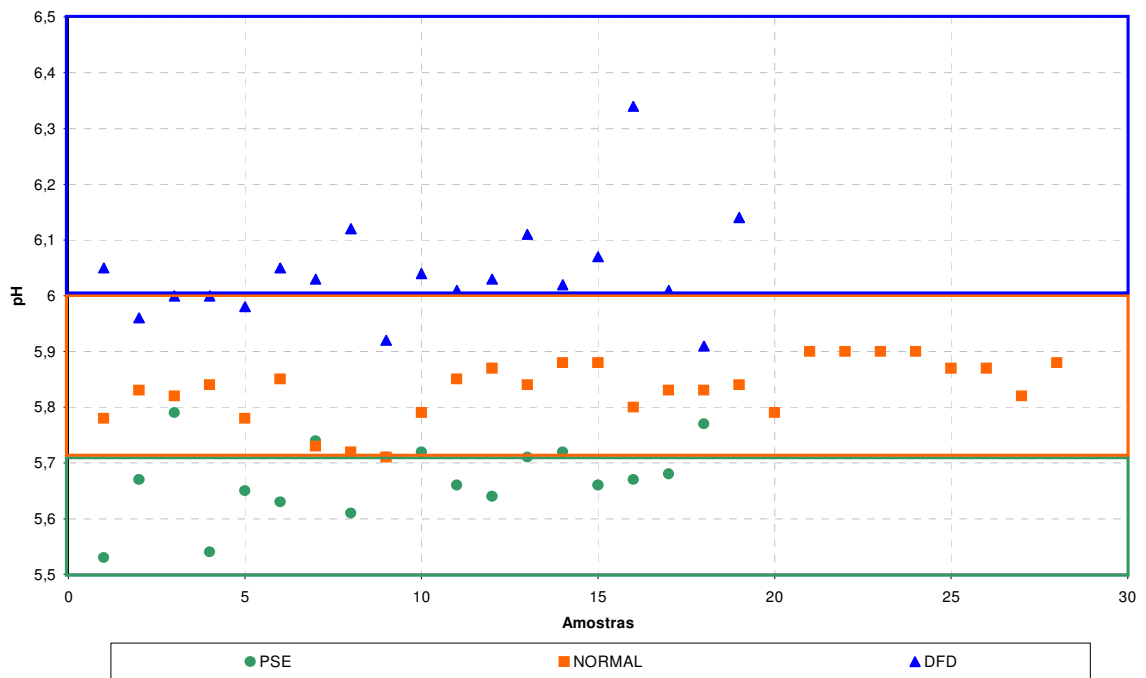


Figura 10. Comportamento do pH em relação aos grupos de amostras classificadas. As áreas em verde, vermelho e azul são as respectivas faixas de pH padronizadas para “PSE” (do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa), normal e “DFD” (do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca).

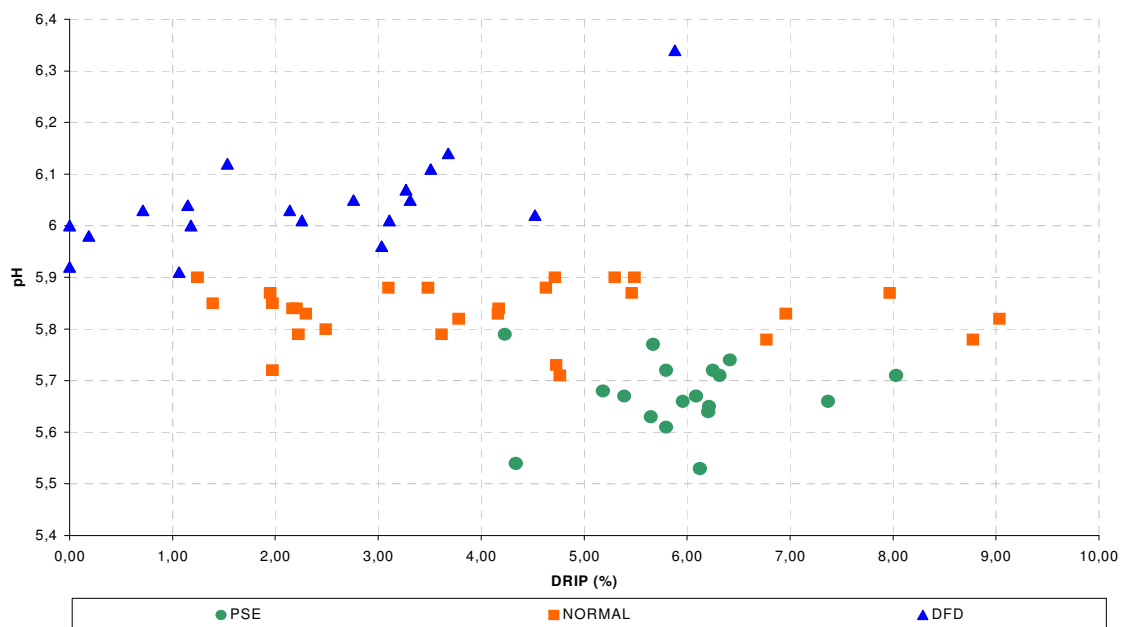


Figura 11. Relação entre “drip” (%) e pH para os grupos estudados, mostrando que valores mais baixos de pH apresentaram valores mais altos de “drip” (“PSE” do inglês pale, soft, exudative: pálida, macia, exsudativa) e valores mais baixos de “drip” apresentaram valores mais altos de pH (“DFD” do inglês dark, firm, dry: escura, firme e seca).

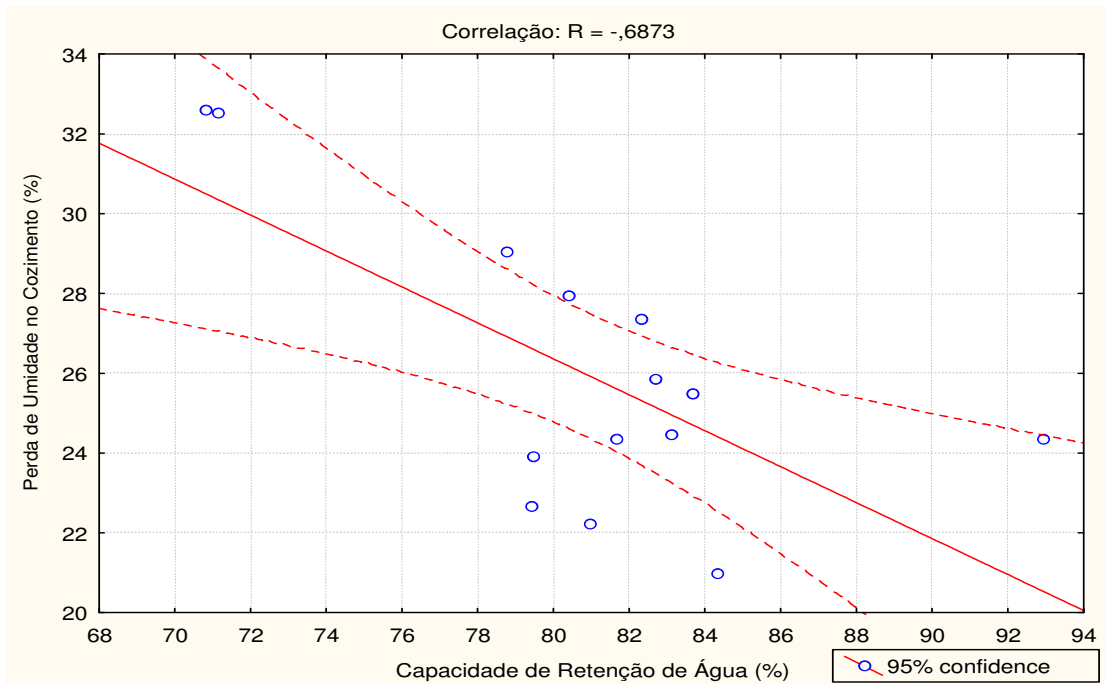


Figura 12. Correlação entre perda de umidade no cozimento (%) e capacidade de retenção de água (%). A linha vermelha indica a tendência de redução da perda de umidade no cozimento conforme ocorre o aumento da capacidade de retenção de água (STATSOFT, 2001).

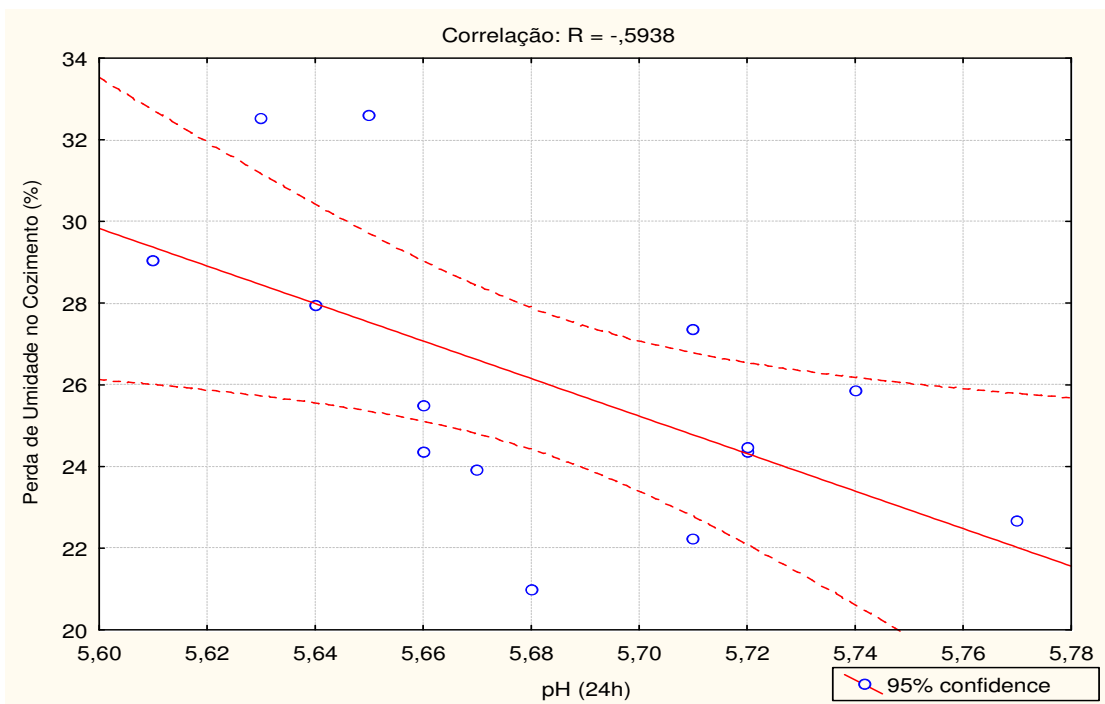


Figura 13. Correlação entre perda de umidade no cozimento (%) e pH (24h). A linha vermelha indica a tendência de redução da perda de umidade no cozimento conforme ocorre o aumento do pH (STATSOFT, 2001).

4.2.4 Mensuração do gel liberado durante o cozimento

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que não existiram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os grupos “PSE” e normal. Porém, apenas o grupo “DFD” apresenta-se estatisticamente diferente dos demais, apresentando o menor valor de gel liberado. Tal fato, como anteriormente discutido, se deve a natureza da carne “DFD”, que devido as alterações na conformação das proteínas apresenta maior estabilidade protéica.

Ao correlacionar-se os valores de capacidade de retenção de água e de gel liberado durante o cozimento para o grupo “PSE”, notou-se uma correlação estatisticamente significativa ($R = -0,86$ $p < 0,05$), mostrando que quanto menor for o gel liberado no cozimento maior é a capacidade de retenção de água (Figura 14). Outra correlação importante também encontrada no grupo “PSE” é a que relaciona os valores de perda de umidade no cozimento com os valores de gel exsudado ($R = 0,76$ $p < 0,05$), mostrando que quanto maior for o gel exsudado maior será a perda de umidade no cozimento (Figura 15). Ambas correlações são muito importantes, pois mostram o impacto da perda do gel durante o cozimento nas propriedades funcionais da carne de frango no Grupo “PSE”.

Conforme trabalho de Olivo e Barbut (2004), o ECG é um exsudato proteico normalmente encontrado em produtos cozidos processados e em músculos inteiros cozidos, como o *Pectoralis major* (peito). Ele representa a perda de importantes proteínas, entre elas as sarcoplasmáticas (FAROUK; SWAN, 1998). A presença em maior quantidade do “ECG” denotaria uma carne com menores propriedades funcionais, especialmente aquelas ligadas à textura, uma vez que sua ausência diminuiria a eficiência de proteínas estruturais como a miosina (MACFARLANE; SCHMIDT; TURNER, 1977). Olivo e Barbut (2004) demonstraram em seu trabalho com peitos de frango a existência de uma forte relação entre o “ECG” e a perda de umidade por cozimento, onde a redução do “ECG” melhora as características de textura do produto final.

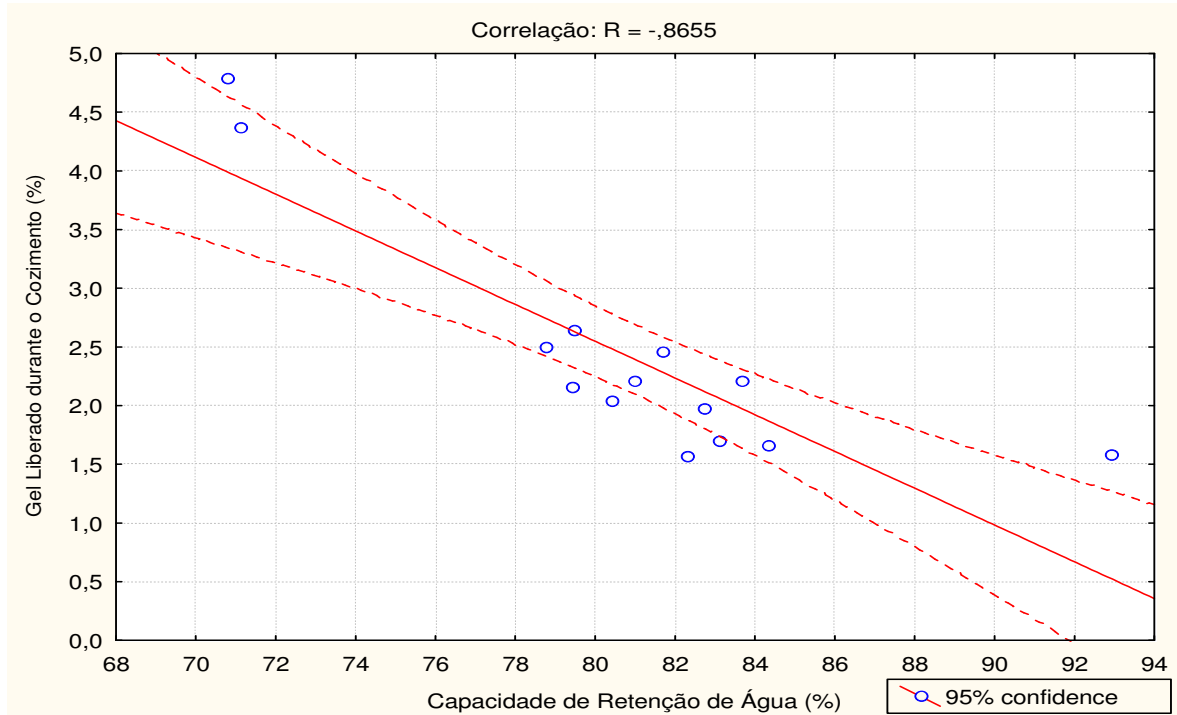


Figura 14. Correlação entre o gel liberado durante o cozimento (%) e capacidade de retenção de água (%). A linha vermelha indica a tendência de redução do gel Liberado durante o cozimento conforme ocorre o aumento da capacidade de retenção de água (STATSOFT, 2001).

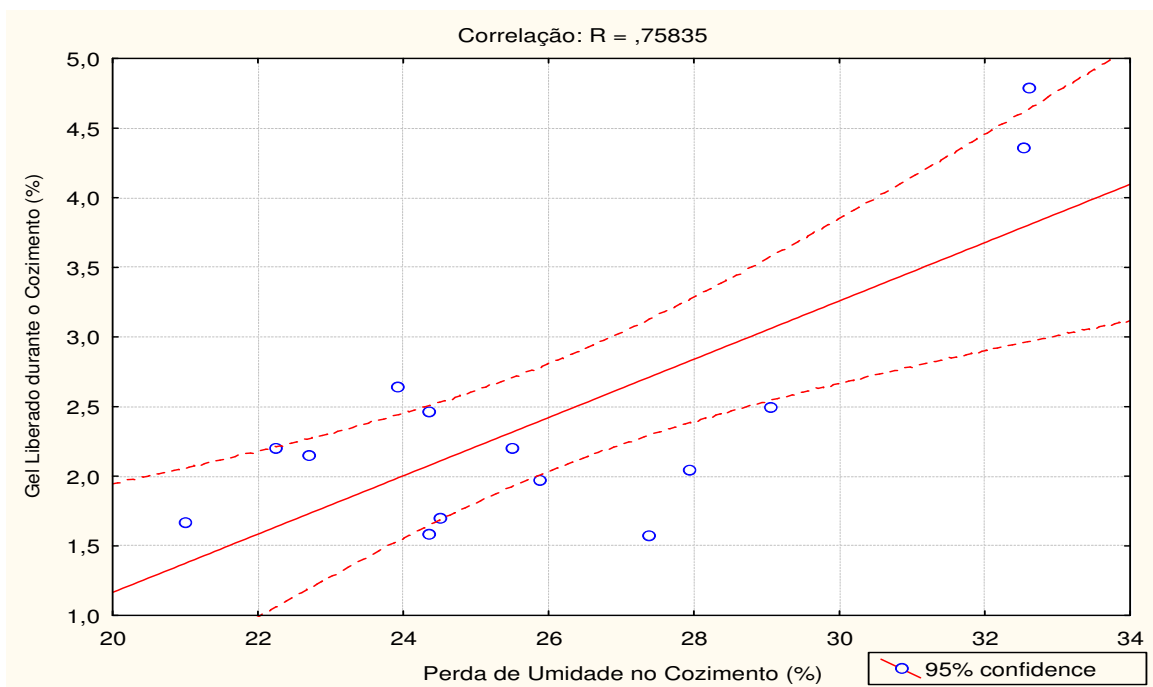


Figura 15. Correlação entre o gel liberado durante o cozimento (%) e a perda de umidade no cozimento (%). A linha vermelha indica a tendência do aumento do gel liberado durante o cozimento conforme ocorre o aumento da perda de umidade no cozimento (STATSOFT, 2001).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) o gel exsudado no cozimento (“ECG”) tem forte influência das propriedades funcionais na carne “PSE” de frango, onde, através da injúria causada nas miofibrilas pela desnaturação protéica, possibilitou a maior corrente de migração de água, levando juntamente proteínas sarcoplasmáticas que são solúveis em água.
- b) a carne de frango “PSE” apresenta as maiores e mais negativas alterações em relação às propriedades funcionais, e;
- c) a carne de frango “PSE” demanda maior preocupação em relação ao rendimento de produtos industrializados, necessitando assim, maior atenção por parte das granjas avícolas e matadouros em relação ao manejo de frangos pré-abate, podendo estes fatores externos alterar a qualidade da carne.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABEF - Associação Brasileira de Exportadores de Frango. Relatório ABEF, 2002. São Paulo: GabDesign, 2003. 48p.

ABEF - Associação Brasileira de Exportadores de Frango. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/noticias>>. Acesso em: 11 de junho de 2007.

ACTON, J.C.; ZIEGLER, G.R.; BURGE Jr. D.L. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. *Food Science. Nutrition.*, Fort Lauderdale, v.18, n.2, p.99-121, 1983.

AGE-MAPA. Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Mundial e Brasil – 2006/07 – 2016/17. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 29 de agosto de 2007.

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; RUSSELL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poultry Science*, Champaign: v.77, n.2, p.361-366, 1998.

ALMEIDA, I. C. L. ; MOREIRA, J ; MENDES, A.A.; GARCIA, R.G.; TAKITA, T.S.; GARCIA, E.A.Efeito do nível de lisina da dieta e do sexo sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas: v. 4, n. 1, p. 11-18, 2002.

AVICULTURA INDUSTRIAL. Característica de Qualidade da Carne de Aves. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?tipo_tabela=cet&id=12440&categoria=manejo>. Acesso em: 10 de julho de 2007a.

_____. Promovendo a Qualidade da Carne. Manejo pré-abate de aves e seus efeitos no bem-estar e qualidade da carcaça e carne. Parte 1 Transporte. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?tipo_tabela=cet&id=20842&categoria=processamento>. Acesso em: 10 de julho de 2007b.

_____. Promovendo a Qualidade da Carne. Manejo pré-abate de aves e seus efeitos no bem-estar e qualidade da carcaça e carne. Parte 2 Abate. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?tipo_tabela=cet&id=20932&categoria=processamento>. Acesso em: 10 de julho de 2007c.

_____. Carne PSE em Aves: Como Minimizar? Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?tipo_tabela=cet&id=22255&categoria=processamento>. Acesso em: 10 de julho de 2007d.

AVISITE. Brasil mantém liderança mundial na exportação de carne de frango, registrou novo (mas nada comemorável) recorde. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/noticias/maisnotss.asp?codnoticia=7532&codCategoria=&Mes=1&ano=2007>> Acesso em: 16 de janeiro de 2007a.

_____. Brasil mantém liderança mundial na exportação de carne de frango pelo terceiro ano consecutivo. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/noticias/maisnotss.asp?codnoticia=7532&codCategoria=&Mes=1&ano=2007>> Acesso em 19 de janeiro de 2007b.

BAKKEN, M.; VANGEN, O.; RAUW, W.M. Biological limits to selection and animal welfare. In: World Congress on Genetics applied to Livestock Production, Armidale 11-16 January 1998. Reproduction; Fish Breeding; Genetics and the environment. Proceedings. v.27, p.381-388, 1998.

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

BARBUT, S.; GORDON, A.; SMITH, A. Effect of cooking temperature on the microstructure of meat batters prepared with salt and phosphate. *Lebensm. -Wiss. U.-Technology.*, v.29, p.475-480, 1996.

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science*, Edingurgh: v.38, n.1, p.355-358, 1997.

BARBUT, S. Poultry products processing: an industry guide. Boca Raton: CRC Press, 2002, 548p.

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

BERRI, C.; WACRENIER, N.; MILLET, N.; LE BIHAN-DUVAL, E. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80:(7), p.833-838, 2001.

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

BRASIL. Portaria Nº 210, de 10 de novembro de 1998. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 10 de julho de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Regulamento Técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Instrução Normativa N.03, de 17 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 25 de junho de 2007.

CASTILLO, C.J.C. Pontos críticos no processo de abate de frangos. In: LEMOS, A.L. da S.C.; CASTILLO, C.J.C. Seminário e workshop: industrialização da carne de aves. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 11-19, 1997.

CONTRERAS, C.C.; BERAQUET, N.J. Electrical stunning, hot boning, and quality of chicken breast meat. *Poultry Science*, Savoy, v.80, p.501-507, 2001.

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

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*: v.59, n.3, p.401-404, 1979.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Suínos e Aves. Qualidade de carne de frangos: PSE, oxidação lipídica, cor e textura. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpqa.embrapa.br/cnpq/psgpa/002.html>>. Acesso em: 03 de julho de 2007.

FAROUK, M.M.; SWAN, J.E. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. *Meat Science*, v.49, n.2, p. 233-247, 1998.

FISCHER, K. Transport of slaughter animals. Effects, weaknesses, measures. *Fleisch wirtschaft*, v.76, n.5, p.521-526, 1996.

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

FLETCHER, D.L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. *Poultry Science*, Champaign: v.78, n.9, p.1323-1327, 1999.

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

FORREST, J.C. et al. Fundamentos de ciencia de la carne. Zaragoza: Acribia, 1979. Tradução de: Principles of meat science.

FOX, J.B.JR. The pigments of meat. In, *The Science of Meat and Meat Products*, 3rd edn, J>F. Price and B.S. Schweigert (eds). *Food and Nutrition Press*, Westport, CT, p. 193-216, 1987.

FRONING, G.W.; BABJI, A.S.Ç MATHER, F.B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Science*, Champaign: v. 57, n. 3, p. 630-633, 1978.

FRONING, G.W.; UIJTENBOOGAART, T.G. Effect of *post mortem* electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking loses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

GILL, C.O.; HOLLEY, R.A. Mecanismos de mudanças de cor em carnes frescas e processadas Traduzido por Eunice A. Yamada e revisado por Nelson J. Beraquet. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/1.doc>. Acesso em: 04 de abril de 2007.

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

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

GUARNIERI, P.D.; SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SCHNEIDER, J.; MACEDO, R.M.G.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) broiler breast meat commercial plant. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49, Campinas, 2003. *Proceedings*. Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes/ITAL, p.201, 2003.

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

GRAPH PAD. Versão 3.05 for Windows. San Diego: Graph Pad Software, 2000. Disponível em: <www.graphpad.com>. Acesso em: 20 jan 2006.

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

HSIEH, Y.L.; REGENSTEIN, J.M. Modeling protein gelation and application of entropy elasticity to understand protein gel properties. *J. Texture Stud.*, Trumbull, v.23, p.379-401, 1992.

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

KERRY, J.F., MORRISSEY, P.A., BUCKLEY, D.J. The reological properties of exudates from cured porcine muscle: effects of added carrageenans and whey protein concentrate/carrageenan blends. *Journal Science. Food Agriculture*, v.79, p.71-78, 1999.

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

KOMIYAMA, C. M.; MENDES, A.A.; TAKAHASHI, S.E.; MOREIRA, J.; GARCIA, R.G.; PAZ, I.C.L.A.; SOUZA, H.B.A.; LEONEL, F.R. Efeito do tempo de jejum e do banho de aspersão sobre as características de qualidade de carne de frangos de corte. In: Conferência

APINCO 2005 de Ciência e Tecnologia Avícola, 2005, Campinas : FACTA, p.173-173, 2005a.

LARA, J.A.F.; NEPOMUCENO, A.L.; LEDUR, M.C.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE em Frangos. Ocorrência de Mutações no Gene Receptor da Rianodina. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. n.5, p.112-112, 2003.

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

LAWRIE, R.A. *Lawrie's Meat Science*. 6.ed. Lancaster-Basel: Technomic, 1998. 336p.

LEDWARD, D.A. Haemoproteins in meat and meat products. In, *Developments in Food Proteins*, vol.3, B.J.F. Hudson (ed). Elsevier Applied Science, New York, p.33-68, 1984.

LEE, Y.B.; HARGUS, G.L.; HAGBER, E. Effect of *ante mortem* environmental temperatures on *post mortem* glycolysis and tenderness in excised broiler breast muscle. *Journal of Food Science*, v.41, n.4, p.1466-1499, 1976.

LEHNINGER, A.L. *Lehninger princípios de bioquímica* / Nelson, D.L., Cox, M.M., 3.ed., São Paulo: Sarvier, 975p., 2002.

LEMO, A.L. da S.C.; CASTILLO, C.J.C.; BERAQUET, N.J. Seminário e curso teórico-prático: agregando valor à carne de aves. Campinas: ITAL, 2000.

MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed., Funep: Jaboticabal-SP, 375p., 2002.

MACDOUGALL, D.B. Colour meat – its basis and importance. In Pearson, A.M.; DUTSON, T.R. (ed) – *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series*, Black Academic and Professional, v.9, p.34-78, 1994.

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

MALLIA, J.G.; BARBUT, S.; VAILLANCOURT, J.P.; MARTIN, S.W.; McEWEN, S.A. A dark, firm dry-like condition in turkeys condemned for cyanosis. *Poultry Science*, Champaign, v.79, n.2, p.281-285, 2000a.

- MALLIA, J.G.; BARBUT, S.; VAILLANCOURT, J.P.; MARTIN, S.W.; McEWEN, S.A. Roaster breast meat condemned for cyanosis a dark firm dry-like condition?. *Poultry Science*, Champaign, v.79, n.6, p.908-912, 2000b.
- MANTESE, F.G. Transformação do músculo em carne. Programa de pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/bioquimica/posgrad/BTA/carne>>. Acesso em 04 de agosto de 2007.
- MENDES, A.A., PAZ, I.C.L.A. Bem-estar animal. In: OLIVO, R. O mundo do frango. Criciúma: do Autor, 2006. Cap. 10, p.119-126.
- MILLER, R.K. Factors affecting the quality of raw material. In: KEERY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D., eds. *Meat processing: improving quality*. Cambridge: Woodhead, 2002. p.27-63.
- MONDELLI, G., VIDRIK, V.R., ROÇA, R.O. Importância do emprego das técnicas de abate humanitário para os consumidores de carne e frigoríficos. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, n.299, p.59-64, 2002.
- MOREIRA, J. Causas de ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. IV Seminário Internacional de Aves e Suínos (Avesui 2005), Florianópolis, 2005.
- NORTHCUTT, J.K. Factors affecting poultry meat quality. Bulletin of Cooperative Extension Service. The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences, Bulletin 1157, June, 1997. Disponível em: <<http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/b1157-w.html>>. Acesso em 28 de abril de 2006.
- ODA, S.H.I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M.L.; IDA, I.I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, n.321, p.30-34, 2003.
- OLIVO, R. *Carne PSE em aves*. São Paulo. 1999. 97p. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.
- OLIVO, R.; SOARES, A.L.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. *Journal of Food Biochemistry*., Trumbull, v.25, p. 271-283, 2001a.
- OLIVO, R.; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. *Revista Nacional da Carne*, São Paulo, v.25, n.289, p.44-49, 2001b.

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

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

OLIVO, R., BARBUT, S. Exudative cooked gel in chicken breast meat products. In: XIX Congresso de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA). Recife, p.89, 2004.

OLIVO, R. O mundo do frango. Criciúma: do Autor, 680 p, 2006.

OLIVO, R., SANTOS, M.N., FRANCO, F.O. Carne de frango e nutrição. In: OLIVO, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: do Autor, 2006. cap.55, p.655-663.

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 sex and various ages. V. Physical and chemical meat quality traits. *Archiv fuer Gefluegelkunde*. Stuttgart, v.54, n.1, p.20-28, 1990.

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

PARDI, M.C. et al. *Ciência, higiene e tecnologia da carne: Ciência e higiene da carne. Tecnologia da sua obtenção e transformação.* v.I. Goiânia. Editora UFG. 2001. 2ª edição revista e ampliada. 623p.

PAVAN, A.C.; MENDES, A.A.; ALMEIDA, I.C.L.; GARCIA, R.G.; TAKITA, T.S.; OLIVEIRA, E.G.; MOREIRA, J.; GARCIA, E.A. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne de peito de frangos de corte. In: Anais da 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba. FEALQ, 2001. v. 38. p. 886-887.

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

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

RIBEIRO, D.F. Influência do manejo do pré-abate e das operações de abate na qualidade e rendimento das carcaças. In: BERAQUET, N.J. *Industrialização da Carne de Frango*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.22-31, 1992.

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

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

SCHNEIDER, J.P. Carne DFD em frangos. São Paulo. 2004. 61p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

SCHNEIDER, J.P., FRANCO, F.O., OLIVO, R. Desenvolvimento de produtos. In: OLIVO, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: Pallotti, 2006. Cap. 27, 337 – 349.

SHEARD, P.R., TAYLOR, A.A., SAVAGE, A.W.J., ROBINSON, A.M., RICHARDSON, R.I., NUTE, G.R. Factors affecting the composition and amount of 'white exudate' from cooked bacon. *Meat Sci.*, 59, v.4, p.423-435, 2001.

SHIMOKOMAKI, M. Característica de qualidade da carne de aves. *Avicultura Industrial*, Ano 95, Ed.1126, n.8, p.26-28, 2004.

SHRIMPTON, D.H.; MILLER, W.S. Some causes of toughness in broilers. II. Effects of breed, management and sex. *Poultry Science*, v.1, p.111-116, 1960.

SMITH, D.M. Factores influencing texture formation in comminuted meats. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 41. Laramie, 1988. *Proceedins*. Chicago: National Stock and Meat Board, *American Meat Science Association*, 1989. p.48-52.

SOARES, A.; LARA, J.; IDA, E.I; GUARNIERI, P.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of brazilian broiler breast fillet. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, Rome, 2002. *Proceedings*. Parma: Università de Parma, 2002, v.2, p.540.

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

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

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

UBA - União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual 2006/2007. São Paulo: Charbel, 2007a. 80p.

UBA – União Brasileira de Avicultura. Disponível em: <http://www.uba.org.br/ubanews_files/dezembro%202006/exportacoes_carne_frango_ton.xls> Acesso em: 12 de junho de 2007b.

VALSECHI, O.A. Noções básicas de tecnologia de carnes. Araras, SP: UFSCAR, 2000. (Apostila).

VEGRO, C.L.R.; ROCHA, M.B. Expectativas Tecnológicas para o Segmento de Carnes de Aves e Suínos. *Informações Econômicas*, SP, v.37, n.5, p.15-27, 2007.

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

WILKINS, L.J.; BROWN, S.N.; PHILLIPS, A.J.; WARRISS, P.D. Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. *British Poultry Science*, Edinburgh, v.41, n.3, p.308-312, 2000.

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

WISMER-PEDERSEN, J.; BRISKEY, E.J. Rate of anaerobic glycolysis versus structure in pork muscle. *Nature*, London, v.189, p.318-320, 1961.

ZIEGLER, G.R.; FOEGEDING, E.A. The gelation of proteins. *Adv. Food Nutr. Res.*, San Diego, v.34, p.204-286, 1990.