

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NAS ETAPAS DE
INSENSIBILIZAÇÃO E PRÉ-RESFRIAMENTO NO ABATE
DE FRANGOS

Juliana Pampana Nicolau

Médica Veterinária

ARAÇATUBA – SP
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NAS ETAPAS DE
INSENSIBILIZAÇÃO E PRÉ-RESFRIAMENTO NO ABATE
DE FRANGOS**

Juliana Pampana Nicolau

Orientador: Prof. Dr. Marcos Franke Pinto

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

ARAÇATUBA – SP
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

N639v

Nicolau, Juliana Pampana.

Variáveis envolvidas nas etapas de insensibilização e pré-resfriamento no abate de frangos / Juliana Pampana Guariz Homem. - Araçatuba: [s.n.], 2012

69 f. : il. ; tab. + 1 CD-ROM

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba

Orientador: Prof. Dr. Marcos Franke Pinto

1. Frango de corte 2. Água – absorção – carne – frango de Corte 3. Carcaça – frango de corte – resfriamento 4. Dripping test 5. Carne – frango – qualidade 6. Sistemas de insensibilização elétrico e gasoso

CDD 636.5



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Variáveis envolvidas nas etapas de insensibilização e pré-resfriamento no abate de frangos.

AUTORA: JULIANA PAMPANA NICOLAU

ORIENTADOR: Dr. MARCOS FRANKE PINTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL (MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA E PRODUÇÃO ANIMAL) pela Comissão Examinadora:

Dra. MARIA LUIZA POIATTI

Dra. JACIRA DOS SANTOS ISEPON

Dr. MARCOS FRANKE PINTO

DATA DA REALIZAÇÃO: 11 de dezembro de 2012.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. MARCOS FRANKE PINTO
- Orientador -

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Juliana Pampana Nicolau – Nascida em Marília, Estado de São Paulo, em 08 de junho de 1982. Realizou o ensino fundamental em escolas públicas de Campo Grande-MS e Marília-SP e o ensino médio em escolas pública e particular de Marília-SP. Ingressou no curso de Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, em 2003 e formou-se no ano de 2007. Realizou estágio de iniciação científica junto à disciplina de Higiene, Inspeção e Produtos de Origem Animal, em 2006. Em 2007, realizou estágios curriculares em frigorífico de bovinos (antigo Bertin Ltda.) e na área de Inspeção Sanitária de Alimentos, junto ao Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública da UNESP, campus de Botucatu. Foi contratada pela empresa Bertin Ltda., em agosto de 2007, onde exerceu os cargos de Auditora Interna, Chefe de Controle de Qualidade e Consultora Interna, no período de agosto de 2007 a outubro de 2010. Fixou-se nas cidades de Lins-SP e Naviraí-MS, e auditou e auxiliou em auditorias externas as unidades da empresa nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Bahia, Pará, Rondônia e Acre. Pela empresa, obteve os treinamentos em Auditor Interno HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) e Auditor Interno da Norma ISO 22000. Na empresa, realizou treinamentos em HACCP, Boas Práticas de Fabricação, PPHO (Procedimento Padrão de Higiene Operacional) e Bem-estar Animal de Bovinos. Em 2011, ingressou na Pós-graduação em Ciência Animal, na UNESP – Campus de Araçatuba, na área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal, onde participou de cursos e organizações de eventos.

EPÍGRAFE

“... E o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida. [...] Aprende que as circunstâncias e os ambientes têm influência sobre nós, mas nós somos responsáveis por nós mesmos. Começa a aprender que não se deve comparar com os outros, mas com o melhor que pode ser. [...] E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”

William Shakespeare

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai e à minha mãe: exemplos de amor, chão firme em que posso andar com segurança.

À minha irmã e aos meus irmãos, cunhadas e cunhado: exemplos de fraternidade, mãos sempre unidas.

Às minhas sobrinhas e aos meus sobrinhos: jardim que traz mais beleza e alegrias à minha vida!

Meu amor por vocês é tão grande que não cabe na alma... transborda nos meus olhos e se estica nos meus sorrisos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e proteção.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Franke Pinto, pelo acolhimento, confiança e transmissão de conhecimentos, sempre regados com muito bom-humor e disposição.

À Prof^a Elisa Helena Giglio Ponsano, pela atenção de sempre, carinho, confiança e transmissão de conhecimentos.

Ao Prof. Manoel Garcia Neto, pela ajuda nas análises estatísticas e suas interpretações e pela confiança e julgamento do meu exame de Qualificação de Mestrado.

À Prof^a Sílvia Helena Venturoli Perri pela grande ajuda nas análises estatísticas e suas interpretações.

Ao Prof. Max José de Araújo Faria Júnior, pela confiança transmitida durante as organizações e eventos e julgamento do meu exame de Qualificação de Mestrado.

À minha amiga querida Thaís Mayara Menegheti, que me acolheu e me proporcionou o feliz convívio com ela e as queridas Juliana Stephani de Souza, Thainá Landin de Barros, Bárbara Giacomini Ferrari e Cynara Marlize Nascimento Angelucci Pacheco.

Ao meu querido amigo, Diogo Gaubeur de Camargo, pelas conversas e pelos descontraídos almoços, jantares, caldos de cana e sorvetes.

À Dona Marilza, que me abraçou como filha nesta cidade, dedicando tempo e carinho a mim e às minhas amigas.

À Christiane Canata Dèveze e Luciana Mena, exemplos de liderança, que sempre me mostraram que ser forte não significa perder a delicadeza.

Às minhas primas e amigas, pelo carinho, confiança, incentivo e amizade, Lídia Pampana Basoli, Laura Pampana Basoli, Anili Serapilha Mancuzo, Isabella Serapilha Nicolau, Camila da Silva Frade, Suelen Frigo de Araújo, Thaísa Cestari, Fernanda Maira Augusto, Cybele Navas Queiroz, Fernanda Ribeiro da Silva, Tatiani Luz Camargo, Léa Alessandra Gomes Ribeiro e Ana Cristina T. Mendonça. Mesmo distante, vocês estiveram muito presentes.

A todas as pessoas que, de alguma forma, alegraram minha vida nessa etapa.

Às funcionárias da biblioteca da FMVA, Isabel Pereira de Matos, Fátima Maria Metello Bertolucci e Alexandra Bento e à Michele L. Leite Bispo, da Netcop.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudo concedida durante um ano.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Araçatuba, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO.....	
LISTA DE ABREVIATURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
RESUMO.....	
SUMMARY.....	
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	18
Participação do Brasil no mercado mundial de carne de frango.....	18
Insensibilização e morte de frangos antes da sangria.....	19
Excesso de água em carne de frango.....	21
Referências.....	24
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE INSENSIBILIZADOS OU MORTOS COM A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ELÉTRICO E DE EXPOSIÇÃO AO CO ₂	26
Resumo.....	26
Palavras-Chave.....	26
Summary.....	27
Keywords.....	27
Introdução.....	28
Material e Método.....	29
Eletronarcose (insensibilização por eletricidade).....	30
Eletrocussão (morte por eletricidade).....	30
Insensibilização por exposição ao CO ₂	30
Morte por exposição ao CO ₂	31
Avaliação do comportamento das aves expostas ao CO ₂	31
Determinação da perda de peso na sangria das aves.....	31
Determinação de pH da carne.....	31
Determinação da cor da carne.....	32

Análises estatísticas.....	32
Resultados e Discussão.....	32
Conclusão.....	38
Referências.....	38
CAPÍTULO 3 – FATORES INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS QUE	
AFETAM A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS DE FRANGOS	
DE CORTE.....	41
Resumo.....	41
Palavras-Chave.....	41
Summary.....	42
Keywords.....	42
Introdução.....	43
Material e Método.....	44
Determinação de pH e temperatura da carne.....	45
Método de Controle Interno.....	45
Método do “Dripping test”.....	46
Capacidade de retenção de água (CRA) da carne.....	47
Determinação da cor da carne.....	47
Perda de peso no cozimento da carne.....	48
Avaliação da textura da carne de peito cozida.....	48
Análises estatísticas.....	48
Resultados e Discussão.....	49
Correlação linear de Pearson.....	49
Temperatura x pH muscular antes do pré-resfriamento das	
carçaças.....	50
Idade das aves x Temperatura das carçaças antes do pré-	
resfriamento.....	51
Água absorvida pelas carçaças durante o pré-resfriamento	
(MCI) x Líquido perdido pelo degelo das carçaças (“Dripping	
test”).....	52

Líquido perdido pelo degelo das carcaças (“Dripping test”) x L^* na carne de peito.....	52
L^* na carne de coxa x a^* na carne de coxa; L^* na carne de peito x a^* na carne de peito.....	53
a^* na carne de peito x b^* na carne de peito.....	53
L^* na carne de coxa x L^* na carne de peito; a^* na carne de coxa x a^* na carne de peito; b^* na carne de coxa x b^* na carne de peito.....	54
Idade das aves x Líquido perdido pelo degelo das carcaças (“Dripping test”).....	54
Temperatura da água de pré-resfriamento x Água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento (MCI).....	55
Perda de peso no cozimento x Textura (força de cisalhamento).....	55
Análise de variância.....	56
Temperatura da água do pré-resfriamento x Água absorvida.....	59
Borbulhamento x b^* na coxa.....	64
Conclusão.....	65
Referências.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

ADP: Adenosina Difosfato

ANOVA: Análise de Variância

ATP: Adenosina Trifosfato

CO₂: gás carbônico

CP: Fosfocreatina

CRA: Capacidade de Retenção de Água

DFD: Dry, Firm, Dark

DIPOA: Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal

FMVA: Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEC: Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MCI: Método do Controle Interno

MPF: Ministério Público Federal

PPCAAP: Programa de Prevenção e Controle de Adição de Água aos Produtos

TBA: Ácido Tiobarbitúrico

UBABEF: União Brasileira de Avicultura

UNESP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

USDA: United States Department of Agriculture

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo 2	
Tabela 1 Perda de peso na sangria e propriedades da carne de peito e de coxa das aves, em função do método e do procedimento anterior à sangria.....	34
Tabela 2 Desdobramento da interação fatorial dos parâmetros perda de peso da ave na sangria, pH da carne de coxa e a^* da carne de peito de acordo com os sistemas e procedimentos aplicados.....	35
Tabela 3 Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros de carne de peito.....	36
Tabela 4 Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros da carne de coxa.....	36
Capítulo 3	
Tabela 1 Correlação linear de Pearson entre os parâmetros avaliados em carne de peito e coxa de frango.....	50
Tabela 2 Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros avaliados em carne de peito e coxa de frango, no nível de significância de 10%.....	54
Tabela 3 Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis físicas.....	56
Tabela 4 Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis de cor.....	57

Tabela 5	Desdobramento da interação fatorial entre borbulhamento e dureza da água com a variável Água absorvida (%).....	57
Tabela 6	Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis físicas.....	58
Tabela 7	Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis de cor.....	59
Tabela 8	Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade para as variáveis físicas.....	60
Tabela 9	Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade para as variáveis de cor.....	60
Tabela 10	Desdobramento da interação fatorial entre temperatura e dureza da água do pré-resfriamento com a variável <i>b</i> * coxa.....	63
Tabela 11	Desdobramento da interação fatorial entre temperatura e borbulhamento da água do pré-resfriamento com a variável <i>L</i> * peito.....	63

Tabela 12	Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis físicas.....	64
Tabela 13	Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis de cor.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo 1	
Figura 1 Linha de pendura, dotada de ganchos e eletrodo e cuba para imersão das cabeças das aves, com eletrodo.....	20
Capítulo 2	
Figura 1 Tipo de reação das aves, em porcentagem, diante da exposição ao CO ₂	37
Capítulo 3	
Figura 1 Efeito do pH na quantidade de água imobilizada da carne presente na água, devido seu impacto na distribuição dos grupos carregados dos miofilamentos e na quantidade de espaços entre eles.....	62

VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NAS ETAPAS DE INSENSIBILIZAÇÃO E PRÉ-RESFRIAMENTO NO ABATE DE FRANGOS

RESUMO – O Brasil ocupa lugar de destaque no mercado mundial de carne de frango, o que exige uma constante busca pela padronização e aprimoramento da qualidade. O presente experimento objetivou estudar duas etapas relevantes à qualidade: insensibilização das aves antes da sangria e pré-resfriamento das carcaças. Na etapa de insensibilização, foram utilizados os métodos elétrico e de exposição ao CO₂, para insensibilizar ou matar as aves, avaliando-se o comportamento das aves expostas à atmosfera modificada e as características da carne. Como resultados, as aves expostas ao CO₂ apresentaram reações de desconforto, com ampla variação na intensidade dessas reações e no tempo necessário para insensibilizar ou matar as aves. Não foram observadas diferenças marcantes nas características da carne, associadas aos diferentes tratamentos utilizados. Para a avaliação da absorção de água em carne de frango, foram avaliados fatores intrínsecos e extrínsecos que poderiam afetar a absorção. O Método do Controle Interno e o “Dripping test” foram utilizados para avaliar a porcentagem de água absorvida pelas carcaças durante esta etapa. Como resultados, observou-se que a temperatura da água de pré-resfriamento mais elevada aumenta a quantidade de água absorvida. Os experimentos concluíram que: a) há necessidade de padronização e monitoramento dos parâmetros elétricos do equipamento de atordoamento e do treinamento dos operadores; b) se os parâmetros legais pertinentes à etapa de pré-resfriamento de carcaças por imersão em água forem seguidos, a absorção de água em carne de frango não excede o limite estabelecido pela legislação.

Palavras-Chave: frango de corte, água – absorção – carne – frango de corte, carcaça – frango de corte – resfriamento, “dripping test”, carne – frango – qualidade, sistemas de insensibilização elétrico e gasoso.

VARIABLES INVOLVED IN STAGES STUNNING AND PRE-COOLING IN BROILERS SLAUGHTER

SUMMARY – Brazil occupies a prominent place in the global chicken meat market, which requires a constant quest for standardization and quality improvement. This experiment aimed to study two important steps to quality: stunning poultry before the bleeding and pre-cooling carcass. In the stage of stunning, have been used the methods electric and of exposure to CO₂, to stun or kill broilers, evaluating the behavior of birds exposed to modified atmosphere and meat characteristics. As a result, birds exposed to CO₂ had reactions of discomfort, with wide variation in the intensity of these reactions and the time needed to stun or kill birds. There were no significant differences in the characteristics of meat, associated with different treatments. For the evaluation of water absorption in chicken meat was evaluated intrinsic and extrinsic factors that could affect absorption. The Internal Control Method and the "Dripping test" were used to evaluate the percentage of water absorbed by the carcasses during this step. The results presented that water temperature pre-cooling hotter increases the amount of water absorbed. The experiments concluded that: a) there is need for standardization and monitoring of electrical parameters of the stunning equipment and operator training, b) if the legal parameters pertinent to the stage of pre-cooling of carcasses by immersion in water have been satisfied, the water absorption in chicken meat does not exceed the limit established by law.

Keywords: broiler, water – absorption – meat – broiler, carcass – broiler – cooling, dripping test, meat – broiler – quality, electrical stunning systems and gaseous.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Participação do Brasil no mercado mundial de carne de frango

Nos últimos anos, o Brasil vem se firmando como grande produtor e exportador de carne bovina, suína e de aves, tornando-se um forte competidor no mercado mundial. A diversidade da cadeia de produção de carne no Brasil traz vantagens na disputa pelo mercado internacional, pela facilidade de adequação às demandas dos países importadores. As adequações às normas e exigências estrangeiras estão fortemente ligadas à qualidade do produto a ser exportado. Nesse âmbito, sendo *qualidade* um conceito abrangente e variável, mas que denota superioridade e excelência de um produto, o Brasil mostra seu valor e sua competência para aumentar suas exportações. Segundo o relatório “Livestock and Poultry: World Markets and Trade”, do “United States Department of Agriculture” (USDA), de outubro de 2012, o aumento da renda da população, a expansão da classe média e a forte demanda por proteína animal têm impulsionado a produção de carne de frango de países como a China, Índia e Brasil, que, combinados, representam 85% do crescimento previsto na produção mundial desse produto para 2013. Segundo o mesmo relatório, há previsão de aumento da produção de carne de frango em 2% para o Brasil, chegando a 13 milhões de toneladas, estando esse aumento de produção apoiado na abundância de suprimentos para a alimentação animal. Em 2012, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de carne de frango, ficando atrás apenas da China. O relatório também mostra a liderança do Brasil em exportações de carne de frango em 2012 e prevê um crescimento de 3%, alcançando 3,6 milhões de toneladas, impulsionado pelo Leste Asiático (China e Hong Kong) e Oriente Médio (Iraque e Egito). Os ganhos com o Oriente Médio são apoiados pela capacidade do Brasil em exportar aves inteiras e com certificado Halal dos produtos, fornecendo vantagens comparativas.

Dessa forma, sendo o Brasil um grande produtor e exportador de carne de frango, e previsto o aumento da produção e da exportação, há de se reafirmar constantemente a qualidade do produto nacional e garantir a integridade financeira dos consumidores desses produtos. Assim, faz-se presente a atenção ao bem-estar animal, assunto fortemente discutido e abordado no comércio de carnes, e a atenção ao excesso de água na carne, assunto que se tornou alvo de fiscalizações em indústrias produtoras de carne de frango no país.

Insensibilização e morte de frangos antes da sangria

Segundo Broom (1986), citado por Ludtke et al. (2010), o bem-estar animal pode ser definido, como “o estado de um indivíduo, durante suas tentativas de se ajustar ao ambiente”.

Tratando-se de abate de aves, é notório o desconforto das mesmas ao serem colocadas na linha de pendura. De acordo com Ludtke et al. (2010), quando as aves são penduradas nos ganchos, ao abate, existem vários fatores que podem causar dor e diestresse (estresse negativo, intenso, ao qual a ave não consegue se adaptar, tornando-se causa de sofrimento), tais como: a) dor nas pernas ou canelas (osso tarsometatarso), devido à compressão na região em contato com o gancho, principalmente em aves maiores; b) medo, associado ao fato de estarem de ponta-cabeça (invertidas) e em ambiente estranho; c) dor e lesões provocadas pelo bater de asas, sendo um reflexo de comportamento de fuga (sobrevivência). Esses fatores são inter-relacionados. A compressão das pernas nos ganchos causa sensação de dor, pelo estímulo dos receptores locais de dor (nociceptores), principalmente em aves maiores, que, somada ao desconforto provocado pelo posicionamento invertido, pode provocar batimento de asas e proporcionar diestresse, sofrimento e lesões. Para um processo adequado, o tempo entre a pendura e a insensibilização deve ser o menor possível. Segundo Ludtke et al. (2010), recomenda-se o tempo mínimo de 12 segundos e máximo de 1 minuto.

Outro fator importante a ser observado como possível causador de sofrimento às aves, caso não seja rigorosamente controlado, é o método de insensibilização utilizado no Brasil – a insensibilização em cuba com água eletrificada. Este método consiste de uma cuba com eletrodo em sua base, preenchida com água, e provida de uma rampa anterior, onde as aves deslizam a cabeça relaxada até chegarem à cuba, imergindo a cabeça e recebendo o choque para promover sua insensibilização antes da etapa de sangria. Há outro eletrodo, na linha de pendura, em contato com os ganchos, para promover melhor passagem de corrente elétrica pela ave. A FIGURA 1 apresenta a linha de pendura e a cuba de imersão do abatedouro experimental da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – FMVA/UNESP.



FIGURA 1 – Linha de pendura e cuba de imersão do abatedouro experimental da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – FMVA/UNESP.

Além da dor e diestresse causados pela pendura, este método de insensibilização por eletricidade (eletronarcole) apresenta algumas dificuldades, como a diferença de tamanho das aves e a ocorrência de pré-choques. Em relação ao tamanho das aves, observa-se que aves menores, por exemplo, não têm suas cabeças imergidas suficientemente para receber a corrente elétrica adequada. Já o pré-choque ocorre quando as aves fazem

contato com a água eletrificada antes de serem insensibilizadas na cuba. Fatores como água transbordando na rampa de entrada e baixa velocidade da linha, fazendo com que as asas toquem na água antes da imersão da cabeça, podem ocasionar o pré-choque (LUDTKE et al., 2010). Ao receber o pré-choque, a ave tende a retrair o pescoço, encolhendo a cabeça e, assim, não recebendo a eletricidade para sua insensibilização. Com isso, essa ave pode chegar consciente à etapa de sangria, contrariando todos os conceitos e exigências legais relativos ao abate humanitário. Segundo Ludtke et al. (2010), a eletronarcole produz um estado de inconsciência por um período relativamente curto, visto que a ave poderá recuperar-se desse processo caso não seja sangrada imediatamente. Uma alternativa ainda não prevista pela legislação brasileira é a eletrocussão, ou a morte da ave por eletricidade. Esse processo promove a inconsciência da ave seguida de morte por fibrilação ventricular, sendo, portanto, um método irreversível se aplicado corretamente, proporcionando maior segurança na prevenção do sofrimento da ave. Como a maioria das aves sai morta da cuba, há grandes vantagens para o bem-estar animal, já que a ave não corre o risco de recuperar a consciência. Mesmo havendo a possibilidade de algumas aves não morrerem, a possibilidade de alguma ave continuar consciente após o estímulo elétrico é bastante reduzida.

Conhecidos os problemas decorrentes das etapas de pendura e insensibilização de aves, este trabalho objetivou avaliar métodos que poderiam diminuir o sofrimento nestas etapas. Desta forma, este trabalho avaliou os métodos de insensibilização e de morte, por exposição das aves ao CO₂ em câmara de gás e pelo sistema elétrico.

Excesso de água em carne de frango

O excesso de água na carne de frango vem sendo fiscalizado por órgãos federais como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério Público Federal (MPF), Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), além de órgãos estaduais e regionais.

No Brasil, o sistema utilizado para o pré-resfriamento de carcaças de frangos, antes da embalagem, é o método por imersão em água. Pela legislação brasileira (BRASIL, 1998), a temperatura da água residente, medida nos pontos de entrada e saída das carcaças do sistema de pré-resfriamento por imersão, não deve ser superior a 16°C e 4°C, respectivamente, no primeiro e último estágio, observando-se o tempo máximo de permanência das carcaças no primeiro estágio, de trinta minutos. A temperatura das carcaças, no final do processo de pré-resfriamento, deve ser igual ou inferior a 7°C, tolerando-se a temperatura de 10°C, para as carcaças destinadas ao congelamento imediato. Para determinar a quantidade de água resultante do descongelamento de carcaças congeladas, o MAPA instituiu, pela Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, o Método do Gotejamento (“Dripping test”). Se a quantidade de água resultante, expressa em percentagem do peso da carcaça, com todos os miúdos e partes comestíveis na embalagem, ultrapassar o valor limite de 6%, considera-se que houve excesso de água absorvida durante o pré-resfriamento por imersão em água (BRASIL, 1998).

O relatório do IDEC, de 2004, intitulado “Teste Comparativo Frangos Congelados”, cita Souza et al. (2000) que, após aplicarem a metodologia para “Dripping test” em frangos coletados no comércio, verificaram que 82,4% deles apresentavam água acima do limite estabelecido pela legislação (6%) e, cita também Pasqualetto et al. (2001), que analisaram 84 amostras coletadas nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e no Distrito Federal, e verificaram que 78,57% encontravam-se fora dos limites estabelecidos, isto é, acima dos 6% definidos pela legislação. Segundo o IDEC (2004), essa situação era conhecida pelo MAPA, que em 2003, através do DIPOA (Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal) constatou que o teor de água de 48 amostras (32%) estava acima do estabelecido pela legislação vigente (6%), o que é bastante preocupante sob o ponto de vista econômico para os consumidores, já que as marcas que apresentaram o problema continham até 23% de água, isto é, quase quatro vezes mais que o percentual permitido. Estudo realizado pelo próprio IDEC (2004) revelou que de oito marcas

analisadas, apenas uma apresentou resultado dentro do limite estabelecido na legislação vigente, de 6% de água. As demais apresentaram resultados acima do limite legal estabelecido, alcançando até 11,9% de água absorvida. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2008), que, analisando doze amostras, constataram que oito apresentavam-se fora do limite estabelecido, alcançando até 14,5%. Como informado pelo MAPA, o excesso de água não interfere na qualidade do produto, contudo lesa o consumidor, que acaba comprando água a preço de frango (IDEC, 2004).

Mesmo com a verificação do “Dripping test” pelo Serviço de Inspeção Federal dos abatedouros avícolas, descrita pelo Ofício Circular do MAPA nº 38, de 08 de novembro de 2010, autores como Silva et al. (2008) e órgãos como o MPF ainda encontraram frangos congelados, à venda, com o limite de água na carne de frango, de 6%, excedido. O MPF autuou duas grandes empresas brasileiras que colocaram à venda frangos congelados com limite excedido de teor de água, infringindo o Código de Defesa do Consumidor por “vício de quantidade”, em abril de 2011 (ANFFA SINDICAL, 2011).

De acordo com o IDEC (2004), incontestavelmente, a água presente no frango congelado gera custos ao consumidor que paga, mesmo que um valor pequeno, pelo excesso de umidade, que não se reverterá em peso útil após o descongelamento. Deste modo, o IDEC (2004) fez o cálculo para demonstrar o custo de água que excede ao permitido de 6%. O cálculo se baseou em: a) diferença entre os resultados do “Dripping test” e o teor permitido (6%); b) valor médio do quilo da carne de frango (R\$ 3,20, em São Paulo, segundo a Rural BR Cotação, em 11 de novembro de 2012); c) consumo *per capita* de frango por ano (47 kg, segundo a UBABEF – União Brasileira de Avicultura, 2012); d) quantidade média de indivíduos por família brasileira, segundo o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2002. O cálculo para demonstrar o custo de água que excede ao permitido, considerando o valor de 15% de água total encontrado no resultado do “Dripping test”, geraria o seguinte valor:

$$\text{Custo da água} = \frac{(15 - 6)}{100} \times 3,20 \times 47 \times 3,5 = \text{R\$ } 47,38$$

Neste cálculo, observa-se que cada indivíduo, consumindo 47 kg de carne de frango (somente congelada) por ano, pagaria R\$ 47,38 de água ao invés de carne, sendo considerado um dano à integridade financeira do consumidor.

Considerando as suspeitas de fraude na carne de frango congelado e os danos aos consumidores, este trabalho objetivou investigar se os parâmetros legais de temperatura e de tempo para o pré-resfriamento por imersão das carcaças de frango, preconizados pelo MAPA, são adequados para assegurar uma absorção de água dentro do limite de 6%. Além disso, este trabalho objetivou verificar se os fatores temperatura da água, movimentação da água por borbulhamento de ar e dureza da água utilizada no pré-resfriador influenciam na quantidade de água absorvida pelas carcaças e verificar se o excesso de absorção de água influencia nas propriedades da carne, como capacidade de retenção de água da carne (CRA), cor da carne, perda de peso no cozimento e textura. Este estudo objetivou gerar informações que possam auxiliar as indústrias produtoras de carne de frango, demonstrando quais as etapas a serem cuidadosamente controladas para evitar o excesso de água absorvida pelas carcaças de frango.

REFERÊNCIAS

ANFFA SINDICAL. Sindicato Nacional dos Fiscais Federais Agropecuários. **Água no frango.** Disponível em: <http://www.anffasindical.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2520:agua-no-frango&catid=30:notas-da-ma&Itemid=206>. Acesso em: 06 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves.** Brasília, 1998. 40 f.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício Circular Nº 38/2010/DIPOA/SDA. Revisão do Ofício Circular/DIPOA nº010/2005.** Brasília, 2010. 14 f.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Novos dados do censo 2000 confirmam avanços na educação e revelam mudanças nas estruturas familiar e domiciliar.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/08052002tabulacao.shtm>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Teste comparativo frangos congelados.** 2004. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-2008/rap270508idec.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

LUDTKE et al. **Abate humanitário de aves.** Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 120p.

RURAL BR COTAÇÃO. **Frango.** Disponível em: <<http://cotacao.ruralbr.com.br/preco/frango.html>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

SILVA, M.C.E. et al. **Avaliação quantitativa da absorção de água em peito congelado de frangos comercializados no varejo da cidade de Uberlândia-MG.** In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária Uberlândia, 35, 2008. Gramado. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/indiceautor.htm#M>>. Acesso em: 26 set. 2012.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura. **Carne é considerada saudável e nutritiva por consumidores,** 2012. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3190>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

U.S.A. United States Department of Agriculture – USDA. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade.** October 2012. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2012.

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE INSENSIBILIZADOS OU MORTOS COM A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ELÉTRICO E DE EXPOSIÇÃO AO CO₂

RESUMO – Foram comparados dois sistemas de insensibilização para frangos de corte: o sistema elétrico e a exposição ao CO₂. As aves foram insensibilizadas ou mortas por esses métodos e submetidas imediatamente à sangria e aos demais procedimentos convencionais de abate e processamento de carne. Foram avaliadas as características da carne e o comportamento das aves expostas à atmosfera modificada. O objetivo deste estudo foi avaliar a possibilidade de matar frangos de corte por eletrocussão ou exposição ao CO₂. O método de insensibilização utilizado e o procedimento de insensibilizar ou matar as aves não provocaram alterações relevantes nas propriedades da carne. As aves mortas pelo sistema elétrico retiveram mais sangue que as aves mortas por exposição ao gás e, como consequência, na análise de cor feita pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, apresentaram maior valor de a^* , indicando carne mais vermelha. A exposição ao CO₂ causou reação de desconforto em todas as aves, das quais 35% apresentaram reação fraca, 40% reação média e 25% reação forte. O tempo de exposição ao gás necessário para atordoar ou matar as aves foi muito variável, de 28 a 97 segundos e de 42 a 158 segundos, respectivamente. Considerando os resultados observados e, tendo em vista que, praticamente, todos os abatedouros de frangos no Brasil trabalham com equipamentos elétricos, concluiu-se que os esforços devem ser concentrados na padronização e monitoramento dos parâmetros elétricos do equipamento de atordoamento e no treinamento dos operadores.

Palavras-Chave: frango de corte, método de insensibilização, característica da carne

CHARACTERISTICS OF BROILER MEAT STUNNED OR KILLED WITH METHODS ELECTRICAL AND EXPOSURE TO CO₂

SUMMARY – It has been compared two stunning systems for broilers: electrical system and exposure to CO₂. The birds were stunned or killed by these methods and submitted immediately to bleeding and others conventional procedures for slaughter and meat processing. The meat characteristics and behavior of birds exposed to modified atmosphere were evaluated. The objective of this study was to evaluate the possibility of killing chickens by electrocution or exposure to CO₂. The stunning method used and the procedure stun or kill the birds did not cause significant changes in the properties of the meat. The birds killed by electrical system retained more blood than that dead birds by exposure to gas and, as a consequence, the color analysis done by CIE $L^*a^*b^*$ system, presented larger values of a^* , indicating more red meat. The exposure to CO₂ caused discomfort in all birds, of which 35% showed low reaction, 40% medium reaction and 25% strong reaction. The exposure time required gas to stun or kill the birds was very variable, 28 to 97 seconds and 42 to 158 seconds, respectively. Considering the observed results and, considering that practically all poultry slaughterhouses in Brazil work with electrical equipment, it was concluded that efforts should be concentrated on standardizing and monitoring of electrical parameters of stunning equipment and operator training.

Keywords: broiler, stunning, meat characteristic.

Introdução

Qualidade é um conceito variável, que envolve muitos fatores, e a preocupação com a redução do sofrimento dos animais no abate vem se constituindo num importante atributo de qualidade para uma parcela cada vez maior do mercado consumidor de carne.

A lei brasileira exige a insensibilização dos animais antes da sangria (BRASIL, 1998; BRASIL, 2000). No Brasil, assim como nos países onde o abate de frangos é mecanizado, a insensibilização é feita em equipamentos que utilizam sistemas elétricos em banho de água, realizados em uma cuba de insensibilização com água eletrificada. As etapas que antecedem a insensibilização elétrica causam visível desconforto às aves. No procedimento de pendura, é necessário que haja o máximo contato dos pés com o metal do gancho, para que a aplicação da corrente elétrica seja eficiente. Assim, dependendo do tamanho das aves, os pés precisam ser forçados nos ganchos. Além disso, por não terem diafragma, a posição invertida, de cabeça para baixo, causa compressão dos pulmões e dificuldade de respiração. Outra condição que promove desconforto é o sistema de aplicação da corrente elétrica utilizando a cuba de água. Muitos fatores podem prejudicar a insensibilização, como um ajuste imperfeito do equipamento ao tamanho da ave, ocorrência de pré-choques, posicionamento inadequado da ave, entre outros. A pior situação é quando a ave passa pelo equipamento sem ser insensibilizada e é submetida consciente ao procedimento de sangria.

Alguns estudos sugerem a exposição à atmosfera controlada para substituir o sistema elétrico, seja para atordoar ou matar frangos (RAJ e GREGORY, 1990; KANG e SAMS, 1999; GERRITZEN et al., 2000). De acordo com esses trabalhos, a utilização de ar contendo elevados níveis de dióxido de carbono, causando anestesia em aves, tem mostrado bons resultados. No entanto, o dióxido de carbono é ácido e irrita as membranas mucosas durante a inalação, causando uma rápida parada da respiração antes da perda de consciência. Raj e Gregory (1990) e Raj (1998) propuseram matar frangos de

corte por exposição a atmosferas controladas, a fim de minimizar o sofrimento dos animais no abate. Embora a legislação brasileira não permita matar os animais antes da sangria (BRASIL, 2000), o objetivo deste estudo foi avaliar a possibilidade de matar frangos de corte pelos métodos elétrico (eletrocussão) ou exposição ao CO₂, com sangria posterior e imediata, e as consequências dessa alternativa tecnológica sobre o sofrimento das aves e nas características da carne, em comparação ao processo convencional, que é a insensibilização, seja por eletronarcose ou exposição à atmosfera modificada, e a morte por sangria.

Material e Método

Um total de quarenta frangos de corte da linhagem Cobb 500, machos, de 48 dias de idade, recebendo ração formulada segundo Rostagno (2005) e água *ad-libitum*, foram divididos em quatro tratamentos: 1) insensibilização elétrica (eletronarcose), 2) morte por eletricidade (eletrocussão), 3) insensibilização por CO₂ e 4) morte por exposição ao CO₂, seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2 x 2 e dez repetições, onde os fatores foram: dois métodos (sistemas elétrico e gasoso) e dois procedimentos (insensibilização e morte), onde cada ave foi considerada uma parcela experimental. Antes do abate, as aves foram pesadas individualmente. Em seguida, 10 aves de cada tratamento, com o peso variando 10% para mais ou para menos do peso médio do grupo, foram transportadas do galpão de criação até o abatedouro experimental em caixas de transporte e, após a aplicação do tratamento em estudo, foram submetidas ao procedimento de abate seguindo os procedimentos regulamentares (BRASIL, 1998).

Eletronarcore (insensibilização por eletricidade)

O atordoamento elétrico foi realizado por imersão da cabeça das aves em um banho de água usando 240 V, 60 Hz e 120 mA durante 3 segundos. As aves foram consideradas atordoadas pela ausência de respiração rítmica e reflexo da membrana nictitante. Todas as aves foram imediatamente sangradas após a eletronarcore.

Eletrocussão (morte por eletricidade)

A eletrocussão foi realizada por imersão da cabeça das aves em um banho de água usando 240 V, 60 Hz e 120 mA. A morte das aves foi determinada por observação de parada respiratória completa, após o tempo de exposição necessário para promover a parada cardíaca. Todas as aves foram imediatamente sangradas após a eletrocussão.

Insensibilização por exposição ao CO₂

A legislação brasileira determina uma concentração de CO₂ de, no mínimo, 30% para a insensibilização de frangos (BRASIL, 2000). No entanto, segundo Bitencourt (2011), se as aves forem submetidas a essa concentração de forma abrupta, em sua maioria, apresentarão forte agitação e/ou movimentos convulsivos. Por isso, para o atordoamento por gás, foi utilizada uma concentração inicial de 10% de CO₂, gradualmente elevada até a concentração de 13%, após a introdução das aves em uma câmara de gás. As aves foram consideradas atordoadas quando houve a queda das mesmas e pela ausência de respiração rítmica e de reflexo da membrana nictitante. Todas as aves foram imediatamente sangradas após a insensibilização por exposição ao CO₂.

Morte por exposição ao CO₂

Para ocorrer a morte das aves por exposição ao gás, a concentração foi elevada até 15% e as aves foram submetidas a um maior tempo desta exposição até que a morte das aves fosse determinada por observação de parada respiratória completa. Todas as aves foram imediatamente sangradas após a morte por exposição ao CO₂.

Avaliação do comportamento das aves expostas ao CO₂

Durante a exposição à atmosfera de CO₂, o comportamento das aves foi avaliado e classificado como "nenhuma reação", "reação fraca", correspondendo à respiração ofegante e / ou comportamento de balançar a cabeça, "reação média", quando se verificou batimento fraco e intermitente de asas, e "reação forte", quando as aves apresentaram batimento forte e contínuo de asas e / ou convulsões.

Determinação da perda de peso na sangria das aves

As aves foram pesadas individualmente antes e após a sangria, em balança Filizola, carga máxima de 60 kg, mínima de 250 g e sensibilidade de 10 g para determinar a porcentagem de perda de peso nessa etapa, como forma de estimar a quantidade de sangue drenado das carcaças.

Determinação de pH da carne

O pH da carne do peito e da coxa foi determinado 24 horas após o abate utilizando um pHmetro portátil, marca Mettler Toledo, modelo 1120-X, dotado de sonda de penetração.

Determinação da cor da carne

A cor da carne do peito e da coxa, após remoção da pele, foi obtida para luz padrão D 65, ângulo de observação 10°, em triplicata, utilizando-se espectrofotômetro de cor refletida portátil Mini Scan XE Plus (HunterLab), calibrado com padrões branco e preto, e expressa de acordo com o sistema de cor CIE $L^*a^*b^*$ da Comissão Internationale de l'Eclairage (MINOLTA, 2007), como L^* (claridade), a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo).

No sistema de cor CIE $L^*a^*b^*$, o valor de L^* representa a claridade, variando de zero, o que significa que não há claridade (isto é, preto absoluto) a 100, que é claridade máxima (isto é, branco absoluto). O valor de a^* varia de verde (valores negativos) para vermelho (valores positivos) e o valor de b^* varia de azul (valores negativos) para amarelo (valores positivos) (MINOLTA, 2007).

Análises estatísticas

Os resultados foram analisados por ANOVA e teste de Duncan com nível de significância de 5%. Também foi determinado o coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis estudadas (ZAR, 2009). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS, 2008).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância e teste de Duncan estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. A Tabela 1 mostra os resultados de atributos de cor medidos na carne de peito e coxa. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, a carne de peito das aves submetidas ao método de exposição ao gás apresentou menor valor de a^* e maior valor de L^* em relação

às aves submetidas ao método elétrico ($p < 0,05$), indicando carne menos vermelha e mais clara, provavelmente devido à menor quantidade de sangue residual nos músculos. Este fato pode ser observado pela diferença significativa na perda de peso da ave na sangria, em que as aves submetidas ao sistema elétrico apresentaram menor perda de peso quando comparadas às aves submetidas à exposição ao gás.

As aves submetidas à eletrocussão ou morte por exposição ao gás apresentaram maior valor de pH na carne das coxas em relação às aves insensibilizadas. Tal fato pode ser explicado pelo maior tempo de exposição das aves à eletricidade e ao gás, gerando maior tempo de estresse. De acordo com Varnam e Sutherland (1995), o estresse é um fator extrínseco que pode afetar a extensão da glicólise *post mortem*. A morte do animal no abate inicia processos metabólicos nos músculos. Quando a circulação pára, os músculos já não são capazes de obter energia pela respiração, uma vez que a atividade mitocondrial cessa com a depleção de oxigênio interno. Em resposta, o glicogênio, a principal energia estocada no músculo, é convertido a ácido láctico por anaerobiose, na glicólise *post mortem*. Esta reação fornece a energia necessária para as tentativas locais de manter a integridade estrutural e funcional. A glicólise *post mortem* envolve a via Embden-Meyerhof, com glicogênio sendo convertido através de uma série de intermediários fosforilados 6-carbono e 3-carbono, que é reduzido a lactato. O estresse pré-abate é o maior fator de depleção da reserva de glicogênio e assim aumenta o valor final do pH (VARNAM e SUTHERLAND, 1995).

Tabela 1 – Perda de peso na sangria e propriedades da carne de peito e de coxa das aves, em função do método e do procedimento anterior à sangria

Fatores	Parâmetros								
	Perda de peso da ave na sangria (%)	pH		L		a		b	
		Peito	Coxa	Peito	Coxa	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Sistemas (S)									
Elétrico	2,65 ^b	6,06	6,49	61,99 ^b	61,96	5,51 ^a	6,83	14,95	13,21
Gás	3,56 ^a	6,10	6,46	64,69 ^a	63,48	4,47 ^b	5,58	15,15	15,61
Procedimentos (P)									
Insensibilização	3,14	6,04	6,38 ^b	62,75	62,06	5,06	5,59	15,78	13,45
Morte	3,00	6,13	6,59 ^a	63,93	63,38	4,92	6,82	14,32	15,38
P									
S	0,0002	0,4907	0,6131	0,0266	0,2835	0,0131	0,2199	0,8413	0,4097
P	0,9269	0,1052	0,0009	0,3207	0,3508	0,7406	0,2239	0,1487	0,5057
S x P	0,0111	0,5747	0,0216	0,0728	0,1224	0,0016	0,9849	0,4259	0,2267
CV (%)	21,62	2,80	2,54	5,84	7,07	25,18	50,95	20,79	63,04

^{a-c} Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Considerando cada um dos métodos estudados (sistemas elétrico e a gás), a perda de peso das carcaças durante a sangria não diferiu quando as aves foram insensibilizadas ou mortas (Tabela 1). Mas, comparando os dois métodos (Tabela 2), observou-se que a perda de peso na sangria das aves mortas pelo sistema elétrico foi significativamente inferior ao das aves mortas por exposição ao gás. Embora o uso de uma corrente elétrica de 120 mA possa evitar o problema de aves recobrem a consciência antes da morte (STEVENSON, 1993), seu uso pode promover a ruptura dos vasos sanguíneos intramusculares e retenção de sangue no tecido muscular (GREGORY e AUSTIN, 1992; LAMBOOIJ et al., 1999).

Tabela 2 – Desdobramento da interação fatorial dos parâmetros perda de peso da ave na sangria, pH da carne de coxa e a^* da carne de peito de acordo com os sistemas e procedimentos aplicados

Sistemas	Procedimentos	Parâmetros		
		Perda de peso na sangria (%)	pH coxa	a^* peito
Elétrico	Morte	2,41 ^c	6,66 ^a	6,12 ^a
	Insensibilização	2,97 ^{bc}	6,33 ^c	4,90 ^b
Gás	Morte	3,89 ^a	6,50 ^b	3,73 ^c
	Insensibilização	3,30 ^{ab}	6,43 ^{bc}	5,21 ^{ab}

^{a-c} Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

O pH da carne de peito não variou entre os diferentes tratamentos (Tabela 1). Conforme apresentado na Tabela 2, o pH da carne das coxas das aves mortas pelo método elétrico foi maior do que das aves mortas por exposição ao CO₂. Este resultado pode ser associado aos procedimentos de retirada das aves da caixa de transporte e de pendura, promovendo maior estresse pré-abate e aumentando a depleção do glicogênio muscular (VARNAM e SUTHERLAND, 1995).

A influência da quantidade de sangue drenado das carcaças, estimada pela perda de peso na sangria, sobre a intensidade de vermelho da carne, avaliada pelos valores de a^* , é confirmada pelos resultados de correlação linear de Pearson, apresentados nas Tabelas 3 e 4. Verificou-se uma correlação negativa entre esses valores, indicando que, quanto maior a perda de peso na sangria, menor o valor de a^* . E essa correlação é maior e mais importante na carne das coxas, cuja cor vermelha é mais intensa devido à maior concentração de mioglobina e um sistema vascular mais desenvolvido em comparação aos músculos do peito (VARNAM e SUTHERLAND, 1995). A correlação linear de Pearson também revelou correlação significativa entre pH e valores de b^* do peito e da coxa. No entanto, considerando que os valores de pH não foram diferentes entre os tratamentos em carne de peito (Tabela 1),

não é possível associar estes resultados com o método de atordoamento ou morte.

Tabela 3 – Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros de carne de peito

	pH	L*	a*	b*
Perda de peso da ave na sangria	0,2259	0,0872	-0,4580	-0,1622
p-valor	0,3673	0,7307	0,0560	0,5201
pH		-0,1053	-0,1986	-0,4715
p-valor		0,6775	0,4294	0,0482
L*			-0,4086	0,0626
p-valor			0,0923	0,8050
a*				0,2514
p-valor				0,3142

Tabela 4 – Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros da carne de coxa

	pH	L*	a*	b*
Perda de peso da ave na sangria	-0,2767	0,1072	-0,6809	-0,0926
p-valor	0,2662	0,6721	0,0019	0,7147
pH		-0,1226	0,4494	-0,5230
p-valor		0,6280	0,0613	0,0259
L*			-0,2865	0,2414
p-valor			0,2490	0,3346
a*				0,1037
p-valor				0,6823

Com a utilização do método de exposição das aves à câmara de CO₂, verificou-se que as aves expostas abruptamente à concentração de CO₂ superior a 10% apresentaram sintomas evidentes de desconforto. Por isso, foi utilizada a concentração inicial de CO₂ de 10%, que foi gradualmente elevada após as aves serem introduzidas na câmara. Todas as aves exibiram reação quando expostas ao CO₂, sendo que 35% apresentaram reação fraca, 40% apresentaram reação média e 25% apresentaram reação forte (FIGURA 1).

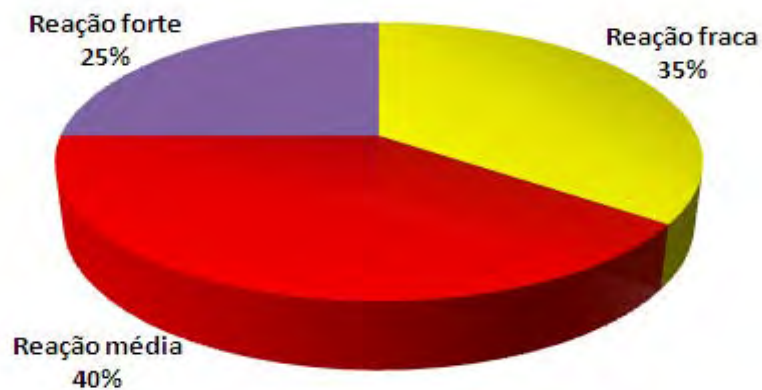


FIGURA 1 – Tipo de reação das aves, em porcentagem, diante da exposição ao CO₂.

O tempo necessário para atordoar ou matar as aves pelo método de exposição ao gás apresentou ampla variação, de 28 a 97 segundos para atordoar e de 42 a 158 segundos para matar as aves. Sendo assim, na prática, a adoção do método de insensibilização gasosa apresenta dificuldades de difícil solução. Além de não ser um método que suprima o desconforto ou mesmo o sofrimento das aves, a variação de resposta individual dos frangos expostos ao gás dificulta a padronização dos parâmetros do processo. Dentro de uma mesma caixa de transporte submetida à atmosfera modificada, poderia ocorrer a morte de frangos no começo do procedimento, e outros que não ficariam perfeitamente insensibilizados após a retirada da caixa do ambiente de CO₂. Dessa forma, considerando que a maioria dos estabelecimentos de abate de frangos de corte utiliza o equipamento elétrico, pode-se concluir que a melhor forma de reduzir o sofrimento das aves é investir na otimização e padronização dos parâmetros desses equipamentos. Além disso, os resultados demonstram que os parâmetros da corrente elétrica podem ser definidos de forma a promover a eletrocussão das aves, desde que a sangria seja realizada imediatamente após a aplicação da corrente elétrica. Isso traria benefícios inegáveis, uma vez que reduziria a possibilidade de haver aves conscientes no momento da sangria e a possibilidade das aves se afogarem nas cubas, na ocorrência de interrupções na linha de abate.

Conclusão

Os métodos de insensibilização e morte por exposição ao CO₂ causam visível desconforto aos animais e não há uma alternativa tecnológica eficiente para reduzir o sofrimento das aves nesta etapa de abate.

A morte das aves pelos métodos elétrico e de exposição ao CO₂, seguida de sangria imediata, não causa, na prática, alterações que possam afetar negativamente a aceitação do produto pelos consumidores.

Considerando que praticamente todos os abatedouros de frangos no Brasil trabalham com equipamentos elétricos, os esforços devem ser concentrados na otimização, padronização e monitoramento dos parâmetros elétricos do equipamento de atordoamento e no treinamento dos operadores, não se justificando a substituição do método elétrico pelo método de exposição ao CO₂.

REFERÊNCIAS

BITENCOURT, D.A. **Insensibilização de frangos de corte em atmosfera controlada na promoção do bem-estar animal**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1998. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. **Aprova o Regulamento Técnico de Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26/11/1998, Seção 1, p.226.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2000. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. **Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24/01/2000, Seção 1, p.14.

GERRITZEN, M.A., E. et al. 2000. **Behavioral responses of broilers to different gaseous atmospheres.** Poultry Science, Lelystad, The Netherlands, v. 79 p. 928-933. 2000.

GREGORY, N.G.; S.D. AUSTIN. **Causes of trauma in broilers arriving dead at poultry processing plants.** Veterinary Record, 131: 501-503. 1992.

LAMBOOIJ et al. **The effects of captive bolt and electrical stunning, and restraining methods on broiler meat quality.** Poultry Science, 78:600-607. 1999.

KANG, I.S.; A.R. SAMS. **A comparison of texture and quality of breast fillets from broilers stunned by electricity and carbon dioxide on a shackle-line, or killed by carbon dioxide.** Poultry Science, Raleigh, v. 78 p. 1334-1337. 1999.

MINOLTA, K. **Precise Color Communication.** 2007. Disponível em: <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012

RAJ, A.B.M.; N.G. GREGORY. **Investigation into the batch stunning/killing of chickens using carbon-dioxide or argon induced hypoxia.** Research Veterinary Science, Langford, v. 49 p. 364-366. 1990.

RAJ, M. **Welfare during stunning and slaughter of poultry.** Poultry Science, Langford, v. 77 p. 1815-1819. 1998.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.2 User's Guide.** Cary: SAS Institute Inc. 2008.

STEVENSON, P. **The welfare at slaughter of broiler chickens: a compassion in world farming trust.** Petersfield, Hants. 1993.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Meat and meat products**. 1. ed. London: Chapman & Hall, 1995. 430 p.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**, 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 2009.

CAPÍTULO 3 – FATORES INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS QUE AFETAM A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO – No Brasil, os abatedouros avícolas utilizam o método de imersão em água para o pré-resfriamento de carcaças de frango, antes da embalagem e comercialização. A legislação brasileira estabelece parâmetros para a etapa de pré-resfriamento, para evitar que as carcaças absorvam água em excesso. Este projeto teve o objetivo de avaliar fatores intrínsecos e extrínsecos e sua influência na absorção de água pela carne de frangos de corte, submetidos ao pré-resfriamento por imersão em água. Os fatores intrínsecos avaliados foram a idade das aves (44 e 58 dias), o pH e a temperatura do músculo antes do pré-resfriamento, e os fatores extrínsecos foram a temperatura da água nos primeiros 30 minutos do pré-resfriamento (4, 10 e 16°C), a movimentação da água (com e sem borbulhamento) e a dureza da água (mole e moderadamente dura). Para a avaliação da porcentagem de água absorvida pelas carcaças, foram utilizados o Método do Controle Interno e o “Dripping test”. Foram analisadas e correlacionadas as variáveis envolvidas: pH e temperatura das carcaças, capacidade de retenção de água da carne crua, cor da carne crua pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, perda de peso no cozimento e textura de carne de peito cozida. Os resultados obtidos mostraram que a temperatura da água influencia a quantidade de água absorvida, mas, se forem seguidos os parâmetros legais, a absorção de água não excede o limite estabelecido pela legislação.

Palavras-Chave: absorção de água, pré-resfriamento por imersão, carne de frango, “dripping test”

INTRINSIC AND EXTRINSIC FACTORS AFFECTING WATER ABSORPTION IN BROILERS CARCASSES

SUMMARY – In Brazil, the poultry slaughterhouses use the method of immersion in water in the pre-cooling of chicken carcasses prior to packaging and marketing. Brazilian law establishes parameters for pre-cooling stage to prevent carcasses absorb excess water. This project aimed to evaluate intrinsic and extrinsic factors and their influence on water absorption in meat of chickens subjected to pre-cooling by immersion in water. Intrinsic factors evaluated were the age of the birds (44 and 58 days), the pH and temperature of the meat before the pre-cooling and extrinsic factors were the water temperature in the first 30 minutes of pre-cooling (4, 10, and 16°C), water movement (with and without bubbling) and water hardness (moderately hard and soft). In order to evaluate the percentage of water absorbed by the carcasses were used Internal Control Method and the "Dripping test". Were analyzed and correlated the variables involved: pH and temperature of carcasses, water holding capacity of raw meat, the raw meat color by the CIE $L^*a^*b^*$ system, weight loss during cooking and texture of cooked breast meat. The results showed that water temperature influences the amount of water absorbed, but if the legal parameters have been satisfied, the water absorption does not exceed the limit established by legislation.

Keywords: water absorption, pre-cooling by immersion, broiler meat, dripping test

Introdução

Entende-se por índice de absorção o percentual de água adquirida pelas carcaças de aves durante o processo de matança e demais operações tecnológicas, principalmente no sistema de pré-resfriamento por imersão, uma vez que pequeno percentual de água absorvida ocorre durante a escaldagem, depenagem e diversas lavagens na linha de evisceração (em média até 3%) (BRASIL, 1998). Se, por um lado, o pré-resfriamento reidrata a carcaça, recuperando a água perdida durante as operações anteriores, por outro lado, é nesta etapa que o índice de absorção de água, pode ultrapassar o limite legal de, no máximo, 6%. Segundo Sant'anna (2008), o excesso de água não é, necessariamente, resultante da injeção fraudulenta de água no produto, mas sim do ajuste inadequado de variáveis tecnológicas que influenciam o processo. Seja por fraude ou por desajuste de variáveis tecnológicas, o consumidor acaba sendo o maior prejudicado, comprando carne de frango e pagando pelo excesso de água absorvida pela carcaça.

O excesso de água absorvida pelas carcaças de frango tem sido motivo de preocupação para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o qual preconiza procedimentos de monitoramento e verificação para controle de absorção de água durante a etapa de pré-resfriamento por imersão de carcaças de aves. O MAPA deu início, em 2000, ao programa de coletas de carcaças de aves, no comércio varejista, para serem submetidas ao "Dripping test", em virtude da constatação de fraudes observadas no pré-resfriamento de carcaças, pela utilização de polifosfatos e sais orgânicos capazes de promover a retenção de aves nas carcaças das aves. Em 2004, o MAPA introduziu novos procedimentos de controle a serem implementados pelas empresas, denominados PPCAAP (Programas de Prevenção e Controle de Adição de Água aos Produtos), com o objetivo de coibir a prática de fraude relacionadas à absorção excessiva de água durante o pré-resfriamento de carcaças de aves (BRASIL, 2010). Os PPCAAP foram atualizados pelo Ofício Circular nº 38, de 08 de novembro de 2010, do MAPA,

que solicita que todas as empresas devem revisar seus programas PPCAAP, onde estarão descritos os controles executados para fins de prevenção de falhas no processo que resultem em fraudes econômicas, decorrentes dos diferentes processos produtivos nos estabelecimentos que produzem/comercializam carne de aves e derivados, principalmente os relacionados ao aumento na quantidade de água e salmoura agregada à carcaça, cortes e demais produtos de carne de aves.

Diante da preocupação de órgãos governamentais, de suspeitas de fraude na carne de frango e considerando os danos aos consumidores, este projeto teve o objetivo de avaliar a influência de fatores intrínsecos e extrínsecos na absorção de água pelas carcaças de frangos durante a etapa de pré-resfriamento por imersão em água e investigar se os parâmetros legais de tempo e temperatura para o pré-resfriamento por imersão, preconizados pelo MAPA, são adequados para assegurar a absorção de água dentro do limite de 6%.

Material e Método

Foram utilizados quatrocentos e oitenta frangos da linhagem Cobb 500, criados em lotes mistos (machos e fêmeas), em 48 grupos de 10 aves, recebendo ração formulada segundo Rostagno (2005) e água *ad-libitum* até os 58 dias de idade. Para o estudo da influência dos fatores extrínsecos sobre a absorção de água pelas carcaças de frango, as aves, no abate, foram submetidas a diferentes condições de pré-resfriamento, seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3x2x2 e duas repetições, onde os fatores foram: três temperaturas na primeira seção do pré-resfriador (4, 10 e 16°C), dois níveis de movimentação da água do pré-resfriador (com e sem borbulhamento) e dois graus de dureza da água (água moderadamente dura e água mole), totalizando doze tratamentos, onde cada ave foi considerada uma parcela experimental.

Para a avaliação da influência do peso das carcaças sobre o teor de água absorvida, o experimento foi repetido duas vezes, em diferentes idades das aves. Aos 44 dias e aos 58 dias, uma ave de cada grupo, apresentando peso variando no máximo 10% para mais ou para menos em relação à média do grupo, foram identificadas e levadas ao abate, seguindo os procedimentos regulamentares (BRASIL, 1998).

Determinação de pH e temperatura da carne

O pH e a temperatura da carne foram determinados nos músculos do peito, antes da entrada das carcaças no pré-resfriador, utilizando um pHmetro portátil de inserção com compensador de temperatura, marca Mettler Toledo, modelo 1120-X.

Método de Controle Interno

Foi utilizado o Método de Controle Interno descrito na Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998, do MAPA, para monitoramento e verificação da quantidade agregada de água durante o processo de pré-resfriamento das carcaças. A quantidade de água determinada por esse método exprime-se em percentagem do peso total da carcaça de ave, no limite máximo de 8% de seus pesos (BRASIL, 1998).

As carcaças foram pesadas, individualmente, após evisceração, em balança C&F, carga máxima de 15 kg, mínima de 125 g e sensibilidade de 5 g, determinando assim o peso inicial (Pi), em seguida sendo submetidas ao pré-resfriamento, imersas em água, até atingirem 7°C no interior do músculo do peito. Após o pré-resfriamento, as carcaças foram pesadas individualmente, determinando assim o peso final (Pf).

O resultado do teste foi dado pela diferença entre o peso inicial (Pi) e o peso final (Pf) multiplicada por 100 e dividida pelo peso inicial (Pi), determinando o percentual de água absorvida (A) durante o processamento.

$$A = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Após a pesagem das carcaças, seguiu-se com o congelamento individual das mesmas.

Método do “Dripping test”

Descrito pela Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998 e pela Instrução Normativa nº 20 de 21 de julho de 1999, ambas legislações do MAPA, o “Dripping Test” é utilizado para determinar a quantidade de água resultante do descongelamento de carcaças congeladas, ou seja, o teor de líquido perdido por degelo de aves. Se a quantidade de água resultante, expressa em percentagem do peso da carcaça, com todos os miúdos/partes comestíveis na embalagem, ultrapassar o valor limite de 6%, considera-se que as carcaças absorveram um excesso de água durante o pré-resfriamento por imersão em água.

Para realização do “Dripping test”, as carcaças, juntamente com um pé contendo a identificação da ave e colocado dentro da cavidade abdominal da carcaça, foram mantidos congelados até o momento da análise. O lado externo da embalagem foi enxugado, de modo a eliminar todo o líquido e gelo. As carcaças embaladas foram pesadas, obtendo-se "M0". Em seguida, as carcaças congeladas foram retiradas de dentro das embalagens, as embalagens enxugadas e pesadas, obtendo-se "M1". As carcaças foram introduzidas num saco plástico, individualmente, colocando a cavidade abdominal voltada para o fundo do saco plástico e fechando-o, tendo o cuidado de retirar o excesso de ar por meio de pressão manual. A parte dos sacos que continha as carcaças foi mergulhada completamente no banho. Os sacos foram deixados no banho de água mantido a $42 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingir 4°C no centro das carcaças. Após o período de imersão, os sacos plásticos (com as carcaças) foram retirados do banho, pendurados e foram abertos orifícios na parte inferior de cada saco, de modo que a água liberada pelo descongelamento escorresse,

durante uma hora à temperatura ambiente, entre 18 e 25°C. As carcaças descongeladas foram retiradas dos sacos e os pés retirados da cavidade abdominal. As carcaças foram enxugadas, interna e externamente, com toalha de papel. As carcaças descongeladas, juntamente com os pés, foram pesadas, obtendo-se "M2".

O teor de líquido perdido foi obtido pelo cálculo:

$$\% \text{ de líquido perdido} = \frac{M0 - M1 - M2}{M0 - M1} \times 100$$

Capacidade de retenção de água (CRA) da carne

A capacidade de retenção de água foi realizada conforme metodologia descrita por Nakamura e Katoh (1985), que se baseia na pesagem extra de cerca de 1 g de carne crua em papel filtro, seguida de centrifugação a 1500 x G por 4 minutos. Após centrifugação, a amostra foi pesada e colocada na estufa a 70°C por 12 horas. O valor de CRA foi determinado pela diferença entre o peso da amostra após a centrifugação e o peso da amostra seca, dividida pelo peso inicial, sendo o valor expresso em porcentagem.

Determinação da cor da carne

A cor da carne do peito e da coxa, após remoção da pele, foi obtida para luz padrão D 65, ângulo de observação 10°, em triplicata, utilizando-se espectrofotômetro de cor refletida portátil Mini Scan XE Plus (HunterLab), calibrado com padrões branco e preto, e expressa de acordo com o sistema de cor CIE $L^*a^*b^*$ da Comissão Internationale de l'Eclairage (MINOLTA, 2007), como L^* (claridade), a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo).

Perda de peso no cozimento da carne

As amostras foram embrulhadas em papel alumínio e cozidas em grelha, em temperatura constante de 170°C até atingirem a temperatura interna de 85°C. A avaliação da perda de peso no cozimento foi realizada pela mensuração do peso das amostras de filé de peito antes e após o cozimento. A diferença entre o peso inicial e final corresponde à perda de peso por cozimento, expressa em porcentagem.

Avaliação da textura da carne de peito cozida

A textura foi avaliada instrumentalmente pela determinação da força de cisalhamento em texturômetro TAXT2, equipado com célula de cisalhamento de carne tipo Warner Bratzler. As amostras de carne de peito foram descongeladas e submetidas ao cozimento em grelha, em temperatura constante de 170°C até atingirem 85°C internamente. Essas amostras, após resfriarem, em temperatura ambiente, foram cobertas com filme plástico e permaneceram em refrigerador por até 24 horas. Após este período, foram retiradas da refrigeração e, pelo menos, quatro amostras de 1 cm de aresta, foram colocadas individualmente na base do aparelho e posicionadas perpendicularmente a lâmina de cisalhamento. Na avaliação, foi empregada a velocidade de 3,3 mm/segundo e os resultados dos picos de força foram expressos como força de cisalhamento, em kg/cm² (POSTE et al., 1993).

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância com nível de significância de 5% pelo teste F. Também foi determinado o coeficiente de correlação linear de Pearson entre as variáveis estudadas (ZAR, 2009). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS, 2008).

Resultados e Discussão

As análises realizadas pelo Método do Controle Interno e pelo Método do “Dripping test” indicaram porcentagem de água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento por imersão e porcentagem de líquido perdido no degelo das carcaças menores que os limites estabelecidos pelo MAPA de 8 e 6%, respectivamente. A média da porcentagem de água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento foi de 3,23% e a média da porcentagem de líquido perdido no degelo das carcaças foi de 3,21%, não tendo sido observado nenhum resultado igual ou superior a 6%. Esses resultados demonstram que o pré-resfriamento por imersão em água, realizado de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, do MAPA, garante a segurança do processo em relação à absorção de água na carne de frango.

Correlação linear de Pearson

Os resultados obtidos pela correlação linear de Pearson estão apresentados na Tabela 1, revelando as correlações positivas e negativas entre as variáveis estudadas, com níveis de significância de 1 e 5%.

Tabela 1 – Correlação linear de Pearson entre os parâmetros avaliados em carne de peito e coxa de frango

Variáveis	r	p
Temperatura x pH muscular antes do pré-resfriamento das carcaças	-0,35297	0,0149**
Idade das aves x temperatura do músculo antes do pré-resfriamento	0,30624	0,0363*
% água absorvida x % líquido perdido	0,54363	<,0001**
% líquido perdido x <i>L</i> * peito	-0,31355	0,0338*
<i>L</i> * coxa x <i>a</i> * coxa	-0,68503	<,0001**
<i>L</i> * peito x <i>a</i> * peito	-0,46632	0,0010**
<i>L</i> * coxa x <i>L</i> * peito	0,34641	0,0171*
<i>a</i> * coxa x <i>a</i> * peito	0,45819	0,0012**
<i>a</i> * peito x <i>b</i> * peito	0,4971	0,0004**
<i>b</i> * coxa x <i>b</i> * peito	0,31529	0,0309*

Nível de significância de 1% (**) e 5% (*)

Temperatura x pH muscular antes do pré-resfriamento das carcaças

A correlação entre a temperatura e o pH do músculo peitoral, antes da entrada da carcaça no pré-resfriador, foi negativa.

As aves são animais homeotérmicos e desprovidos de glândulas sudoríparas, tendo como sua principal forma de trocar calor com o ambiente a respiração, além da convecção, condução e irradiação. Essas características podem elevar a temperatura muscular e acelerar as reações metabólicas, como hidrólise do ATP e glicólise. De acordo com Roça [2009], de maneira geral, os animais sensíveis ao estresse apresentam temperaturas altas, glicólise acelerada e rápido aparecimento do *rigor mortis*.

No músculo vivo, o ATP circula continuamente para a manutenção do metabolismo, mas quando o suprimento de oxigênio é cortado através da sangria, o músculo torna-se anaeróbio. A glicólise, em condições de anaerobiose, produz 3 moles de ATP e 4 íons de hidrogênio para cada molécula de glicose-1-fosfato, proveniente do glicogênio muscular (ROÇA, [2009]). Segundo Ramos e Gomide (2009), o ATP é doador imediato de

energia livre, necessária em várias reações enzimáticas importantes envolvidas nas reações metabólicas. Após a morte, quando a circulação sanguínea cessa, o ATP ainda é consumido, na tentativa muscular de manter seus processos metabólicos. Nessas condições, a célula muscular ressintetiza ATP a ADP, primeiramente pela desfosforilização da fosfocreatina (CP) ($ADP + CP \leftarrow \rightarrow creatina + ATP$) e, quando esta é exaurida, pela quebra anaeróbica de reservas de glicogênio, com conseqüente acúmulo de lactato no músculo, uma vez que o sistema circulatório não está mais disponível. Em anaerobiose, o ácido pirúvico origina ácido láctico (ROÇA, [2009]). Os prótons que são produzidos durante a glicólise e durante a hidrólise de ATP a ADP causam diminuição significativa do pH intracelular. Segundo Roça [2009], a liberação de íons H^+ , que ocorre antes da redução de piruvato a lactato, promove a queda inicial do pH.

Judge et al. (1989) afirmam que o calor gerado pelo metabolismo contínuo provoca um aumento da temperatura do músculo logo após a sangria. A extensão do aumento de temperatura depende da taxa de produção de calor metabólico e sua duração. A glicólise rápida, com rápido declínio do pH, produz grandes quantidades de calor que resulta num resfriamento lento da carcaça. O tamanho e localização dos músculos no interior do corpo, e a quantidade de isolamento de gordura, também influenciarão o aumento de temperatura final e taxa de dissipação de calor. É importante reconhecer que os fatores metabólicos que causam a elevação da temperatura no músculo *post mortem* são os mesmos que causam a queda do pH. Portanto, torna-se inevitável a desnaturação protéica, a menos que alguns meios sejam empregados para remover o calor rapidamente do músculo, na medida em que ele é produzido.

Idade das aves x Temperatura das carcaças antes do pré-resfriamento

A correlação positiva entre a idade das aves e a temperatura das carcaças, imediatamente antes do pré-resfriamento, revelou que quanto menor a idade, menor a temperatura das carcaças destas aves. Tal fato pode ser

explicado pela maior superfície de contato das aves mais novas e menores (o peso médio das aves de 44 dias foi de 2,7 kg, e das aves mais velhas, de 3,8 kg), trocando mais calor com o meio, durante os procedimentos de abate, tendendo a abaixar sua temperatura.

Água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento (MCI) x Líquido perdido pelo degelo das carcaças (“Dripping test”)

A correlação positiva entre a porcentagem de água absorvida, determinada pelo Método do Controle Interno, e a porcentagem de líquido perdido pelas carcaças, determinada pelo Método do “Dripping test”, revela que quanto maior a quantidade agregada de água durante o processo de pré-resfriamento das carcaças, maior será a quantidade de líquido perdido pelo degelo das carcaças. Esta correlação sugere a eficácia destes métodos complementares, preconizados pelo MAPA, para serem realizados pelo estabelecimento e pelo Serviço de Inspeção Federal do abatedouro avícola: Método de Controle Interno, utilizado para monitoramento e verificação da quantidade agregada de água durante o processo de pré-resfriamento das carcaças, e Método do “Dripping test” utilizado para determinar a quantidade de água resultante do descongelamento de carcaças congeladas. Assim, pode-se afirmar que os dois métodos são altamente correlacionados e podem ser utilizados como controle para identificar fraudes por excesso de absorção de água em carcaças de frangos.

Líquido perdido pelo degelo das carcaças (“Dripping test”) x L na carne de peito*

A correlação negativa entre a porcentagem de líquido perdido e a luminosidade da carne do peito indica que quanto menor a porcentagem de líquido perdido no degelo das carcaças, ou seja, quanto mais líquido retido nas carcaças, maior luminosidade foi demonstrada na carne de peito. Este fato

sugere que outros fatores podem estar envolvidos no resultado desta correlação, que diverge da reação que ocorre em carne “DFD”, por exemplo, onde a água que permanece retida na carne a deixa mais escura, pois a luz incidente penetra mais na carne, sendo absorvida pelos seus diversos componentes e, assim, sendo menos refletida. O músculo tem aparência escura por refletir menos luz, devido à maior quantidade de água intracelular (MILLER, 2007).

L na carne de coxa x a* na carne de coxa; L* na carne de peito x a* na carne de peito*

A correlação negativa entre L^* e a^* , luminosidade e intensidade de vermelho, respectivamente, nas amostras de carne de coxa e de peito, revela que, quanto maior a luminosidade, menor a intensidade de vermelho. Esse resultado assemelha-se ao resultado do estudo realizado por Allen et al. (1998), em filés de peito de frango, o qual revelou que quanto maior a luminosidade, menor a intensidade de vermelho e maior a intensidade de amarelo, sendo o contrário verdadeiro no mesmo estudo, ou seja, quanto menor a luminosidade, maior a intensidade de vermelho e menor a intensidade de amarelo. Bainy (2011) afirma, em seu estudo, que as estimativas de correlações genéticas entre a luminosidade e o teor de vermelho e amarelo da carne de frangos foram respectivamente de $-0,48 \pm 0,05$ e $0,20 \pm 0,04$, e que, segundo Le Bihan-Duval et al. (2001), isso sugere que uma carne mais pálida apresenta menor intensidade de cor vermelha e maior intensidade de cor amarela.

a na carne de peito x b* na carne de peito*

A correlação positiva entre intensidade de vermelho e intensidade de amarelo da carne do peito indicou que quanto mais vermelha a carne, mais amarela.

De acordo com o estudo realizado por Bainy (2011) sobre os parâmetros genéticos de características de carcaças e de qualidade de carne de aves, há uma associação genética moderada e positiva entre as medidas de cor a^* e b^* ($0,41 \pm 0,19$). Segundo Bainy (2011), a correlação genética de $0,54 \pm 0,04$ entre as medidas de teor de vermelho e amarelo da carne de frangos no estudo de Le Bihan-Duval (2001), indica que estas características estariam associadas geneticamente.

L na carne de coxa x L* na carne de peito; a* na carne de coxa x a* na carne de peito; b* na carne de coxa x b* na carne de peito*

A correlação positiva entre os valores de L^* , a^* e b^* , entre si, para carne de coxa e de peito mostra que quanto maior for a luminosidade, intensidade de vermelho ou intensidade de amarelo da carne de coxa, maiores serão os mesmos parâmetros na carne de peito. Este fato revela que há uniformidade de cores nas carcaças, sugerindo que os fatores que podem alterar a cor da carne não o fizeram individualmente, ou seja, houve padronização em relação à nutrição, manejo (estresse) e abate das aves.

Neste experimento, observaram-se correlações importantes no nível de significância de 10%, as quais foram descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de correlação linear de Pearson entre os parâmetros avaliados em carne de peito e coxa de frango, no nível de significância de 10%

Variáveis	r	p
Idade das aves x % líquido perdido	-0,28313	0,0566
Tº água x % água absorvida	0,28287	0,0540
Perda de peso no cozimento x textura	0,25971	0,0779

Idade das aves x Líquido perdido pelo degelo das carcaças (“Dripping test”)

A correlação negativa mostra que quanto menor a idade das aves, maior a porcentagem de líquido perdido. Segundo Sant’anna (2008), carcaças com

menor peso médio possuem maior superfície de contato, o que resulta em maior contato entre os poros e a água do pré-resfriamento, resultando em um maior preenchimento dos poros da carcaça com a água do “chiller”. Assim, as carcaças com menor peso médio tendem a absorver mais água. Conforme observado na correlação positiva entre a porcentagem de água absorvida e a porcentagem de líquido perdido pelo degelo das carcaças, pode-se afirmar que quanto menor a idade, maior a porcentagem de água absorvida e maior a porcentagem de líquido perdido.

Temperatura da água de pré-resfriamento x Água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento (MCI)

Segundo Carciofi e Laurindo (2006), em geral, as temperaturas mais elevadas conduzem a uma maior absorção de água das carcaças. Esta afirmação é verdadeira, segundo Sant’anna (2008), que descreve que os poros da carcaça sofrem influência direta da temperatura do meio, ou seja, quanto maior a temperatura da água no “chiller”, mais abertos estarão os poros e, conseqüentemente, maior será a absorção; quanto mais gelada estiver a água do meio, mais fechados estarão os poros e menor será a absorção de água pela carcaça. Tais afirmações explicam a correlação positiva entre a temperatura da água de pré-resfriamento e a porcentagem de água absorvida pelas carcaças durante o processo.

Perda de peso no cozimento x Textura (força de cisalhamento)

A correlação positiva entre perda de peso no cozimento e a força de cisalhamento (kg/cm^2), ambas análises realizadas em carne de peito, confirma que, quanto maior a perda de água ou suco durante a cocção, maior a força de cisalhamento na carne.

Segundo Sá (2004), citado por Costa (2006), a perda de peso pelo cozimento da carne corresponde à perda de água ou suco que acontece

durante o aquecimento da carne pela cocção. É um parâmetro importante, pois pode afetar a aceitação da carne, já que pode alterar significativamente sua cor, textura, além de influenciar no seu valor nutritivo, pois no suco eliminado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais (COSTA, 2006).

Segundo Roça [2012], a força de cisalhamento é utilizada para avaliar a maciez da carne. O efeito do tratamento térmico sobre a maciez da carne é um reflexo da ação de temperaturas elevadas sobre o colágeno e proteínas miofibrilares. Uma força maior para o cisalhamento indica menor maciez da carne.

Análise de variância

Os resultados obtidos pela análise de variância (Teste F) estão apresentados nas Tabela 3 e 4, revelando as interações entre as variáveis estudadas, com níveis de significância de 1 e 5%.

Tabela 3 – Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis físicas

Fatores	Variáveis						
	pH	Temperatura carcaça	Água absorvida	Líquido perdido	CRA	Perda de peso no cozimento	Textura
Temperatura	0,2788	0,8973	0,0277	0,2247	0,1706	0,1679	0,5040
Borbulhamento	0,2199	0,0362	0,2073	0,2758	0,2706	0,0428	0,5279
Dureza	0,0144	0,0004	0,3663	0,1408	0,5222	0,3493	0,3741
Temperatura x Borbulhamento	0,8814	0,8560	0,1304	0,7307	0,2345	0,0593	0,7097
Temperatura x Dureza	0,4214	0,2750	0,1771	0,5609	0,3974	0,1954	0,4661
Borbulhamento x Dureza	0,7610	0,0347	0,0032	0,3031	0,8375	0,9755	0,9579
Temperatura x Borbulhamento x Dureza	0,8459	0,5412	0,1285	0,3842	0,7082	0,2889	0,7058

Tabela 4 – Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis de cor

Fatores	Variáveis					
	L^* coxa	a^* coxa	b^* coxa	L^* peito	a^* peito	b^* peito
Temperatura	0,3504	0,4293	0,6461	0,2939	0,6522	0,3372
Borbulhamento	0,4016	0,8388	0,2400	0,7192	0,6698	0,0270
Dureza	0,7394	0,4490	0,3875	0,5362	0,4716	0,0980
Temperatura x Borbulhamento	0,3347	0,9909	0,4296	0,9204	0,9930	0,7129
Temperatura x Dureza	0,7541	0,6463	0,2103	0,8670	0,4007	0,4473
Borbulhamento x Dureza	0,4060	0,7946	0,4027	0,5036	0,9231	0,0981
Temperatura x Borbulhamento x Dureza	0,8462	0,9397	0,4003	0,6370	0,9212	0,6485

Embora a análise de variância tenha demonstrado, conforme as Tabelas 3 e 4, resultado significativo, no nível de significância de 5%, para o fator borbulhamento e as variáveis *perda de peso no cozimento* e *valor de b^* no peito*, o Teste t não demonstrou diferença significativa entre as médias dessas variáveis, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 5 – Desdobramento da interação fatorial entre borbulhamento e dureza da água com a variável Água absorvida (%)

Borbulhamento	Água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento (%)	
	Água mole	Água moderadamente dura
sem	4,49 Aa	3,42 Aa
com	2,23 Bb	4,41 Aa

Letras maiúsculas, na linha. Letras minúsculas, na coluna.

O desdobramento da interação fatorial entre borbulhamento e dureza da água com porcentagem de água absorvida pelas carcaças, identificou que há diferença significativa, no nível de 5%, na porcentagem de água absorvida pelas carcaças entre água moderadamente dura e água mole e ausência ou presença de borbulhamento da água. Ou seja, a porcentagem de água absorvida pelas carcaças durante o pré-resfriamento é menor quando imersas em água mole, com borbulhamento.

A dureza das águas naturais depende, principalmente, da presença de sais de cálcio e magnésio dissolvidos (WHO, 2010). Segundo McGOWAN, (2000), citado por WHO (2010), a dureza é mais comumente expressa em miligramas de carbonato de cálcio equivalente por litro. Água contendo carbonato de cálcio em concentrações abaixo de 60 mg/L é geralmente considerada como mole; 60-120 mg/L, moderadamente dura; 120-180 mg/L, dura, e mais de 180 mg/L, muito dura. A análise das águas utilizadas neste experimento, resultou nas concentrações de 10 e 88 mg de carbonato de cálcio por litro, respectivamente para as águas mole e moderadamente dura. A menor concentração de sais na água mole faz com que sua concentração osmótica seja menor. Portanto, a tendência de migração de água para a carcaça seria maior, fazendo com que a mesma apresentasse maior absorção de água, resultado que não ocorreu neste experimento.

O resultado obtido neste experimento, em relação à menor absorção de água pelas carcaças pré-resfriadas em água com borbulhamento, foi divergente do resultado encontrado por Sant'anna (2008), o qual apresentou a tendência da absorção de água aumentar com o aumento da vazão de ar comprimido.

Tabela 6 – Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis físicas

Fatores		Variáveis				
		Água absorvida (%)	Líquido perdido (%)	CRA (%)	Perda peso cozimento (%)	Textura (FC/cm ²)
Temperatura (°C)	4	3,36 ^b	3,50	57,54 ^a	33,25 ^{ab}	1,49
	10	2,91 ^b	3,07	53,37 ^b	33,92 ^a	1,31
	16	4,58 ^a	3,94	56,14 ^{ab}	31,06 ^b	1,42
Borbulhamento	com	3,32	3,31	54,99	31,68	1,36
	sem	4,00	3,76	56,66	33,80	1,46
Dureza	moderadamente dura	3,96	3,23	56,26	32,25	1,48
	mole	3,36	3,79	55,35	33,10	1,35

^{a-c} Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente (P<0,05).

Tabela 7 – Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 44 dias de idade, para as variáveis de cor

Fatores		Variáveis					
		L* coxa	a* coxa	b* coxa	L* peito	a* peito	b* peito
Temperatura (°C)	4	62,27	6,33	14,07	60,45	6,37	17,64
	10	65,18	5,36	13,43	63,02	5,71	17,20
	16	63,70	6,48	12,77	60,46	5,60	15,99
Borbulhamento	com	63,15	6,05	13,19	61,56	5,75	16,06
	sem	64,21	6,13	13,68	60,88	6,06	17,89
Dureza	moderadamente dura	63,05	6,39	12,93	61,70	6,11	17,73
	mole	64,21	5,81	13,87	60,81	5,71	16,20

Temperatura da água do pré-resfriamento x Água absorvida

A análise de variância (Tabela 3) demonstrou significância, no nível de 5%, entre o fator *temperatura da água do pré-resfriamento* e *porcentagem de água absorvida pelas carcaças*. A Tabela 6 mostra que a maior porcentagem de água absorvida pelas carcaças ocorreu quando as carcaças foram imersas em água à temperatura de 16°C. Este resultado vai de encontro ao resultado encontrado por Sant'anna (2008), que observou que quanto maior a temperatura da água do "chiller", maior foi a absorção de água pelas carcaças. Resultado semelhante, encontrado por Carciofi (2005), citado por Sant'anna (2008), descreve que, em geral, em temperaturas mais elevadas, a absorção de água pelas carcaças é maior. Segundo Postolski e Gruda (1986), Neves Filho (1997) e López (2006), citados por Sant'anna (2008), temperaturas elevadas, elevados tempos de resfriamento e movimento forçado da água promovem maior absorção.

Tabela 8 – Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis físicas

Fatores	Variáveis						
	pH	Temp. carcaça	Água absorvida	Líquido perdido	CRA	Perda peso cozimento	Textura
Temperatura	0,9328	0,5480	0,3336	0,9657	0,8131	0,2824	0,9649
Borbulhamento	0,4320	0,4269	0,2590	0,3040	0,6560	0,7101	0,5240
Dureza	0,8313	0,3520	0,5518	0,3258	0,9553	0,1321	0,7924
Temperatura x Borbulhamento	0,9841	0,1356	0,1194	0,7577	0,4621	0,3732	0,1120
Temperatura x Dureza	0,9573	0,6837	0,2683	0,3430	0,1033	0,2734	0,3175
Borbulhamento x Dureza	0,5276	0,2466	0,4117	0,1891	0,9899	0,7292	0,4759
Temperatura x Borbulhamento x Dureza	0,0723	0,2726	0,2426	0,5169	0,0242	0,6468	0,7190

Tabela 9 – Resultados da análise de variância dos fatores temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento das carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis de cor

Fatores	Variáveis					
	<i>L*</i> coxa	<i>a*</i> coxa	<i>b*</i> coxa	<i>L*</i> peito	<i>a*</i> peito	<i>b*</i> peito
Temperatura	0,5847	0,2661	0,0044	0,2585	0,3361	0,1468
Borbulhamento	0,0573	0,0634	0,0069	0,9404	0,1573	0,0519
Dureza	0,2715	0,6449	0,3436	0,7177	0,9677	0,7104
Temperatura x Borbulhamento	0,3387	0,9069	0,0579	0,0461	0,1351	0,9727
Temperatura x Dureza	0,4680	0,6949	0,0235	0,6280	0,4840	0,8194
Borbulhamento x Dureza	0,6218	0,9716	0,9432	0,3238	0,2231	0,0947
Temperatura x Borbulhamento x Dureza	0,8253	0,7415	0,7110	0,7080	0,6395	0,2229

O desdobramento da interação fatorial entre temperatura, borbulhamento e dureza da água do pré-resfriamento com a variável *capacidade de retenção de água* revelou que: a) em água de pré-resfriamento a 4°C, a menor capacidade de retenção de água se apresentou em água moderadamente dura e sem borbulhamento; b) em água de pré-resfriamento a 10°C não houve diferença entre os fatores e variável avaliados; c) em água de

pré-resfriamento a 16°C, a menor capacidade de retenção de água se apresentou em água com borbulhamento. Os resultados obtidos não foram consistentes, não seguindo padrões em relação à presença ou não de borbulhamento e não apresentando diferença estatística na temperatura média (10°C), apesar de apresentá-la a 4 e 16°C. Segundo Judge et al. (1989), a CRA é definida como a habilidade da carne em reter água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, moagem ou pressão. Embora não seja clara a distribuição da água no músculo, sabe-se que as moléculas de água encontram-se nas formas ligada, imobilizada e livre no tecido muscular. Devido à distribuição de seus elétrons, as moléculas de água não são eletricamente neutras, mas tem extremidades carregadas positivamente e negativamente, isto é, são polares, podendo associar-se a grupos reativos carregados eletricamente das proteínas musculares. Do total de água no músculo, 4 a 5% é assim localizada, e é conhecida como água ligada. A quantidade de água imobilizada depende da quantidade de força física exercida no músculo. A água retida por fracas forças de superfície é conhecida como água livre (JUDGE et al., 1989).

Carnes com baixa CRA são pouco firmes e as de alta CRA tendem a ser muito firmes (FELÍCIO, 1999). Porém, neste estudo, não se verificou correlação significativa entre CRA e textura.

De acordo com Roça [2012], a formação de ácido láctico e a conseqüente queda do pH *post mortem* são responsáveis pela diminuição da capacidade de reter água da carne. Neste experimento, não se observou resultado significativo em relação à CRA e pH da carne de coxa ou de peito. Judge et al. (1989) afirmam que esta alteração resulta em quantidades variáveis de desnaturação e perda de solubilidade de proteínas. A redução do número de grupos reativos ocorre porque o pH se aproxima do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares: pH no qual o número de grupos positiva e negativamente carregados é igual, conforme apresentado na FIGURA 1. Por conseguinte, estes grupos tendem a ser atraídos por outro, e somente aqueles

que "sobram" estão disponíveis para atrair água. Esta influência do pH é chamada de "efeito de carga global".

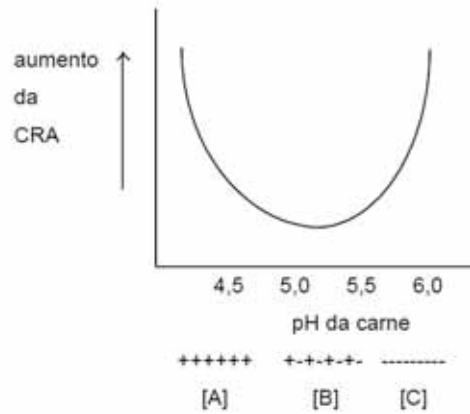


FIGURA 1 – Efeito do pH na quantidade de água imobilizada da carne, devido seu impacto na distribuição dos grupos carregados dos miofilamentos e na quantidade de espaços entre eles.

A= Excesso de cargas positivas nos filamentos

B= Balanço de cargas positivas e negativas

C= Excesso de cargas negativas nos filamentos

Fonte: Wismer-Pedersen (1971), citado por Judge et al. (1989).

Segundo Roça [2012], a instalação do *rigor mortis* também afeta a capacidade de retenção de água. A queda do ATP e as interações protéicas associadas ao *rigor mortis* são responsáveis pela formação de uma rede espessa das proteínas contráteis. As proteínas musculares produzem efeitos elétricos em proporção direta com a degradação do ATP no *post mortem*.

Conforme apresentado na Tabela 10, observou-se menor intensidade de amarelo para a carne de coxa, quando as carcaças foram submetidas à água moderadamente dura, a 16°C. A água moderadamente dura apresenta maior quantidade de carbonato de cálcio, 88 mg/L, em comparação à água mole, 10 mg/L. O carbonato de cálcio é um sal praticamente insolúvel em água, decomposto a uma temperatura de 470°C (CARDOSO, 2012). Torres et al. (1998) cita Schwartz e Mandigo (1976), Huffman et al. (1981), Rhee et al. (1983), Torres et al. (1988), Torres et al. (1989) e Asghar et al. (1990) afirmando que o sal, adicionado durante a manufatura de vários produtos cárneos, tem sido responsabilizado como catalisador da oxidação lipídica,

aumentando o número do TBA e diminuindo a cor dos produtos. Segundo Morais (2006), a oxidação é a principal causa de degradação de carotenóides em alimentos. Morais (2006), cita Costa et al. (2002) e Meléndez-Martínez et al. (2004), os quais afirmam que agentes como calor, ácidos, luz, oxigênio e enzimas como lipoxigenase provocam alteração nos carotenóides, resultando na formação de isômeros cis, epóxidos, diminuição da cor, perda da atividade pró-vitamina A e quebra da cadeia com formação de apocarotenóides (carotenóides de menos de 40 átomos de carbono).

Tabela 10 – Desdobramento da interação fatorial entre temperatura e dureza da água do pré-resfriamento com a variável b^* coxa

Temperatura da água (°C)	Dureza da água do pré-resfriamento	
	Mole	Moderadamente dura
4	12,83 Aa	14,82 Aa
10	13,83 Aa	15,43 Aa
16	12,73 Aa	10,68 Ab

Letras maiúsculas, na linha. Letras minúsculas, na coluna.

Na Tabela 11, observa-se que houve diferença significativa entre a luminosidade da carne de peito, com a água do pré-resfriamento à temperatura de 10°C e também em diferentes temperaturas quando as carcaças foram submetidas ao pré-resfriamento com borbulhamento, sendo que a 16°C a luminosidade alcançou maior valor e a 10°C obteve o menor valor. A luminosidade não diferiu estatisticamente quando as carcaças foram submetidas ao pré-resfriamento sem borbulhamento e nas temperaturas de 4 e 16°C. Estes resultados carecem de consistência, pois a variável não seguiu um padrão, aumentando ou diminuindo com a temperatura da água de pré-resfriamento.

Tabela 11 – Desdobramento da interação fatorial entre temperatura e borbulhamento da água do pré-resfriamento com a variável L^* peito

Temperatura da água (°C)	Borbulhamento	
	sem	com
4	62,97 Aa	63,83 Aab
10	64,12 Aa	58,68 Bb
16	62,08 Aa	66,98 Aa

Letras maiúsculas, na linha. Letras minúsculas, na coluna.

Tabela 12 – Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis físicas

Fatores		Variáveis				
		Água absorvida (%)	Líquido perdido (%)	CRA (%)	Perda de peso cozimento (%)	Textura (FC/cm ²)
Temperatura (°C)	4	2,24	2,84	57,48	32,25	1,48
	10	2,37	2,94	56,55	30,07	1,44
	16	3,86	2,93	56,65	32,98	1,43
Borbulhamento	com	3,35	3,22	57,20	31,44	1,43
	sem	2,30	2,55	56,59	32,09	1,48
Dureza	moderadamente dura	3,13	3,21	56,87	30,05	1,44
	mole	2,52	2,56	56,92	33,48	1,47

Tabela 13 – Médias das variáveis de acordo com os fatores temperatura da água (4, 10 e 16°C), borbulhamento (com e sem bolhas) e dureza da água (mole e moderadamente dura), de carcaças de frangos abatidos com 58 dias de idade, para as variáveis de cor

Fatores		Variáveis					
		L* coxa	a* coxa	b* coxa	L* peito	a* peito	b* peito
Temperatura (°C)	4	62,63	6,30	13,83	63,41	5,34	16,30
	10	63,73	5,08	14,63	61,40	6,08	17,68
	16	63,84	5,41	11,70	64,53	5,03	15,60
Borbulhamento	com	64,66	4,96	12,46 ^b	63,17	5,04	15,63
	sem	62,13	6,23	14,32 ^a	63,06	5,92	17,42
Dureza	moderadamente dura	62,64	5,47	13,64	62,76	5,50	16,73
	mole	64,16	5,72	13,13	63,46	5,46	16,32

^{a-c} Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem significativamente (P<0,05).

Borbulhamento x b na coxa*

Conforme apresentado na Tabela 13, a intensidade de amarelo da carne de coxa (*b** na coxa) apresentou diferença significativa, no nível de 5%, em função do fator *borbulhamento*, onde a menor média desta intensidade foi observada pelas carcaças submetidas ao pré-resfriamento em água com borbulhamento.

As aves deste estudo foram alimentadas com rações experimentais, formuladas à base de milho. Os carotenóides do milho são importantes na

coloração da carne de aves e gema dos ovos (PAES, 2006). Cardoso et al. (2009) cita Janick-Buckner et al. (1999), que afirmam que os principais carotenóides encontrados nos amiloplastos do endosperma do grão de milho são classificados como xantofilas (luteína, betacriptoxantina e zeaxantina) e carotenos (betacaroteno, alfacaroteno e betazeacaroteno) e, cita Cabuela (1971), que afirma que as xantofilas, luteína e zeaxantina, encontram-se em maior concentração no grão (90%), enquanto o betacaroteno perfaz a menor concentração (5%).

O presente experimento mostrou que o borbulhamento diminui a intensidade de amarelo da carne de coxa. Altos níveis de oxigênio levam à destruição dos carotenóides. Na maioria dos tecidos biológicos, o nível de oxigênio é baixo (BARREIROS et al., 2006). Segundo Morais (2006), a oxidação é a principal causa de degradação de carotenóides em alimentos. Estes compostos são facilmente oxidados em função do grande número de duplas ligações conjugadas. Fatores como luz, temperatura, presença de oxigênio e metais estão relacionados à diminuição da estabilidade e favorecimento da degradação dos carotenóides (RIBEIRO et al., 2011). Conforme Rodriguez-Amaya (1999), citado por Morais (2006), ao final da oxidação, ocorre a perda total da cor e da atividade biológica. Como descrito na discussão do resultado apresentado na Tabela 10, agentes como o oxigênio provocam diminuição da cor dos carotenóides.

Conclusão

O pré-resfriamento de carcaças de frango por imersão em água, realizado corretamente, conforme a Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, do MAPA, garante a segurança do processo em relação à absorção de água na carne de frango.

O Método do Controle Interno e o Método do “Dripping test” são altamente correlacionados e podem ser utilizados para identificar possíveis

fraudes ou erros de procedimento causadores do excesso de absorção de água na carne de frango.

Carcaças de frango com menor massa tendem a absorver mais água durante o pré-resfriamento por imersão em água e, assim perder mais líquido durante o degelo.

A absorção de água pelas carcaças de frango é maior quando imersas em temperaturas mais elevadas da água de pré-resfriamento.

REFERÊNCIAS

ALLEN, C.D. et al. **The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life.** Department of Poultry Science, The University of Georgia, Athens, Georgia. Poultry Science v. 77, p. 361-366, 1998.

BAINY, A.M. **Parâmetros genéticos de características de carcaça e de qualidade da carne de aves oriundas de cruzamento recíproco.** 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

BARREIROS A.L.B.S. et al. **Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo.** Química Nova, Salvador, v. 29, N. 1, p. 113-123, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. **Aprova o Regulamento Técnico de Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26/11/1998, Seção 1, p.226

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999. **Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e Seus Ingredientes – Sal e Salmoura.** Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 12 set. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Programa de Prevenção de Controle de Adição de Água aos Produtos - PPCAAP**. Guarapuava, PR, 2010. Disponível em: <<http://www.nucleovetguarapuava.com.br/wp-content/uploads/2010/09/ppcaap.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2012.

CARCIOFI, B.A.M.; LAURINDO J.B. **Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. Chemical Engineering and Processing**. Lousanne, Sz, 2006.

CARDOSO, W.S. et al. **Variabilidade de genótipos de milho quanto à composição de carotenóides nos grãos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44, n.2, p.164-173, fev. 2009.

CARDOSO, M.L. **Carbonato de cálcio**. Disponível em <<http://www.infoescola.com/compostos-quimicos/carbonato-de-calcio/>>. Acesso em 31 out. 2012.

COSTA, F. **Caracterização do processo de *rigor mortis* e da maciez dos músculos *Gastrocnemius* e *Pectorallis* e efeito da radiação gama na vida comercial da carne de peru (*Meleagris gallopavo*)**. 2006. 145 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

FELÍCIO, P.E. **Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas**. In: XXXVI Reunião Anual da SBZ, Porto Alegre. Anais... Rio Grande do Sul: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999.

IDEC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Teste comparativo frangos congelados**. 2004. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/audiencias-publicas/audiencias-2008/rap270508idec.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

JUDGE et al. **Principles of meat science**. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 1989. 351 p.

LE BIHAN-DUVAL, E. et al. **Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body**

composition in an experimental broiler line. Poultry Science, Nouzilly, v. 80, p. 839-843, 2001.

MILLER, M. **Dark, firm and dry beef.** Beef Facts: Product Enhancement. Texas Tech University, 2007.

MINOLTA, K. 2007. **Precise Color Communication.** Disponível em: <[HTTP://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf](http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2012.

MORAIS, F.L. **Carotenóides: características biológicas e químicas.** 2006. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade de Alimentos). Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

NAKAMURA, M.; KATOH, K. **Influence of thawing method on several properties of rabbit meat.** Bulletin of Ishikawa Prefecture College of Agriculture – Japan, 11:45-49, 1985.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho.** Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2006. 6f. (Circular Técnica 75).

POSTE, L. M.; MACKIE, D.; AGAR, V.E.; THOMPSON, B.K. **Correlations of sensory and instrumental meat tenderness value as affected by sampling techniques.** Food Quality and Preference, 4:207-214, 1993.

RAMOS E.M.R.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias.** Viçosa: Editora UFV, 2009. 599 p.

RIBEIRO, P.E.A. et al. **Estabilidade de carotenóides durante análises cromatográficas utilizando amostrador automático com sistema de refrigeração.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2011. 25f.

ROÇA, R.O. **Propriedades da carne,** [2012]. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, Universidade Estadual Paulista. Botucatu. Disponível em: <<http://www.pucrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca107.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2012.

ROÇA, R.O. **Modificações post mortem**, [2009]. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, Universidade Estadual Paulista. Botucatu. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca105.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2012.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

SANT'ANNA V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água em carcaças de frango em chiller industrial**. 2008. 54 f. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.2 User's Guide**. Cary: SAS Institute Inc. 2008.

SILVA, M.C.E. et al. **Avaliação quantitativa da absorção de água em peito congelado de frangos comercializados no varejo da cidade de Uberlândia-MG**. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária Uberlândia, 35, 2008. Gramado. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/indiceautor.htm#M>>. Acesso em: 26 set. 2012.

TORRES E.A.F.S et al. **Papel do sal iodado na oxidação lipídica em hambúrgueres bovino e suíno (misto) ou de frango**. Ciência e Tecnologia Alimentos, v. 18, n. 1, p.49-52, 1998.

WHO. World Health Organization. **Hardness in Drinking-water**. Geneva, 2010. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO_HSE_WSH_10.01_10_Rev1_eng.pdf>. Acesso em: 04 set. 2012.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**, 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 2009.