

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA CARNE DE
PEITO DE AVES DE DIFERENTES IDADES SUBMETIDA À
MATURAÇÃO**

**Juliana Lolli Malagoli de Mello
Zootecnista**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA CARNE DE
PEITO DE AVES DE DIFERENTES IDADES SUBMETIDA À
MATURAÇÃO**

Juliana Lolli Malagoli de Mello

Orientador: Profa. Dra. Hirasilva Borba

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Alves de Souza

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Zootecnia.**

2016

M527c Mello, Juliana Lolli Malagoli de
Caracterização física e química da carne de peito de aves de diferentes idades submetida à maturação / Juliana Lolli Malagoli de Mello. -- Jaboticabal, 2016
xiv, 71 f. : il. ; 28 cm

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientadora: Hirasilva Borba

Banca examinadora: Marco Antonio Trindade, Cecília Maria Costa do Amaral, Lizandra Amoroso, Silvana Martinez Baraldi Artoni

Bibliografia

1. Ácidos graxos. 2. Armazenamento. 3. Frango de corte. 4. Galinha matriz. 5. Maciez. 6. Qualidade de carne. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.5:636.087

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JULIANA LOLLI MALAGOLI DE MELLO – Nasceu no município de São Paulo, Estado de São Paulo, no dia 06 de setembro de 1985. Em março de 2004 iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT/UNESP – Campus Dracena, São Paulo, graduando-se em dezembro de 2008. Em março de 2010 iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia (mestrado), com área de concentração em Produção Animal e ênfase em Tecnologia dos Produtos de Origem Animal pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal, São Paulo, durante o qual foi bolsista pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), submetendo-se à defesa da dissertação de mestrado em fevereiro de 2012. Em março de 2012 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela mesma instituição, também com ênfase em Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, durante o qual foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). No período de novembro de 2014 a junho de 2015 realizou estágio no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade de Copenhague, Dinamarca, como participante do Programa Doutorado Sanduíche no Exterior.

“Você nasceu no lar que precisava nascer, vestiu o corpo físico que merecia, mora onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com o teu adiantamento. Você possui os recursos financeiros coerentes com tuas necessidades... nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas. Seu ambiente de trabalho é o que você elegeu espontaneamente para a sua realização. Teus parentes e amigos são as almas que você mesmo atraiu, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle. Você escolhe, recolhe, elege, atrai, busca, expulsa, modifica tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes. São as fontes de atração e repulsão na jornada da tua vivência. Não reclame, nem se faça de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograma tua meta, busca o bem e você viverá melhor. Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”

Chico Xavier

Aos meus pais

Luiz Roberto Malagoli de Mello e Nilva Lolli Malagoli de Mello

*pelo incentivo, pela confiança em mim depositada em mais esta etapa
da minha vida e por todo o amor.*

Ao meu irmão

Luiz Roberto Malagoli de Mello Filho

Às minhas filhas peludas

Sol e Filó

DEDICO

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A **Deus**, por ter me orientado em minha escolha, por ter me dado saúde para colocá-la em prática e por não me deixar desistir diante de todos os obstáculos que surgiram.

À minha orientadora

Profa. Dra. Hirasilva Borba

Agradeço pela confiança em mim depositada e por sua amizade.

Ao meu coorientador

Prof. Dr. Pedro Alves de Souza

Pela ajuda durante o doutorado e desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A toda a equipe do Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da FCAV/UNESP e aos estagiários que passaram pelo Laboratório durante estes quatro anos. Sem a ajuda de vocês este trabalho não teria sido realizado.

Aos amigos Mariana Piatto Berton, Ana Beatriz Bertoncello Rodrigues, Rodrigo Alves de Souza, Leonardo Borba, Fábio Borba Ferrari e Thiago Alves de Souza pela amizade, paciência e momentos de descontração e descanso. Vocês foram fundamentais para que este trabalho fosse concretizado.

À Carolina Cardoso Nagib Nascimento pela amizade, companheirismo e por toda a ajuda durante a nossa estadia em Copenhague.

À Tânia Mara Azevedo de Lima, minha mãe de coração, por cada palavra de incentivo, carinho e pela imensa ajuda (pessoal e profissional) ao longo desta caminhada.

Aos docentes Dra. Isabel Cristina Boleli, Dra. Lizandra Amoroso, Dra. Maria Regina Barbieri de Carvalho e Dr. Oswaldo Durival Rossi Junior pela participação no exame de qualificação. Obrigada pelas sugestões.

Aos docentes Dra. Cecilia Maria Costa do Amaral, Dra. Lizandra Amoroso, Dr. Marco Antonio Trindade e Dra. Silvana Martinez Baraldi Artoni pela participação na defesa de tese. Obrigada pela contribuição.

Aos pesquisadores Dr. Anders Hans Karlsson e Dr. Jorge Ruiz Carrascal, do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade de Copenhague na Dinamarca, pela oportunidade de trabalharmos juntos durante o meu Doutorado Sanduíche no Exterior.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia da FCAV/UNESP e aos motoristas da FCAV/UNESP que me acompanharam nas viagens para coleta de material.

À FAPESP pelo auxílio à pesquisa e bolsa de estudos concedidos (Processos 2011/21681-0 e 2012/08787-7) e à CAPES pela bolsa de estudos “Doutorado Sanduíche no Exterior”.

OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Lista de abreviaturas.....	xii
Lista de Tabelas – Capítulo 2.....	xiii
Lista de Tabelas – Capítulo 3.....	xiv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA CARNE DE PEITO DE MATRIZES PESADAS DE CORTE MATURADA POR SETE DIAS.....	26
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
CAPÍTULO 3 - ALTERAÇÕES PROMOVIDAS PELA MATURAÇÃO EM CARNE DE PEITO DE FRANGOS DE DUAS LINHAGENS COMERCIAIS.....	49
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	50
INTRODUÇÃO.....	51
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS.....	67

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA CARNE DE PEITO DE AVES DE DIFERENTES IDADES SUBMETIDA À MATURAÇÃO

RESUMO – Este estudo propôs avaliar diferenças entre carne de peito de matrizes e de frangos de corte com relação à qualidade, composição química e perfil de ácidos graxos e quais os possíveis efeitos da maturação na qualidade dos filés. Propôs também avaliar diferenças entre carne de peito de frangos de diferentes linhagens e de que maneira a maturação pode contribuir para que um produto de melhor qualidade seja oferecido ao consumidor. O Capítulo 1 aborda considerações gerais e revisão de literatura sobre o tema proposto. No Capítulo 2, foi avaliada a influência da idade da ave e o efeito da maturação sobre as propriedades físicas, atributos relacionados à maciez, composição química e o perfil lipídico da carne de peito de aves de corte abatidas com seis e 70 semanas de idade. Concluiu-se que o uso da carne de aves em idade de descarte como matéria-prima pode ser benéfico à indústria, pois apresenta mais gordura e menos colesterol, maior capacidade de reter água intracelular e menor perda durante o cozimento; que a menor concentração de ácidos graxos poli-insaturados faz com que a carne de aves em idade de descarte seja menos susceptível à oxidação lipídica; que maturar filés de peito durante três dias é suficiente para promover o amaciamento e reduzir a quantidade de gordura e de colesterol; e que a maturação pode, portanto, ser utilizada como técnica para agregar valor e diferenciar os produtos cárneos a base de frango. No Capítulo 3, foi avaliado o efeito da maturação sobre as características físicas e químicas da carne de peito de frangos das linhagens Cobb 500 e Label Rouge, abatidos aos 42 e 85 dias de idade, respectivamente. Concluiu-se que embora seja menos macia, a carne de frangos Label Rouge apresenta maior capacidade de reter a água intracelular, menor produção de exsudato e, possivelmente menor perda nutricional durante o armazenamento. Apresenta maior concentração de colesterol, mas em contrapartida possui maior concentração de PUFA, que são benéficos à saúde humana. O processo de maturação aumenta a maciez da carne de peito e promove a redução da concentração de colesterol e da quantidade de gordura.

Palavras-chave: ácidos graxos, armazenamento, frango de corte, galinha matriz, maciez, qualidade de carne

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BREAST MEAT FROM POULTRY OF DIFFERENT AGE SUBMITTED TO AGING PROCESS

ABSTRACT – The aim of this research was to evaluate the differences between breast meat from spent hens and broilers, related to quality, chemical composition and fatty acids profile, and what are the possible effects of aging process on the quality of the fillets. The aim was also evaluating the differences between breast meat from broilers of different strains and how the aging process may contribute to the improvement of products offered to the consumers. Chapter 1 deals with general considerations and a review about the subject. In chapter 2 was evaluated the influence of the bird's age and the effect of aging on physical properties, attributes related to the softness, chemical composition and lipid profile of breast meat from broilers slaughtered at 6 and 70-w-old. It concludes that use of spent hen breast meat as a raw material may be beneficial to the industry because it has more fat and less cholesterol, higher intracellular water holding capacity and lower cooking loss; that the lower concentration of polyunsaturated fatty acids makes the meat from spent hens is less susceptible to the lipid oxidation; that the aging of breast fillets for three days is enough to cause softening and reducing the amount of fat and cholesterol; and that the aging process can therefore be used as a technique to add value and differentiate chicken meat products. In Chapter 3 was evaluated the effect of aging on the physical and chemical characteristics of breast meat from Cobb 500 and Label Rouge broilers, slaughtered at 42 and 85-d-old, respectively. In conclusion, although it is less tender, the meat from Label Rouge broilers has higher capacity to hold the intracellular water, produce less exudate and, possibly, shows lower nutritional loss during storage. It has higher concentration of cholesterol but, in contrast, has a higher concentration of PUFA, which are beneficial to human health. The aging process increases the softness of breast meat and promotes the reduction of cholesterol concentration and the amount of fat.

Keywords: broiler, fatty acids, meat quality, softness, spent hen, storage

LISTA DE ABREVIATURAS

a*	Intensidade de vermelho
b*	Intensidade de amarelo
L*	Luminosidade
ALA	Ácido linolênico
BOD	Demanda bioquímica de oxigênio
CRA	Capacidade de retenção de água
DHA	Ácido docosaheptaenóico
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
EPA	Ácido eicosapentaenóico
FC	Força de cisalhamento
kgf	Quilograma força
IFM	Índice de fragmentação miofibrilar
MDA	Malonaldeído
MUFA	Ácidos graxos monoinsaturados
PPA	Perda de peso por armazenamento
PPC	Perda de peso por cozimento
PS	Proteína solúvel no exsudato
PUFA	Ácidos graxos poli-insaturados
SIF	Serviço de inspeção federal
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
ton	Tonelada
VE	Volume de exsudato

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO 2

	Página
Tabela 1. Luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*), pH e capacidade de retenção de água (CRA) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação.....	33
Tabela 2. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) e capacidade de retenção de água (CRA).....	34
Tabela 3. Perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação.....	36
Tabela 4. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC).....	36
Tabela 5. Colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação.....	36
Tabela 6. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar (IFM).....	37
Tabela 7. Composição química da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação.....	38
Tabela 8. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis proteína, gordura, umidade e cinzas.....	39
Tabela 9. Colesterol total e oxidação lipídica (TBARS) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação.....	40
Tabela 10. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (TBARS).....	40
Tabela 11. Concentração de ácidos graxos, em g.kg-1, da gordura da carne de peito de aves de diferentes idades.....	43

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO 3

	Página
Tabela 1. Luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.....	57
Tabela 2. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*).....	57
Tabela 3. pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.....	59
Tabela 4. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar (IFM)	60
Tabela 5. Perda de peso por armazenamento (PPA), volume de exsudato (VE) e proteína solúvel no exsudato (PS) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.....	62
Tabela 6. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis perda de peso por armazenamento (PPA), volume de exsudato (VE) e proteína solúvel no exsudato (PS).....	62
Tabela 7. Composição química da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.....	63
Tabela 8. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para os percentuais de proteína e gordura.....	63
Tabela 9. Colesterol total e oxidação lipídica (TBARS) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.....	64
Tabela 10. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (TBARS)	64
Tabela 11. Composição de ácidos graxos, em porcentagem, da gordura da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge.....	66

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

INTRODUÇÃO

As mudanças no setor avícola durante os últimos anos transformaram o Brasil em importante produtor e fornecedor de cortes e derivados de frango. Dados atuais apontam o Brasil como o segundo maior produtor (13.130 mil ton) e o maior exportador mundial (4.304 mil ton) de carne de frango (ABPA, 2016); o consumo brasileiro, em 2014, foi de aproximadamente 42,78 kg/hab, 2,2% maior do que em 2013 (41,8 kg/hab) (ABPA, 2015).

O consumo de carne de frango foi impulsionado, no último ano, pelos elevados preços praticados na comercialização da carne bovina. Houve transferência de consumo entre os diferentes tipos de carne, sendo que a de frango continua sendo uma das fontes de proteína animal com preço mais acessível no mercado brasileiro.

A avicultura de corte nacional desenvolveu-se em um complexo setor econômico cujo objetivo é a máxima produção de carne com menor custo, o que resulta em um grande número de matrizes alojadas e que quando chegam ao final do ciclo de produção são destinadas ao abate para diminuir os custos da criação. Em 2013, segundo o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015) foi registrado o alojamento de 46,1 milhões de matrizes de corte e em 2014 de 49,3 milhões de matrizes. A carne dessas aves apresenta textura rígida, devida ao aumento da concentração de colágeno (LI, 2006) e maior deposição de gordura subcutânea e abdominal do que um frango abatido em idade comercial (TRINDADE, 2003). Após o abate é usualmente utilizada na formulação de embutidos emulsionados como salsichas e mortadelas e também hambúrgueres (BORBA, 2008), como uma forma de destinar adequadamente as aves em final de produção e valorizar este segmento da avicultura pouco explorado.

Na literatura são escassos os trabalhos publicados sobre as características tecnológicas da carne de aves em idade de descarte. Faz-se necessário buscar alternativas de processamento que agreguem valor e que permitam o consumo deste tipo de carne como carne nobre e não mais como um subproduto. A técnica de

maturação permite que mudanças significativas na estrutura miofibrilar promovam o amaciamento da carne e alterem suas características de qualidade (PALKA, 2003), tornando-a também aromática (PARDI et al., 1995) e saborosa (LAWRIE, 1985).

Com base nisso, este estudo propôs avaliar as diferenças existentes entre carne de peito de matrizes pesadas (abatidas em idade de descarte para a atividade de postura de ovos férteis) e de frangos de corte (abatidos em idade comercial) com relação à qualidade, composição química e perfil de ácidos graxos e quais os possíveis efeitos da maturação na qualidade dos filés. A hipótese é de que seja possível proporcionar à carne de aves em idade de descarte, através do emprego da técnica de maturação, características tecnológicas semelhantes às da carne de frangos abatidos em idade comercial, comumente encontrada na mesa do consumidor.

Propôs também avaliar as diferenças existentes entre carne de peito de frangos de corte de diferentes linhagens e de que maneira a técnica de maturação pode contribuir para que um produto de melhor qualidade seja oferecido ao consumidor.

O Capítulo 2, intitulado “**Características físicas e químicas da carne de peito de matrizes pesadas de corte maturada por sete dias**” foi redigido de acordo com as normas editoriais do periódico “*Journal of the Science of Food and Agriculture*” (ISSN 0022-5142); e o Capítulo 3, intitulado “**Alterações promovidas pela maturação em carne de peito de frangos de duas linhagens comerciais**” foi redigido de acordo com as normas editoriais do periódico “*Scientia Agrícola*” (ISSN 0103-9016).

REVISÃO DA LITERATURA

Aves de descarte

As matrizes pesadas de corte são aves grandes, com peso aproximado de 3 a 4 kg, cuja conformação corporal é semelhante à de um frango de corte, com músculos do peito e das coxas bastante desenvolvidos, características estas que são justificadas pelo potencial destas aves em produzir pintos comerciais de grande vigor híbrido para a produção de carne (SANFELICE et al., 2010).

Em 2013, de acordo com o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015), foi registrado o alojamento de 46,1 milhões de matrizes de corte e em 2014 de 49,3 milhões de matrizes, que são mantidas na produção de ovos por, em média, 75 a 100 semanas de idade (KANG et al., 2009) quando então são destinadas ao abate e a carne destinada à fabricação de produtos processados, geralmente na forma de carne moída.

Com o avanço da idade, ocorre no músculo da ave a formação de irreversíveis ligações entre as moléculas de colágeno que afetam de maneira direta a maciez da carne e sua capacidade de retenção de água (VAITHIYANATHAN et al., 2008), o que impede sua comercialização na forma de músculo inteiro e reduz o seu valor de mercado.

Santos et al. (2004) ao estudarem a influência da maturação *post-mortem* sobre o amaciamento de filés de peito de frango, concluíram que amostras maturadas são mais macias do que amostras não maturadas e que o tempo para maturação de filés de frango poderia ser ajustado para 8 horas, uma vez que não foi verificada alteração significativa da qualidade após este tempo, podendo evitar também contaminação microbiológica relacionada ao tempo de armazenamento.

Vaithiyathan et al. (2008) avaliaram as alterações bioquímicas e físico-químicas ocorridas em carne de peito de matrizes pesadas durante o armazenamento a 4 °C em refrigerador doméstico por até 28 dias. Concluíram que o armazenamento causou a degradação de proteínas estruturais e o amaciamento das amostras.

Komiyama et al. (2009) pesquisaram os efeitos da técnica de maturação na qualidade da carne e as modificações provocadas na estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas em idade de descarte, e concluíram que houve melhora em alguns parâmetros de qualidade, que não houve efeito sobre o diâmetro e número de fibras musculares e que houve desestruturação das fibras com o aumento do tempo de maturação.

Garcia et al. (2012) estudaram a qualidade da carne de peito de frangos de corte marinados e armazenados por 48 horas a 5 °C, concluíram que o armazenamento sob baixa temperatura melhorou a qualidade dos filés.

Frango tipo “Caipira” ou Colonial

A criação de aves para produção de carne tipo “caipira” é um segmento promissor da avicultura alternativa devido à demanda por produtos mais saborosos, firmes e com sabor pronunciado (MADEIRA et al., 2010). O denominado frango tipo “caipira” ou colonial, obtido a partir de criações nas quais são adotadas técnicas de manejo diferenciadas do sistema convencional é muito apreciado por uma significativa parcela de consumidores, porém, a reduzida oferta no mercado torna esse tipo de produto caro e inacessível a parte da população.

A criação de frangos de corte tipo colonial ou “caipira” está regulamentada no Brasil pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através do Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99 (BRASIL, 1999), que define as condições de manejo deste tipo de ave. Nestas condições está proibido o uso de promotores de crescimento e a ave não pode receber produtos quimioterápicos e ingredientes de origem animal em sua alimentação; a partir do 28º dia de idade as aves devem ter acesso a piquetes com no mínimo três metros quadrados de área disponível para cada ave alojada; a idade mínima de abate é de 85 dias, sendo necessário o uso de linhagens específicas para este tipo de criação como Pescoço Pelado Label Rouge, Paraíso Pedrês, Embrapa 041, Caipirinha e 7P.

Por serem aves bastante rústicas, as linhagens caipiras podem ser criadas semiconfinadas com acesso a uma área de “pastejo” na qual se alimentam de capins, insetos e sementes que, segundo Hellmeister Filho et al. (2003), conferem um sabor diferente à carne, quando comparada à de aves criadas totalmente confinadas, resultando em maior valor agregado e diferenciação do produto final.

Alguns consumidores se interessam por esse tipo de carne por acreditarem que esses produtos apresentam qualidade sensorial superior e que o sabor seja melhor que o da carne de aves criadas confinadas (FANATICO et al., 2006). Além disso, embora o desempenho de aves de crescimento lento possa ser menos eficiente do que o de aves de crescimento rápido, as aves de crescimento lento são mais adaptadas para sistemas alternativos de produção, bem como a qualidade de sua carne é mais apropriada para mercados especializados ou “gourmet” (CASTELLINI et al., 2002).

A produção da linhagem Label Rouge aumentou quatro vezes em 20 anos, sendo comercializada principalmente como carcaça inteira mas, no entanto, a tendência é que esse tipo de produto diminua, devido à demanda por produtos transformados em cortes para atender o mercado consumidor (CASTELLINI et al., 2008).

Em 2014 a produção de frango caipira foi de 123 mil toneladas de carne e o setor encontra-se em crescimento, embora ainda só consiga atender ao mercado interno (PARISE, 2014). O mercado brasileiro de aves alternativas está em expansão, principalmente pela busca por alimentos saudáveis e com características sensoriais diferenciadas.

Lonergan et al. (2003) avaliaram características relacionadas à qualidade da carne de peito entre as populações de aves com diferentes taxas de crescimento e observaram grande diversidade entre as linhagens em termos de composição nutricional e qualidade. Algumas pesquisas levantam a dúvida de que a seleção genética das aves para o rápido crescimento e alto rendimento possa ter afetado as propriedades funcionais e sensoriais da carne. Desta forma, é possível que existam diferenças entre a qualidade da carne de aves de crescimento rápido e de crescimento lento.

Fanatico et al. (2005) ao estudarem a carne de peito de aves de diferentes genótipos (linhagens de crescimento lento, médio e rápido), com e sem acesso à área de pastejo, observaram diferenças significativas entre as linhagens. O acesso ao pastejo influenciou principalmente a intensidade de amarelo e a perda por cozimento, que foram superiores para a carne de aves de crescimento lento. A maciez da carne de aves de crescimento rápido foi influenciada tanto pelo sexo da ave como pelo sistema de criação. A composição química foi em grande parte afetada pelo genótipo e pelo acesso ao pastejo.

Constituição do músculo, *Rigor mortis* e a transformação do músculo em carne

O músculo é uma estrutura complexa composta por fibras musculares (unidade fundamental), citoesqueleto, matriz extracelular e água (PALKA, 2003). Cada fibra é individualmente envolvida por tecido conjuntivo que recebe o nome de

endomísio; com o agrupamento das fibras são formados feixes musculares que são envolvidos pelo perimísio e o agrupamento destes feixes dá origem ao músculo, que é envolvido pelo epimísio (NISHIMURA, 2015). Abaixo do endomísio está uma estrutura em forma de rede, chamada sarcolema, a qual é diretamente ligada aos filamentos de actina e miosina.

A fibra que compõe o músculo esquelético é constituída por miofibrilas, cuja unidade estrutural é o sarcômero, onde ocorrem as alterações que conduzem ao amaciamento pós-abate (TSITSILONIS et al., 2002), e que consiste na distância entre duas linhas transversais e escuras, denominadas linhas Z. Distribuídos no sarcômero estão os filamentos grossos e finos, compostos principalmente por miosina e actina, respectivamente (FERNANDES, 1997).

Após o abate do animal as funções vitais do músculo permanecem em atividade juntamente com as modificações bioquímicas e estruturais que conduzem à conversão do músculo em carne. A modificação mais evidente durante o *post-mortem* é a transformação do músculo de um estágio flexível e elástico para um estágio mais rígido e inextensível. A contração muscular lenta, intensa e irreversível que ocorre durante o *post-mortem* é chamada de *rigor mortis* (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Com a interrupção da circulação sanguínea, as células passam a consumir o oxigênio muscular armazenado nas mioglobinas. Após consumir toda essa reserva, a célula passa a depender do mecanismo anaeróbio (reservas de glicogênio) para obter energia, produz ácido láctico e, conseqüentemente, provoca a queda do pH. Com a queda do pH moléculas de actina e miosina se combinam formando o complexo actomiosina, responsável pela rigidez e falta de elasticidade do músculo em rigor (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O acúmulo de ácido láctico tem influência importante na qualidade da carne, pois modifica a cor, a aparência, o sabor, o aroma, a maciez, a suculência, a capacidade de retenção de água e a capacidade de emulsificação (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A resolução do *rigor mortis* constitui a primeira etapa do amaciamento da carne. O processo é iniciado pela atividade das enzimas pertencentes ao sistema calpaínas, a μ -calpaína e a m-calpaína, que não atuam diretamente sobre miosina e

actina, porém degradam o disco Z e hidrolisam as proteínas desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina e proteína C. A hidrólise da tropomiosina e troponina facilita a desestruturação dos filamentos finos, resultando em monômeros de actina e a degradação da proteína C, em monômeros de miosina. A degradação do restante das proteínas contribui para o enfraquecimento da estrutura miofibrilar (ROÇA, 2001).

Embora vários fatores como idade, sexo, linhagem e estresse ambiental ou nutricional tenham sido apontados por influenciarem a qualidade da carne de aves, a taxa de desenvolvimento do *rigor mortis* e o tempo de desossa tem maior influência, especialmente na maciez da carne. Com o aumento da popularidade dos alimentos processados e cortes especiais, os períodos de refrigeração têm diminuído como forma de melhorar a eficiência do processamento e, com isso, a desossa precoce pode causar o encurtamento do sarcômero e promover o endurecimento da carne (MEHAFFEY et al., 2006).

Para que um possível endurecimento seja evitado, pesquisas recomendam que as carcaças sejam refrigeradas durante pelo menos 4 a 6 horas para permitir o total desenvolvimento do *rigor mortis* (STEWART et al., 1984; LYON; WILSON, 1986; DAWSON et al., 1987; SANFELICE et al., 2010).

Maturação

O processo de maturação tem por objetivo tornar as carnes mais macias e aromáticas, sendo esta mudança devida à atividade enzimática (PARDI et al., 1995). Consiste na manutenção da carne refrigerada sob temperaturas próximas a 0 °C, por um período suficiente para torná-la não apenas macia, como também para melhorar outros atributos sensoriais, em especial textura e odor, influenciando significativamente sua palatabilidade (LAWRIE, 1985).

A combinação de tempo e temperatura é indicada para que as enzimas naturalmente presentes na carne promovam o amaciamento. Para tanto, existem limites de temperatura, uma vez que abaixo de -2 °C, a carne pode congelar e as enzimas responsáveis pela maturação podem ser inativadas, enquanto que temperaturas elevadas de refrigeração favorecem o desenvolvimento de micro-organismos. A maturação comercial utilizada na indústria requer condições

controladas, nas quais a carne é embalada a vácuo e a temperatura mantida entre -1 e 2 °C (KOMIYAMA et al., 2009).

Durante a maturação ocorrem mudanças significativas na estrutura muscular, decorrentes da resolução do *rigor mortis*. A maciez é resultante da eficiência com que ocorreu a degradação enzimática para desestruturar as miofibrilas compactadas durante o processo de *rigor mortis*. O comprimento de sarcômero, o conteúdo de tecido conjuntivo e a proteólise das miofibrilas podem explicar a variação observada na carne maturada (KOOHMARAIE et al., 2002).

A proteólise *post-mortem* é a grande responsável pelo amaciamento que ocorre durante a maturação e pode variar conforme a espécie animal (KOOHMARAIE, 1996). Outros fatores como abaixamento do pH, encurtamento do sarcômero, quantidade e solubilidade do colágeno, espécie animal, raça, sexo, alimentação do animal e tecnologia do abate influenciam a velocidade e intensidade do processo de degradação proteolítica (KOOHMARAIE, 1994). Para que a maturação seja realizada corretamente é importante que ocorra a adequada acidificação da carne (pH entre 5,4 e 5,8), pois valores finais elevados podem favorecer alterações bacterianas (PRÄNDL et al., 1994).

As principais alterações que ocorrem no músculo durante a maturação, que resultam na perda da integridade estrutural do tecido e, conseqüentemente, na melhora na maciez da carne são: enfraquecimento e degradação do disco Z, degradação das proteínas desmina, titina e nebulina e o desaparecimento da troponina T. As proteínas contráteis mais abundantes no tecido muscular, actina e miosina, não são afetadas durante o processo de maturação (KOOHMARAIE, 1994).

Após alguns dias de maturação ocorre o enfraquecimento das ligações entre titina, nebulina e linhas Z. A nebulina e a titina são degradadas durante vários dias de armazenamento *post-mortem*, enquanto que as proteínas do disco Z são degradadas após 7-10 dias pós-abate. Alterações estruturais na matriz extracelular se iniciam após 14 e/ou 28 dias *post-mortem* (PALKA, 2003).

Para que ocorra o amaciamento da carne bovina é necessário maturar por pelo menos dez dias; da carne suína por pelo menos cinco a seis dias; e para carne de aves esse tempo decresce para 12 a 24 horas (KOOHMARAIE, 1996).

Qualidade da carne

Existem dois pontos de vista com relação ao conceito de “qualidade” (BECKER, 2002). O primeiro extremo está relacionado ao consumidor, ao que ele define por ser um produto de qualidade, e que não pode ser medido objetivamente. No outro extremo está a qualidade objetivamente definida, o que é cientificamente mensurável, que serve de parâmetro para a cadeia produtiva e para a ciência.

Como consequência, é de interesse das indústrias saber como o consumidor define “qualidade” e de que forma elas podem manter ou melhorar os atributos de determinado alimento durante o seu processamento (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O desejo por alimentos com características sensoriais diferenciadas torna os consumidores mais exigentes com os produtos de origem animal disponíveis no mercado. Cor, capacidade de retenção de água e textura são características importantes e que podem afetar a preferência de quem consome (FANATICO et al., 2005).

- **Cor**

A cor atraente da carne é a primeira característica notada no momento da compra, especialmente quando se trata de produtos desossados, e é também utilizada como indicador de qualidade, interpretada como sinônimo de um produto fresco (ISMAIL et al., 2008; MUCHENJE et al., 2009). É principalmente influenciada pelo pigmento mioglobina, cuja concentração depende de fatores como espécie, idade do animal, localização anatômica do músculo, alimentação, condições pré-abate e estado de oxidação e oxigenação do músculo (LIMA JUNIOR et al., 2011).

A mioglobina é uma proteína sarcoplasmática (BARBUT, 2002) cuja função é armazenar oxigênio no músculo para produção de energia (GUIDI; CASTIGLIEGO, 2010). No músculo há três formas principais de mioglobina, desoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina, cada um promove diferentes tonalidades a cada tipo de carne e a coloração final é a combinação dos três pigmentos (FEINER, 2006).

A mioglobina pode oxidar e provoca reações químicas que fazem com que a cor da carne fresca mude. A cor ideal para cada tipo de carne é alcançada através do processo chamado “blooming”, quando a mioglobina torna-se oxigenada e forma

oximioglobina, um pigmento caracteristicamente vermelho que faz com que a mioglobina passe da cor vermelho púrpura (característica da carne de animais recém-abatidos) para o adequado tom de vermelho ou rosa.

Sob baixas concentrações de oxigênio, metamioglobina é formada pela oxidação do átomo de ferro da desoximioglobina e confere à carne coloração marrom. O “blooming” depende da disponibilidade de oxigênio, da difusão pela peça de carne e da taxa de consumo de oxigênio (LEDWARD, 1992).

Ledward (1992) atribuiu a diferença de capacidade de oxigenação entre bifes maturados e não maturados a possíveis perdas de atividade das enzimas que consomem oxigênio durante o armazenamento a vácuo, e concluiu que a carne maturada torna-se oxigenada mais rapidamente quando exposta ao oxigênio, mas também se torna marrom mais rapidamente do que a carne fresca.

Janisch et al. (2011) ao avaliarem a coloração da carne de peito de frangos das linhagens Ross 308 em 24 horas *post-mortem*, obtiveram resultados iguais a 51,2 para L*, 3,4 para a* e 8,7 para b*; e Komiyama et al. (2009) ao avaliarem características qualitativas da carne maturada de matrizes pesadas, obtiveram resultados iguais a 45,37 para L*, 3,74 para a* e 0,60 para b*.

Komiyama et al. (2009) observaram aumento no valores de L* e de b* e que variaram de 45,37 a 47,60 para L* e de 0,60 a 2,30 para b* durante 48 horas de maturação; já os valores de a* diminuíram durante a maturação por até 48 horas e variaram de 3,74 a 3,03. Segundo Monahan et al. (2005), durante a maturação ocorre aumento da produção de radicais livres que promovem a oxidação das moléculas de mioglobina e reduzem a intensidade de vermelho das amostras.

- **pH**

A queda do pH é dependente da atividade de enzimas glicolíticas após o abate e o pH final é determinado pela reserva inicial de glicogênio presente no músculo (BENDALL, 1973). O declínio *post-mortem* do pH é um dos eventos mais importantes na conversão do músculo em carne, tendo efeito sobre a cor, capacidade de retenção de água e maciez (ABERLE et al., 2001).

Em condições normais o músculo do peito apresenta pH acima de 7,0 antes do abate e, após seis horas *post-mortem*, o pH diminui para, aproximadamente, 5,8

(PETRACCI et al, 2015). O pH entre 5,8 e 6,2 indica que a carne está aceitável para o consumo; pH igual a 6,4 indica que a carne é recomendada apenas para o consumo imediato e pH superior a 6,4 indica que a carne está imprópria para consumo (TERRA; BRUM, 1988).

Músculos que apresentam valores de pH inferiores a 5,8 em 15 minutos após o abate, momento em que a carcaça ainda apresenta temperatura próxima à fisiológica, sofrem desnaturação parcial das proteínas que os compõem (TANKSON et al., 2001). Sendo a dispersão de luz pelo músculo diretamente proporcional ao grau de desnaturação proteica (ANADÓN, 2002), quanto maior a desnaturação, menos luz é transmitida por entre as fibras musculares e a luz, quando dispersa, não é capaz de irradiar a mioglobina contida nas células musculares, o que confere à carne tonalidade pálida (BROSSI et al., 2009).

Quando o pH final da carne é baixo (inferior a 5,8), as fibrilas musculares estão mais distantes, causando difração da luz e reduzindo a intensidade da cor. Por outro lado, pH final elevado (igual o superior a 6,2) faz com que as fibrilas musculares fiquem distendidas, formando uma barreira à difusão de oxigênio e à absorção da luz (WALTER, 1975).

O pH está estritamente relacionado com a capacidade de retenção de água da carne (QUIAO et al., 2001). A degradação enzimática da estrutura miofibrilar e a substituição de íons divalentes por monovalentes que aumentam o pH da carne durante a maturação, influenciam a capacidade de reter água (ROÇA, 2001). A queda de pH após o abate altera a composição das miofibrilas e reduz sua capacidade de reter água como consequência da desnaturação proteica, especialmente da miosina. Uma vez desnaturada, a proteína perde suas características físicas e químicas e a eficiência de ligação com as moléculas de água torna-se prejudicada (BROSSI et al., 2009).

É também um significativo parâmetro em termos de preservação da carne, pois a carne com pH elevado apresenta vida de prateleira mais curta, especialmente no que se refere ao desenvolvimento microbiano (TONG et al. 2014).

Vaithyanathan et al. (2008) ao estudarem as características da carne de peito de matrizes pesadas observaram que o pH da carne diminuiu de 5,73 para 5,30 durante 28 dias de armazenamento em refrigerador doméstico, em condições

aeróbias, a 4 °C. Em contrapartida, durante o estudo de Santos et al. (2004) o pH da carne de frango aumentou de 5,9 para 6,4 em 24 horas de maturação.

De La Torre et al. (2012) ao avaliarem o armazenamento da carne de frango convencional, frango caipira, frango orgânico, pato e codorna em refrigerador (4°C) por até 18 dias, observaram que houve aumento significativo do pH de todos os tipos de carne ao longo do período de armazenamento. Komiyama et al. (2009) concluíram que a maturação por 48 horas não influenciou o pH da carne de peito de matrizes pesadas.

- **Capacidade de retenção de água**

A carne crua contém aproximadamente 75% de água (OFFER; TRINICK, 1983), sendo que a maior parte é encontrada entre os filamentos de actina e miosina. A água no músculo pode ser dividida em água ligada, imobilizada ou livre. Dez por cento da água presente nos músculos está fortemente ligado às proteínas (WARRISS, 2010); a água imobilizada está vinculada a grupos de proteínas musculares eletricamente carregadas e, quando apresenta maior quantidade de água imobilizada, é capaz de reter mais água; a água livre é apenas retida por membranas musculares (HUFF-LONERGAN; SOSNICKI, 2005).

A CRA está entre as propriedades funcionais mais importantes da carne, pois pode influenciar seu aspecto, sua palatabilidade e está diretamente relacionada às perdas de água antes e durante o cozimento (GAYA; FERRAZ, 2006). É importante tanto para a carne em cortes inteiros como para produtos processados, uma vez que, se for baixa, os mesmos não apresentarão suculência (FANATICO et al., 2005; WANG et al., 2009). Baixa capacidade de retenção de água também indica perda do valor nutricional da carne através do líquido exsudado, o que resulta em carne mais seca e dura (DABES, 2001).

Komiyama et al. (2010) observaram que a CRA da carne de peito de matrizes de descarte não maturada variou de 61,90% a 85,00%; Sanfelice et al. (2010) concluíram que a carne de peito de matrizes apresentou CRA igual a 73,69% quatro horas após o abate e Giampietro-Ganeco et al. (2011) relataram que a CRA deste tipo de carne não foi influenciada pelo armazenamento a 4 °C por 48 horas.

- **Maciez**

A maciez é uma característica sensorial fundamental e é considerada o critério mais importante para qualidade da carne pela maioria dos consumidores (CHEN et al., 2015). Detectada através do paladar, a maciez é dependente de fatores diversos como genética, sexo, idade ao abate, alimentação, estresse pré-abate, resfriamento da carcaça e cobertura de gordura (DELGADO et al., 2006; MUCHENJE et al., 2009), além de fatores como comprimento dos sarcômero, integridade das miofibrilas, que podem afetar a resistência do complexo actomiosina, e da integridade do tecido conjuntivo (ZHAO et al., 2012).

O estudo da maciez pode ser realizado mediante medição de parâmetros físicos, com equipamentos próprios para este fim, ou através da análise sensorial. A maciez da carne varia em função do conteúdo de colágeno, da estabilidade térmica e da estrutura miofibrilar do músculo, que parecem ser afetados principalmente pelo crescimento do animal (MONSÓN et al., 2005). Além disso, a maciez pode ser afetada pela precoce desossa realizada nas plantas de processamento com o objetivo de aumentar a produção em determinado intervalo de tempo; é recomendado que a desossa seja feita no mínimo quatro horas após o abate, para permitir o completo desenvolvimento do *rigor mortis* e evitar o endurecimento da carne (MEHAFFEY et al., 2006).

Animais mais velhos apresentam carne mais dura devida ao enrijecimento das ligações cruzadas do colágeno ocasionado pelo avanço da idade. Assim, a utilização da maturação pode reduzir a força de cisalhamento e favorecer a maciez da carne como resultado da proteólise miofibrilar (SAÑUDO, 2004),

Kriese et al. (2005) ao avaliarem o efeito de diferentes tempos de maturação em carne de frango concluíram que apenas 24 horas de maturação foram suficientes para diminuir a força de cisalhamento e melhorar a maciez, assim como Komiyama et al. (2009) que também encontraram resultados positivos para maciez da carne de peito de matrizes de descarte, com redução de 8,00 kgf/cm² para 4,92 kgf/cm² após 24 horas de maturação.

Santos et al. (2004) constataram que a força de cisalhamento decresceu com o tempo de maturação e que nas primeiras duas horas houve um declínio mais acentuado, que resultou em valores inferiores a 1 kgf após quatro horas. Os mesmos

autores concluíram que a maturação completa foi alcançada após 8 horas, não havendo ganhos significativos com relação à maciez após este tempo.

- **Oxidação lipídica**

Considerando que a carne é um alimento perecível, a principal preocupação das indústrias é a extensão do prazo de validade dos produtos (CHOULIARA et al., 2007). A deterioração da carne depende do tipo de embalagem, da temperatura de armazenamento, da composição final do produto (adição de substâncias antimicrobianas, potencial de redução de oxigênio, pH, teor de umidade), e do número de bactérias que iniciam a deterioração (ALLEN et al., 1997).

Durante o armazenamento de alimentos que contém lipídios em sua composição, o principal mecanismo de deterioração é a oxidação lipídica (ISMAIL et al., 2008) que pode tornar o alimento impróprio para consumo (com alterações sensoriais envolvendo o desenvolvimento de aromas desagradáveis), além de poder produzir substâncias potencialmente tóxicas (TABEE et al., 2008). Armazenar a carne em temperaturas baixas ajuda a minimizar a oxidação lipídica, porém, mesmo sob temperaturas de congelamento esta é apenas retardada e não eliminada (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

Vaithyanathan et al. (2008) observaram que o valor de TBARS da carne de peito de matrizes de corte aumentou de 0,550 mg MDA/kg para 1,320 mg MDA/kg nos primeiros sete dias de armazenamento a 4 °C e para 1,920 mg MDA/kg após 28 dias. Chouliara et al. (2007) concluíram que o valor de TBARS de filés de peito de frango armazenados a 4 °C por seis dias aumentou de 0,280 mg MDA/kg para 0,580 mg MDA/kg.

- **Colágeno**

O colágeno é o principal componente do tecido conjuntivo intramuscular (LIGHT et al., 1985) e a proteína mais abundante no organismo animal representando valores entre 20 e 25% do total de proteínas, além de desempenhar papel fundamental na determinação da maciez da carne (SIMS; BAILEY, 1981).

No músculo menos de 2% do total de proteínas são provenientes do colágeno, responsável por parte das mudanças que ocorrem na textura da carne

durante o cozimento. Tais mudanças dependem da maturidade do colágeno e de fatores externos como a taxa de aquecimento, umidade e forma de preparo da carne (POWELL et al., 2000).

O colágeno encolhe abruptamente quando aquecido à temperatura de 65°C (BAILEY, 1992) o que pode causar o encolhimento total do tecido, resultando na perda de fluido e mudanças nas propriedades estruturais. Se a matriz colagenosa não se solubilizar durante o aquecimento, formará barreira à quebra efetiva do tecido durante a mastigação. Assim, é gerada a hipótese de que o colágeno é o principal determinante da textura da carne (BAILEY; LIGHT, 1989).

A natureza do colágeno desempenha papel importante na determinação da maciez da carne (BAILEY, 1972; BAILEY; SIMS, 1977; BAILEY et al., 1979). Outros autores apontaram que a maior solubilidade do colágeno está ligada à idade e ao grupo genético, enquanto fatores como a alimentação têm pouca influência na solubilidade deste constituinte (HALL; HUNT, 1982).

O aumento do conteúdo de colágeno e de ligações cruzadas (muitas vezes associado à carne de animais mais velhos e tipos musculares específicos) geralmente diminui a maciez da carne cozida (WATTANACHANT et al., 2004).

Em tecidos com ligações cruzadas do tipo aldimínicas (animais jovens), a tensão gerada quando a fibra é aquecida não consegue desenvolver seu potencial total, devido à ruptura das ligações durante o aquecimento (BAILEY, 1992). Com o avanço da idade esses componentes são substituídos por ligações cruzadas permanentes e estáveis ao calor que resultam na geração de grande tensão (NISHIMURA, 2015).

Durante o cozimento ocorre, inicialmente, o aumento da resistência da carne (entre 40 e 50°C) devido ao início de desnaturação das proteínas miofibrilares; posteriormente, um novo aumento ocorre entre 60 e 70°C, devido ao encolhimento do colágeno intramuscular aos 65°C. Finalmente, ocorre um terceiro aumento da resistência da carne em torno dos 70-90°C, quando ocorre o encolhimento e a desidratação da actomiosina (BAILEY; LIGHT, 1989). Assim, na carne cozida, a resistência e a solubilidade da fibra do colágeno dependem da natureza das ligações cruzadas, que por sua vez depende da idade do animal (BAILEY, 1992).

- **Ácidos graxos**

Os lipídios são componentes estruturais das membranas celulares (fosfolipídios) ou atuam na reserva de energia, em que o excesso é convertido em ácidos graxos de cadeia longa que são depositados como tecido adiposo. Alternativas para reduzir a deposição de gordura e aumentar os níveis de ácidos graxos ômega-3 na carne têm sido desenvolvidas em resposta às exigências do consumidor (COSTA-ALVARENGA et al., 2015).

A quantidade de gordura da carcaça está altamente relacionada com o genótipo e influencia as características nutricionais e propriedades funcionais da carne (BERRI et al., 2007; SIRRI et al., 2011). Jaturasitha et al. (2008) relataram que o efeito do genótipo é baixo sobre o perfil de ácidos graxos quando comparado com os efeitos da alimentação, mas afirmaram que a intensidade de crescimento diferenciada entre genótipos pode afetar a composição do perfil de ácidos graxos relevantes à saúde humana.

Os mais importantes ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) que têm efeito positivo na saúde humana são ômega-6 (n-6) e ômega-3 (n-3) (RUSSO, 2009), e são benéficos, pois reduzem os riscos de doenças cardíacas (KINSELLA et al., 1990). Os poli-insaturados n-3 são conhecidos por seu potencial na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, de algumas doenças autoimunes, do diabetes e de alguns tipos de câncer, além do seu papel importante no desenvolvimento neuronal (BETTI et al., 2009).

Os principais n-6 são ácido linoleico (C18:2) e araquidônico (C20:4), provenientes de óleos líquidos vegetais como os de soja, milho, girassol e caroço de algodão (os óleos de linhaça e canola são ricos em n-3) (RUSSO, 2009). Os principais n-3 são ALA (C18:3), EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-3), sendo que peixes oleosos são considerados fontes ricas desses tipos de ácidos graxos (COSTA-ALVARENGA et al., 2015).

A dieta dos nossos antepassados era menos densa em calorias, continha grande quantidade de fibras e era rica em frutas, verduras e carnes magras, resultando numa dieta com menor conteúdo de gordura total e saturada, mas com iguais quantidades dos ácidos graxos poli-insaturados essenciais n-3 e n-6 (BETTI et al., 2009). A relação entre ácidos graxos n-6 e n-3 era de 1:1 a 2:1 (SIMOPOULOS,

1999), mas essa proporção nas dietas ocidentais varia de 10:1 a 30:1 (BETTI et al., 2009; CARMO; CORREIA, 2009). Tais proporções indicam deficiência em PUFA n-3 e, por esta razão, seria aconselhável que as pessoas consumissem mais ácidos graxos n-3, principalmente os poli-insaturados de cadeia longa como EPA e DHA.

Cherian et al. (2002) e Wattanachant et al. (2004) afirmaram que a diferença na composição de ácidos graxos na gordura da carne pode ser devida à dieta e ao comportamento alimentar do animal. Entretanto, Banskalieva et al. (2000) e Wood et al. (2003) revisaram as diferenças na composição de ácidos graxos em animais de mesma espécie e de raças distintas e as atribuíram à influência de fatores como sexo, idade e peso ao abate, além da alimentação.

REFERÊNCIAS

ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of meat science**. Dubuque: Kendall Hunt Pub Co, 2001.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2015**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/pecuaria/aves/brasil-tem-exportacao-recorde-de-frango-em-2015-biwbu9k63fvy4m3aj9txt5hjz>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

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

ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171f. Dissertation (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

BAILEY, A. J. The basis of meat texture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 23, p. 995-1007, 1972.

BAILEY, A. J. Collagen nature's framework in the medical, food and leather industries. **Journal Society Leather Technology Chemistry**, v. 76, p. 111-127, 1992.

BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. **Connective tissue in meat and meat products**. London: Elsevier, p. 355, 1989.

BAILEY, A. J.; RESTALL, D. J.; SIMS, T. J.; DUANCE, V. C. Meat tenderness. Immunofluorescent localization of the isomorphic forms of collagen in bovine muscles of varying texture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 203-210, 1979.

BAILEY, A. J.; SIMS, T. J. Meat tenderness, distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 565-570, 1977.

BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots – a review. **Small Ruminant Research**, v.37, n. 3, p.255-268, 2000.

BARBUT, S. Basic Anatomy and Muscle Biology. In:_____. **Poultry Products Processing: An Industry Guide**. Florida: Boca Raton, 2002. cap. 2. p. 31-40.

BECKER, T. Defining meat quality. In: KERRY, J. P.; KERRY, J. F.; LEDWARD, D. **Meat processing: improving quality**. New York: CRC Press, 451 p., 2002.

BENDALL, J. R. Post mortem changes in muscle. In: BOURNE, G. H. **Structure and Function of Muscle**. New York: Academic Press, 243 p., 1973.

BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E.; DEBUT, M.; SANTE-LHOUTELLIER, V.; BAEZA, E.; GIGAUD, V.; JEGO, Y.; DUCLOS, M. J. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2005-2011, 2007.

BETTI, M.; SCHNEIDER, B. L.; WISMER, W. V.; CARNEY, V. L.; ZUIDHOF, M. J.; RENEMA, R. A. Omega-3-enriched broiler meat: 2. Functional properties, oxidative stability, and consumer acceptance. **Poultry Science**, v.88, p.1085-1095, 2009.

BORBA, H. **Utilização do processo de maturação e marinação sobre as características qualitativas da carne de matrizes de descarte de corte e galinhas poedeiras de descarte**. 2008. 50f. (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

BRASIL. Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99, de 19 de maio de 1999. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.

BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; AMAZONAS, E. A.; MENTEN, J. F. M. Heat stress during the pre-slaughter on broiler chicken. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p.1296-1305, 2009.

CARMO, M. C. N. S.; CORREIA, M. I. T. D. A importância dos ácidos graxos ômega-3 no câncer. **Revista Brasileira de Cancerologia**. v. 55, p. 279-287, 2009.

CASTELLINI, C.; MUGNAI, C.; DAL BOSCO, A. Meat quality of three chicken genotypes reared according to the organic system. **Italian Journal of Food Science**, 14(4):401–412, 2002.

CASTELLINI, C.; BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E.; MARTINO, G. Qualitative attributes and consumer perception of organic and free-range poultry meat. **World's Poultry Science Journal**, v. 64, p.500-512, 2008.

CHEN, L.; FENG, X.; ZHANG, Y.; LIU, X.; ZHANG, W.; LI, C.; ULLAH, N.; XU, X.; ZHOU, G. Effects of ultrasonic processing on caspase-3, calpain expression and myofibrillar structure of chicken during post-mortem ageing. **Food Chemistry**, v. 177, p. 280-287, 2015.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R. K.; GOEGER, M. P.; STITT, P. A. Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broilers fed different cultivars of sorghum. **Poultry Science**, v. 81, p. 1415-1420, 2002.

CHOULIARA, E.; KARATAPANIS, A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C. **Food Microbiology**, v. 24, p. 607-617, 2007.

COSTA-ALVARENGA, T. I. R.; CHEN, Y.; FURUSHO-GARCIA, I. F.; PEREZ, J. R. O.; HOPKINS, D. L. Manipulation of Omega-3 PUFAs in Lamb: Phenotypic and Genotypic Views. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, p. 189-204, 2015.

DABES, A. C. Propriedades da carne fresca. **Revista Nacional da Carne**, v. 25, p. 32-40, 2001.

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

DE LA TORRE, C. A. L.; CONTE-JÚNIOR, C. A.; CANTO, A. C. V. C. S.; MONTEIRO, M. L. G.; LIMA, B. R. C. C.; MÁRSICO, E. T.; MANO, S. B.; FRANCO, R. M. Biochemical changes in alternative poultry meat during refrigerated storage. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 19, n. 3, p. 195-200, 2012.

DELGADO, E. F.; AGUIAR, A. P.; ORTEGA, E. M. M.; SPOTO, M. H. F. S.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Brazilian consumers' perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 3, p. 232-239, 2006.

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

FANATICO, A. C.; PILLAI, P. B.; CAVITT, L. C.; EMMERT, J. L.; MEULLENET, J. F.; OWENS, C. M. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: sensory attributes. **Poultry Science**, 85:337–343, 2006.

FEINER, G. **Meat products handbook - Practical science and technology**, p.671, 2006.

FERNANDES, J. R. A maturação da carne bovina. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE CARNE BOVINA IN NATURA, 1., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 1997. p. 47-55.

GARCIA, R. G.; SANTOS, V. M. O.; CALDARA, F. R.; PAZ, I. C. L. A.; NÄÄS, I. A.; SIMM, S.; BORILLE, R.; ROYER, A. F. B. Qualidade de filés de peito de frango de corte marinados e maturados. **Revista Agrarian**, v.5, n.16, p.166-173, 2012.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Quantitative-genetic aspects of broiler meat quality. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

GIAMPIETRO-GANECO, A.; BORBA, H.; SCATOLINI-SILVA, A. M.; BOIAGO, M. M.; SOUZA, P. A.; LIMA, T. M. A. Determinação das qualidades físicas e sensoriais da carne de matrizes de descarte de frangos corte. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.1-8, 2011.

GUIDI, A.; CASTIGLIEGO, L. Poultry meat color. In: GUERRERO-LEGARRETA, I. **Handbook of Poultry Science and Technology**. v. 2, p. 359-388, 2010.

HALL, J. B.; HUNT, M. C. Collagen solubility of a-maturity bovine Longissimus muscle as affected by nutritional regimen. **Journal of Animal Science**, v. 55, p.321-328, 1982.

HELLMEISTER FILHO, P.; MENTEN, J. F. M.; SILVA, M. A. N.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Efeito de genótipo e do sistema de criação sobre o desempenho de frangos tipo caipira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, Supl. 2, p.1883-1889, 2003.

HUFF-LONERGAN, E.; SOSNICKI, A. Water-Holding Capacity of Fresh Meat. Pork Information Gateway - **American Meat Science Association Fact Sheet**, 8 p. 2005.

ISMAIL, H. A.; LEE, E. J.; KO, K. Y.; AHN, D. U. Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. **Meat Science**, v. 80, p. 582-591, 2008.

JANISCH, S.; KRISCHEK, C.; WICKE, M. Color values and other meat quality characteristics of breast muscles collected from 3 broiler genetic lines slaughtered at 2 ages. **Poultry Science**, v. 90, p. 1774-1781, 2011.

JATURASITHA, S.; SRIKANCHAI, T.; KREUZER, M.; WICKE, M. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-Boned and Thai Native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). **Poultry Science**, v. 87, p. 160-169, 2008.

KANG, G. H.; KIM, S. H.; KIM, J. H.; KANG, H. K.; KIM, D. W.; NA, J. C.; YU, D. J.; SUH, O. S.; CHOI, Y. H. Effects of washing methods on gel properties of chicken surimi prepared from spent hen breast muscle. **Poultry Science**, v. 88, p. 1438-1443, 2009.

KINSELLA, J. E.; LOKESH, B.; STONE, R. A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 52, p. 1-28, 1990.

KOMIYAMA, C. M.; MARTINS, M. R. F. B.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C. S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L.; ROÇA, R. O.; ALMEIDA, I. C. L. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal of Food Technology**, II SSA, p. 89-93, 2009.

KOMIYAMA, C. M.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C.; ROÇA, R. O.; TAKAHASHI, S. E.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L.; PAZ, I. C. L. A.; CARDOSO, K. F. G. Qualidade físico-química e sensorial da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1623-1629, 2010.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Savoy, v. 38, p. 93-104, 1994.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, v. 43, p. 193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKELFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, v. 62, p. 345-352, 2002.

KRIESE, P. R.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Tenderização dos filés de frango durante a refrigeração. **Revista Nacional da Carne**, v. 29, n. 337, p. 72-77, 2005.

LAWRIE, R. A. **Meat science**. 4th ed. New York: Pergamon, 1985.

LEDWARD, D. A. Colour of raw and cooked meat. In: JOHNSON, D. E.; KNIGHT, M. K.; LEDWARD, D. A. **The chemistry of muscle-based foods**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, p. 128-144, 1992.

LI, C. T. Myofibrillar protein extracts from spent hen meat to improve whole muscle processed meats. **Meat Science**, v. 72, p. 581-583, 2006.

LIGHT, N. D.; CHAMPION, A. E.; VOYLE, C.; BAILEY, A. J. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. **Meat Science**, v. 13, n. 137-149, 1985.

LIMA JUNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MACIEL, M. V.; AMARO, L. P. A. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 4, p. 351-358, 2011.

LONERGAN, S. M.; DEEB, N.; FEDLER, C. A.; LAMONT, S. J. Breast meat quality and composition in unique chicken populations. **Poultry Science**, v.82, p.1990-1994, 2003.

LYON, C. E.; WILSON, R. L. Effects of sex, rigor condition, and heating method on yield and objective texture of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 65, p. 907-914, 1986.

MADEIRA, L. A.; SARTORI, J. R.; ARAUJO, P. C.; PIZZOLANTE, C. C.; SALDANHA, E. S. P. B.; PEZZATO, A. C. Avaliação do desempenho e do rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte em dois sistemas de criação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2214-2221, 2010.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, p. 1-11, 2009.

MEHAFFEY, J. M.; PRADHAN, S. P.; MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains. **Poultry Science**, v. 85, p. 902-908, 2006.

MONAHAN, F. J.; SKIBSTED, L. H.; ANDERSEN, M. L. Mechanism of oxymyoglobin oxidation in the presence of oxidizing lipids in bovine muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5734-5738, 2005.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. **Meat Science**, v. 71, p. 471-479, 2005.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, v. 112, p. 279-289, 2009.

NISHIMURA, T. Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat. **Meat Science**, v. 109, p. 48-55, 2015.

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

PALKA, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *semitendinosus* muscle. **Meat Science**, v. 64, p. 191-198, 2003.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Ed. Universidade Federal de Goiânia, 1995. v. 1, 455 p.

PARISE, A. Demanda por galinha caipira cresce e produção deve aumentar 100% até 2016. **Canal Rural**. 2014. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/pecuaria/demanda-por-galinha-caipira-cresce-producao-deve-aumentar-100-ate-2016-8165>>. Acesso em: 7 de julho de 2015.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v.7, n.02, p.363-374, 2015.

POWELL, T. H.; HUNT, M. C.; DIKEMAN, M. E. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat Science**, v. 54, p. 307-311, 2000.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnología e Higiene de la Carne**. Zaragoza: Acribia, 1994.

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

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M.; Avaliação de carnes anormais: condições PSE e DFD. In: **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. 1.ed. Viçosa: UFV, p. 531-575, 2007.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: UNESP, FCA, 201 p., 2001.

RUSSO, G. L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochem Pharmacol**, v. 77, p. 937-46, 2009.

SANFELICE, C.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M.; CAÑIZARES, M. C.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L. Avaliação do efeito do tempo de desossa sobre a qualidade da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. **Acta Scientiarum**, v. 32, n. 1, p. 85-92, 2010.

SANTOS, H. C.; BRANDELLI, A.; AYUB, M. A. Z.; Influence of post-mortem aging in tenderness of chicken breast fillets. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 905-910, 2004.

SAÑUDO, C. Análisis Sensorial – Calidad organoléptica de la carne. In: CURSO INTERNACIONAL DE ANÁLISE SENSORIAL DE CARNE E PRODUTOS CÁRNEOS, 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p. 45-68, 2004.

SIMOPOULOS, A. P. Essential fatty acids in health and chronic disease. **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 70, p. 560-569, 1999.

SIMS, T. J.; BAILEY, A. J. Connective tissue. In: LAWRIE, R.A. **Developments in meat science**. 2 ed. Applied Science Publishers, London/New Jersey, p. 29, 1981.

SIRRI, F.; CASTELLINI, C.; BIANCHI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; FRANCHINI, A. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. **Animal**, v. 5, p. 312-319, 2011.

STEWART, M. K.; FLETCHER, D. L.; HAMM, D.; THOMSON, J. E. The influence of hot boning broiler breast meat muscle on pH decline and toughening. **Poultry Science**, v. 63, p. 1935-1939, 1984.

TABEE, E.; AZADMARD-DAMIRCHI, S.; JAGESTAD, M.; DUTTA, P. C. Lipids and phytosterol oxidation in commercial French fries commonly consumed in Sweden. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 2, p. 169-177, 2008.

TANKSON, J. D.; VIZZIER-THAXTON, Y.; THAXTON, J. P.; MAY, J. D.; CAMERON, J. A. Stress and nutritional quality of broilers. **Poultry Science**, v. 80, n. 9, p. 1384-1389, 2001.

TERRA, N. N.; BRUM, M. A. R. **Carne e seus derivados**: técnicas de controle de qualidade. São Paulo: Nobel, 1988. 119 p.

TONG, H. B.; WANG, Q.; LU, J.; ZOU, J. M.; CHANG, L. L.; FU, S. Y. Effect of free-range days on a local chicken breed: Growth performance, carcass yield, meat quality, and lymphoid organ index. **Poultry Science**, v. 93, p. 1883-1889, 2014.

TRINDADE, M. A. **Parâmetros tecnológicos e de estabilidade em carnes mecanicamente separadas de poedeiras e de matrizes pesadas de descarte**. 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TSITSILONIS, O. E.; STOEVA, S.; ECHNER, H.; BALAFAS, A.; MARGOMENOU, L.; KATSOULAS, H. L.; TROY, D. J.; VOELTER, W.; PAPAMICHAIL, M.; LYMBERI, P. A skeletal muscle troponin-T specific ELISA based on the use of an antibody against the soluble troponin T (16-31) fragment. **Journal of Immunological Methods**, v. 268, p. 141-148, 2002.

VAITHIYANATHAN, S.; NAVEENA, B. M.; MUTHUKUMAR, M.; GIRISH, P. S.; RAMAKRISHNA, C.; SEN, A.R.; BABJI, Y. Biochemical and physicochemical changes in spent hen breast meat during postmortem aging. **Poultry Science**, v. 87, p. 180-186, 2008.

WALTER, C. L. Meat colour: the importance of haem chemistry. In: COLE, D.J.A.; LAWRIE, R.A. (Eds.). **Meat**. London: Butterworths, p. 385-401, 1975.

WANG, K. H.; SHI, S. R.; DOU, T. C.; SUN, H. J. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. **Poultry Science**, v. 88, p. 2219-2223, 2009.

WARRISS, P. D. **Meat science**: an introductory text. New York: CABI Publishing, 314 p., 2000.

WATTANACHANT, S.; BENJAKUL, S.; LEDWARD, D. A. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle. **Food Chemistry**, v. 93, p. 337-348, 2004.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, p. 21-32, 2003.

ZHAO, G.; ZHOU, M.; ZHAO, H.; CHEN, X.; XIE, B.; ZHANG, X.; HE, H.; ZHOU, B.; ZHANG, Y. Tenderization effect of cold-adapted collagenolytic protease MCP-01 on beef meat at low temperature and its mechanism. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1738-1744, 2012.

CAPÍTULO 2

*Este capítulo foi redigido segundo as normas editoriais do periódico “**Journal of the Science of Food and Agriculture**”.*

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA CARNE DE PEITO DE MATRIZES PESADAS DE CORTE MATURADA POR SETE DIAS

Juliana L M de Mello¹, Rodrigo A de Souza¹, Gustavo C Paschoalin¹, Fábio B Ferrari¹, Mariana P Berton², Aline Giampietro-Ganeco¹, Pedro A de Souza¹ e Hirasilva Borba¹

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil.

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Genética e Melhoramento Animal, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil.

RESUMO

TEMA: O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da idade da ave e o efeito de diferentes tempos de maturação sobre as propriedades físicas, atributos relacionados à maciez, composição química e o perfil lipídico da carne de peito de aves de corte abatidas com seis e 70 semanas de idade (galinhas matrizes). Foram analisados cor (L^* , a^* e b^*), pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar, composição química, colesterol total, oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos em filés de peito.

RESULTADOS: A carne de galinhas matrizes apresentou maior força de cisalhamento inicial (3,411 kgf/cm²) e foi reduzida a partir do terceiro dia de maturação para 1,520 kgf/cm²; maior quantidade de gordura e menor concentração de colesterol. A gordura da carne de galinhas matrizes apresentou mais ácidos graxos monoinsaturados e menos poli-insaturados. Durante a maturação foi observada redução das quantidades de colágeno, gordura e colesterol e do índice de fragmentação miofibrilar da carne de peito.

CONCLUSÃO: O uso da carne de aves em idade de descarte como matéria-prima pode ser benéfico à indústria, pois apresenta mais gordura e menos colesterol, maior capacidade de reter água intracelular e menor perda durante o cozimento. Além disso, a menor concentração de ácidos graxos poli-insaturados faz com que a carne de aves em idade de descarte seja menos susceptível à oxidação lipídica. Maturar filés de peito durante três dias é suficiente para promover o amaciamento e reduzir a quantidade de gordura e de colesterol. A maturação pode, portanto, ser utilizada como técnica para agregar valor e diferenciar os produtos cárneos a base de frango.

Palavras-chave: colágeno, colesterol, maciez, PUFA, TBARS

ABSTRACT

BACKGROUND: The aim of this study was to evaluate the influence of the bird's age and the effect of aging on physical properties, attributes related to the softness, chemical composition and lipid profile of breast meat from broilers slaughtered at 6 and 70-w-old. Were analyzed color (L^* , a^* and b^*), pH, water holding capacity, cooking weight loss, shear force, total collagen, myofibrillar fragmentation index, chemical composition, total cholesterol, lipid oxidation and fatty acid profile.

RESULTS: Meat from spent hens showed higher shear force (3.411 kgf/cm²) which was reduced from the third aging day to 1.520 kgf/cm²; higher fat amount and lower cholesterol concentration. Fat from spent hen breast meat showed more monounsaturated fatty acids and less polyunsaturated fatty acids. During aging was observed the reduction of collagen, fat and cholesterol amounts and the reduction of myofibrillar fragmentation index.

CONCLUSION: The use of spent hen breast meat as a raw material may be beneficial to the industry because it has more fat and less cholesterol, higher intracellular water holding capacity and lower cooking loss. Furthermore, the lower concentration of polyunsaturated fatty acids makes the meat from spent hens is less susceptible to the lipid oxidation. The aging of breast fillets for three days is enough to cause softening and reducing the amount of fat and cholesterol. The aging process can, therefore, be used as a technique to add value and differentiate chicken meat products.

Keywords: cholesterol, collagen, PUFA, softness, TBARS

INTRODUÇÃO

O desejo por alimentos com características sensoriais diferenciadas torna os consumidores mais exigentes com os produtos de origem animal disponíveis no mercado. Aspectos sensoriais e o valor nutricional da carne podem influenciar diretamente as preferências e decisão de compra.

A avicultura de corte nacional desenvolveu-se em um complexo setor econômico cujo objetivo é a máxima produção de carne com menor custo, o que resulta em um grande número de matrizes alojadas e que quando chegam ao final de ciclo de produção são destinadas ao abate para diminuir os custos da criação. Em 2014, segundo o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal¹, foi registrado o alojamento de 49,3 milhões de matrizes de corte. A carne de aves descartadas da atividade de postura de ovos férteis é comumente introduzida na formulação de produtos processados, como forma de destinar adequadamente as aves no final da produção e valorizar este segmento da avicultura pouco explorado.²

A comercialização da carne de galinhas matrizes para o consumo doméstico é dificultada em função do tamanho das aves, da deposição de gordura, do aspecto da pele, da maciez e da suculência.³ Alternativas para reduzir a deposição de gordura e aumentar os níveis de ácidos graxos ômega-3 na carne têm sido desenvolvidas em resposta às exigências do consumidor.⁴ Maior atenção é dada aos ácidos graxos saturados que estão associados ao aumento dos níveis de colesterol⁵ e, no caso dos produtos de origem animal, o foco principal são os níveis de EPA e DHA.

O consumo da carne de frango tem aumentado mundialmente nos últimos anos^{6,7} em comparação com a carne vermelha, devido ao incentivo promovido pelo setor por preços mais acessíveis à população, pela ausência de obstáculos religiosos e pela quantidade de produtos derivados oferecidos no mercado⁸, além do forte apelo comercial ao consumo de carne branca como alternativa mais saudável

ao consumo de proteína animal, uma vez que muitos acreditam nos danos que a carne vermelha pode causar devido ao conteúdo de ácidos graxos saturados e colesterol.

A ingestão de gordura através dos alimentos, especialmente de gorduras *trans* e saturadas, é um fator de risco de doenças cardiovasculares e câncer.⁹ Recomenda-se que o consumo diário de gordura não exceda 30% do total de calorias, que o de gordura saturada não seja maior do que 10%^{10,11} e que o de colesterol seja menor que 300 mg.¹¹ Até o início do século XX os ácidos graxos eram considerados exclusivamente como reserva de energia. Mais tarde, evidências apontaram que dietas pobres em ácidos graxos estavam associadas a síndromes letais e levaram à criação do conceito de ácido graxo essencial, que é imprescindível ao organismo, mas que não pode ser sintetizado pelo indivíduo e que, portanto, deve ser ingerido através da alimentação.¹²

Trabalhos a respeito do consumo e da aceitabilidade da carne de matrizes não processada são escassos na literatura e pouco se sabe sobre as características físicas e químicas desse tipo de carne, o que torna relevante buscar alternativas que promovam o amaciamento, agreguem valor e permitam o consumo como carne nobre e não mais como um subproduto. Conhecer métodos que possam proporcionar a mudança do perfil lipídico e oferecer ao cliente um produto de melhor qualidade pode ser determinante no sucesso da comercialização dos alimentos.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da idade da ave e o efeito de diferentes tempos de maturação sobre as propriedades físicas e atributos relacionados à maciez, composição química e perfil lipídico da carne de peito de aves de corte abatidas com seis e 70 semanas de idade (galinhas matrizes).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Foram utilizadas 60 amostras de carne de peito provenientes de frangos de corte fêmeas da linhagem Cobb 500, sendo 30 abatidos com seis semanas de idade (idade comercial) e 30 abatidos com 70 semanas de idade (matrizes pesadas de corte). As amostras foram adquiridas em abatedouros frigoríficos do Estado de São Paulo, fiscalizados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). As aves foram abatidas de acordo com a rotina de cada planta frigorífica, transportadas até o laboratório sob refrigeração e, após a estabilização do *rigor mortis* (4 horas pós-abate), o peito de cada carcaça foi desossado manualmente para obtenção das amostras de músculo *pectoralis major*.

Após desossa e remoção da pele, as amostras destinadas à maturação foram individualmente embaladas a vácuo em sacos plásticos (18 micra) utilizando uma seladora Selovac modelo 200-B e, acondicionadas em incubadora tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) (Eletrolab modelo EL101/3 250W) sob temperatura de $2\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ controlada através de um painel digital.

Foram analisados cor (luminosidade - L^* , intensidade de vermelho - a^* e intensidade de amarelo - b^*), pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), composição química (proteína, gordura, umidade e cinzas), colesterol total, oxidação lipídica (TBARS) e perfil de ácidos graxos. As análises de perfil de ácidos graxos foram realizadas apenas em amostras não maturadas.

As análises físicas foram realizadas em amostras não maturadas imediatamente após a desossa, e em amostras maturadas após três e sete dias de maturação. As amostras destinadas às análises químicas foram congeladas em freezer (-20 °C), por 30 dias, para posterior análise. Para todas as amostras foram adotados os mesmos procedimentos, antes e após a maturação por três e sete dias.

MÉTODOS UTILIZADOS

A coloração (L^* , a^* e b^*) foi determinada com o uso do colorímetro Minolta CR-400 na parte interna do músculo *pectoralis major* no momento da desossa e, em amostras maturadas, 30 minutos após a abertura das embalagens e exposição das

amostras ao oxigênio. O pH foi determinado com o uso de um peagâmetro digital da marca Testo, modelo 205, munido de eletrodo de penetração.

A CRA foi determinada através da metodologia descrita por Hamm¹³ na qual foram utilizados 2 g de amostra do músculo desossado, colocados entre dois papéis de filtro e placas de acrílico e submetidos à pressão exercida por um peso de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso final} \times 100) / \text{Peso inicial}$.

A PPC foi determinada em amostras do músculo desossado, que apresentavam tamanho semelhante, utilizando a metodologia descrita por Honikel.¹⁴ Amostras de tamanho e peso aproximados foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85 °C) durante 30 minutos. Após o resfriamento em temperatura ambiente, foram novamente pesadas para determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100 / \text{Peso inicial}$. De cada amostra cozida foram obtidas três subamostras com área conhecida, colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular ao do dispositivo “Warner-Bratzler”, acoplado ao texturômetro “Texture Analyser TA-XT2i”, e submetidas ao corte.¹⁵ A força necessária para cisalhar as amostras foi expressa em kgf/cm².

O colágeno total foi quantificado pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologia proposta por Woessner Junior.¹⁶ Foram utilizados 4 g de amostra crua e moída, digeridos por 17 horas com H₂SO₄ 3M em estufa a 110 °C. A gordura da amostra foi eliminada após adição de 5 mL de éter de petróleo. O hidrolisado foi filtrado e em seguida 5 mL foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL. Da nova diluição, 4 mL foram transferidos para tubos de ensaio e adicionados 2 mL do reagente de oxidação e 2 mL do reagente de cor. Após agitação os tubos foram aquecidos em banho-maria (60 °C) por 15 minutos. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 558 nm. Juntamente com as amostras foram analisados padrões feitos a partir de uma solução estoque de L-hidroxiprolina. A partir das leituras da absorbância dos padrões foi construída uma curva padrão. A leitura da absorbância das amostras plotada na curva padrão resultou na concentração de hidroxiprolina contida na alíquota usada na reação de cor.

Calculando a massa da amostra contida na alíquota utilizada foi possível calcular a concentração de hidroxiprolina. A concentração de colágeno é oito vezes maior que a concentração de hidroxiprolina.

O IFM foi determinado de acordo com Culler *et al.*¹⁷ e Gornall *et al.*¹⁸ De cada amostra foram retiradas subamostras com 3 gramas, as quais foram picadas com bisturi para retirada de qualquer tecido conjuntivo ou gordura aparente. Posteriormente as amostras foram homogeneizadas em turrax durante 1,5 minutos, com 30 mL da solução de extração. Em seguida, o homogenato foi centrifugado por 15 minutos, a 10.000 rpm e 4 °C. Após descartar o sobrenadante, o precipitado foi disperso com 30 mL da solução de extração, agitado com um bastão de vidro e centrifugado novamente; esta operação foi repetida mais uma vez. Após descartar o sobrenadante, ao precipitado foram adicionados 15 mL da solução de extração e a suspensão obtida foi filtrada em peneira de polietileno para remoção do tecido conjuntivo. Na suspensão de miofibrilas foi determinada a concentração de proteína pelo método do biureto, descrito por Gornall *et al.*¹⁸ Uma alíquota da suspensão de miofibrilas foi diluída, agitada e, logo em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 540 nm. O índice de fragmentação miofibrilar foi calculado de acordo com a fórmula: IFM = absorvância x 200.

A composição química foi determinada através da avaliação do conteúdo de proteína, gordura, umidade e cinzas, conforme procedimentos preconizados pela AOAC.¹⁹ A oxidação lipídica foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Vyncke²⁰ que analisa as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), com resultados expressos em mg de MDA/kg de amostra. A concentração de colesterol foi determinada segundo metodologia de Bohac *et al.*²¹, adaptada por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya.²²

As análises de perfil de ácidos graxos foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Plantas do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal. De amostras não maturadas foram isolados ácidos graxos pelo método descrito por Bligh e Dyer²³, que retira a fase lipídica da amostra. A esterificação dos ácidos graxos foi realizada segundo metodologia proposta por Maia e Rodriguez-Amaya²⁴, os quais foram analisados em cromatógrafo gasoso Shimadzu 14B, equipado com detector de

ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (OMEGAWAX 250), sendo utilizado H₂ como gás de arraste. A identificação dos picos foi feita por comparação dos tempos de retenção com padrões de composição conhecida.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Resultados de cor (L*, a* e b*), pH, CRA, PPC, FC, colágeno total, IFM, composição química, colesterol total e TBARS foram analisados utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3 (duas idades e três tempos de maturação), com dez repetições. Os dados foram analisados pelo procedimento “General Linear Models” do Statistical Analysis System (SAS).²⁵ Resultados de perfil de ácidos graxos foram analisados utilizando um DIC com duas idades e dez repetições. Os dados foram analisados pelo procedimento “One-way ANOVA” do SAS.²⁵ Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey com significância definida em P<0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aves com seis semanas de idade apresentaram carne de peito com pH superior ao da carne de peito de galinhas matrizes (Tabela 1).

Tabela 1. Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e de amarelo (b*), pH e capacidade de retenção de água (CRA) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação

	L*	a*	b*	pH	CRA (%)
	Idade (I)				
6 semanas	54,01	1,40	4,19	5,84 A	64,26
70 semanas	53,99	1,25	4,38	5,68 B	70,02
	Dias de maturação (M)				
0	52,36	0,98	3,83	5,73	68,47
3	54,68	1,64	5,08	5,78	65,93
7	54,96	1,36	3,95	5,78	67,02
P-value (I)	0,9740	0,0083	0,3568	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0594	<0,0001
P-value (IxM)	<0,0001	<0,0001	0,0082	0,4635	<0,0001
CV(%)	3,26	16,77	18,34	1,37	1,79

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O pH da carne logo após o abate é de aproximadamente 7,2 e se estabiliza na faixa de 5,7 a 5,9, após o estabelecimento do *rigor mortis*.^{26,27} Assim, é possível concluir que mesmo com a diferença estatística observada, o pH da carne de aves

de ambas as idades estudadas encontra-se dentro da normalidade, tornando-as próprias para consumo. Ao longo da maturação é comum que o pH diminua gradualmente devido ao acúmulo de metabólitos no interior das células²⁶, contudo não foi verificado efeito do tempo de maturação sobre o pH das amostras.

Houve interação significativa entre idade e dias de maturação para as variáveis componentes da cor (L^* , a^* e b^*) e para CRA, cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 2. Com o processo de maturação houve aumento dos valores de L^* e de a^* da carne de galinhas matrizes, acompanhado de redução do valor de b^* . Houve redução da CRA da carne de peito proveniente de aves das duas idades estudadas, sendo a CRA da carne de galinhas matrizes superior à CRA da carne de frangos abatidos em idade comercial.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) e capacidade de retenção de água (CRA)

L^*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	54,19 Aa	53,02 Aa	54,82 Aa
70 semanas	50,54 Bb	56,35 Aa	55,10 Aa
a^*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	1,23 Aa	1,48 Aa	1,51 Ba
70 semanas	0,73 Bc	1,21 Bb	1,80 Aa
b^*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	4,18 Aab	4,89 Aa	3,51 Ab
70 semanas	5,27 Aa	4,39 Aab	3,49 Ab
CRA (%)			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	65,08 Ba	64,23 Bab	63,42 Bb
70 semanas	72,67 Aa	68,44 Ab	68,95 Ab

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A palidez da carne (alto valor de L^*) é causada pela desnaturação de proteínas sarcoplasmáticas e perda de mioglobina, cuja desnaturação proteica, oriunda da queda de pH *post-mortem*, resulta no aumento da refletância interna²⁸ e, conseqüentemente, no aumento da luminosidade da superfície. É também influenciada pela quantidade de água da superfície da peça de carne que, por sua

vez, dependente da capacidade de retenção de água.²⁹ A redução da CRA das amostras durante a maturação contribuiu para o aumento do valor de L*.

A maior intensidade de vermelho em amostras de aves abatidas com 70 semanas de idade é devida à maior quantidade de mioglobina presente no músculo, que aumenta com a idade da ave³⁰, tornando-a mais avermelhada e mais escura. O aumento da intensidade de vermelho é característico do processo de maturação. O estado químico da mioglobina depende da valência do íon ferro do heme que, quando reduzido (Fe^{2+}) pode se ligar a moléculas de água ou oxigênio. Na ausência de oxigênio, no caso da carne embalada a vácuo, o íon Fe^{2+} se combina com água e a mioglobina torna-se desoximioglobina, de coloração vermelha escura.³¹

Durante a maturação ocorrem reações químicas, que fazem com que a cor da carne fresca mude, e a produção de radicais livres, que promovem a oxidação da mioglobina e causam a descoloração das amostras³², entretanto, foi observado aumento do valor de a* em filés maturados provenientes de matrizes pesadas.

O percentual de água livre nos músculos reduz com o aumento da idade.^{33,34} Ao apresentar maior quantidade de água imobilizada e menor quantidade de água livre, a carne de aves mais velhas é capaz de reter mais água³⁵, o que resulta em menor perda de valor nutricional através do líquido exsudado, mais suculência e maciez.³⁶

Houve interação significativa entre idade e dias de maturação para as variáveis PPC e FC da carne de peito (Tabela 3), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 4.

Inicialmente, a carne de aves abatidas com 70 semanas de idade apresentou menor PPC (Tabela 4). Com a redução da CRA, decorrente do processo de maturação, ocorreu o aumento da produção de exsudato e das perdas durante o cozimento. A carne de peito de aves mais velhas apresentou maior FC inicial (3,411 kgf/cm²) e que foi reduzida a partir do terceiro dia de maturação para 1,520 kgf/cm². A maturação também tornou mais macia a carne de aves abatidas em idade comercial, devido à redução da força de cisalhamento de 3,028 kgf/cm² para 1,761 kgf/cm².

Tabela 3. Perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação

	PPC (%)	FC (kgf/cm ²)
	Idade (I)	
6 semanas	29,60	2,213
70 semanas	25,65	2,183
	Dias de maturação (M)	
0	26,44	3,220
3	28,35	1,734
7	28,09	1,641
P-value (I)	<0,0001	0,6535
P-value (M)	0,0257	<0,0001
P-value (IxM)	<0,0001	0,0003
CV (%)	8,48	11,89

Tabela 4. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC)

	PPC (%)		
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	30,44 Aa	29,44 Aa	28,94 Aa
70 semanas	22,44 Bb	27,26 Aa	27,24 Aa
	FC (kgf/cm ²)		
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	3,028 Ba	1,850 Ab	1,761 Ab
70 semanas	3,411 Aa	1,617 Ab	1,520 Ab

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve interação significativa entre idade e dias de maturação para as variáveis colágeno total e IFM da carne de peito (Tabela 5), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 6.

Tabela 5. Colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação

	Colágeno total (%)	IFM
	Idade (I)	
6 semanas	3,45	120,68
70 semanas	4,15	134,85
	Dias de maturação (M)	
0	4,10	147,95
3	3,80	130,34
7	3,54	105,00
P-value (I)	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	0,0014	<0,0001
P-value (IxM)	<0,0015	<0,0001
CV (%)	11,98	3,99

Aves com 70 semanas de idade apresentaram maior conteúdo de colágeno na carne de peito do que aves abatidas com seis semanas de idade, e que foi reduzido após sete dias de maturação (Tabela 6). A maturação não influenciou a quantidade de colágeno presente na carne de aves mais jovens. O IFM foi reduzido com o processo de maturação da carne de aves de ambas as idades estudadas.

Antes da maturação a carne de animais mais velhos apresentou-se mais dura, cuja redução da maciez está relacionada ao maior conteúdo de colágeno intramuscular³⁷ e à formação de irreversíveis ligações entre essas moléculas de colágeno, que afetam de maneira direta a maciez da carne.³⁸ A maturação reduziu a FC e o percentual de colágeno, promoveu o amaciamento e conferiu à carne de aves em idade de descarte maciez semelhante à da carne de frango usualmente consumida.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar (IFM)

Colágeno total (%)			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	3,75 Ba	3,20 Ba	3,49 Aa
70 semanas	4,45 Aa	4,41 Aa	3,60 Ab

IFM			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	151,31 Aa	102,59 Bb	108,14 Ab
70 semanas	158,09 Aa	144,59 Ab	101,85 Ac

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Koohmaraie *et al.*³⁹, Morgan *et al.*⁴⁰ e Watanabe *et al.*⁴¹ apontaram que em carne de animais ruminantes o IFM aumenta continuamente durante a maturação e, segundo Taylor *et al.*⁴², o valor absoluto do IFM pode variar de animal para animal mas o importante é que ocorra o aumento do IFM após o abate. Neste estudo durante o processo de maturação foi observada redução dos valores de IFM e o aumento da maciez, resultado inverso ao que era esperado com base na literatura.

Culler *et al.*¹⁷ ao avaliarem a relação existente entre o IFM e as características físicas, químicas e sensoriais do músculo *longissimus* bovino, definiram carnes com valores de IFM iguais ou superiores a 60 como macias; carnes com IFM próximo a 50 como intermediárias ou ligeiramente macias; e carne com IFM próximo a 35 como

duras. Na literatura não foram encontrados padrões que definam a maciez da carne de frango em função do valor do IFM.

Os valores de IFM em carne bovina tem relação inversa com a força de cisalhamento, sendo que quanto maior o valor do IFM menor a força de cisalhamento e maior a maciez da carne.^{17,43} Poucos trabalhos existem na literatura a respeito da avaliação do IFM em carne de peito de frangos de corte. Assim, continuaremos nossos estudos de modo a confirmar se esta relação inversa entre IFM e força de cisalhamento relatada na literatura também se aplica à carne de frango.

Houve interação significativa entre idade e dias de maturação para as variáveis proteína, gordura, umidade e cinzas (Tabela 7), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 8.

Tabela 7. Composição química da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação

	Proteína (g kg ⁻¹)*	Gordura (g kg ⁻¹)*	Umidade (%)	Cinzas (g kg ⁻¹)*
Idade (I)				
6 semanas	209,3	5,9	72,89	16,0
70 semanas	235,5	13,4	70,63	16,1
Dias de maturação (M)				
0	211,6	11,0	72,25	15,6
3	232,3	10,7	71,93	16,9
7	223,4	7,3	71,11	15,6
P-value (I)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,8301
P-value (M)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0106
P-value (IxM)	0,0002	0,0005	0,0003	0,0013
CV (%)	2,88	14,50	0,97	9,42

*Resultados expressos na matéria natural.

Aves abatidas com 70 semanas de idade apresentaram carne com maior quantidade de proteína e de gordura e menor percentual de umidade do que aves abatidas em idade comercial. Durante a maturação foi observado aumento do conteúdo de proteína e redução da quantidade de gordura das amostras provenientes de aves de ambas as idades estudadas. O percentual de umidade da carne de aves mais velhas também foi reduzido com a maturação.

O percentual de água nos músculos reduz com o avanço da idade e, concomitantemente, ocorre aumento na gordura.^{33,34} O aumento do conteúdo de proteína das amostras provenientes de aves abatidas com 70 semanas de idade

durante a maturação, foi devido à redução da capacidade de retenção de água de 72,67% para 68,44% (Tabela 2) e à redução da umidade de 71,67% para 69,67%.

Embora a carne de aves com 70 semanas de idade tenha apresentado maior quantidade de proteína do que a carne de aves abatidas com seis semanas é necessário avaliar se a qualidade da proteína pode ser influenciada pela maior quantidade de colágeno presente na carne de aves mais velhas, característica do avanço da idade, pois o aumento da proporção de colágeno em produtos cárneos pode reduzir o número absoluto de aminoácidos essenciais ao ser humano e prejudicar a qualidade da proteína.⁴⁴

Tabela 8. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis proteína, gordura, umidade e cinzas

Proteína (g kg⁻¹)*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	202,2 Bb	214,3 Ba	211,4 Ba
70 semanas	220,9 Ac	235,3 Ab	250,4 Aa
Gordura (g kg⁻¹)*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	7,1 Ba	6,1 Bab	4,5 Bb
70 semanas	14,9 Aa	15,3 Aa	10,1 Ab
Umidade (%)			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	72,83 Aa	73,30 Aa	72,54 Aa
70 semanas	71,67 Ba	70,56 Bb	69,67 Bb
Cinzas (g kg⁻¹)*			
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	16,0 Aa	17,5 Aa	14,5 Bb
70 semanas	15,2 Aa	16,3 Aa	16,7 Aa

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). *Resultados expressos na matéria natural.

Houve interação significativa entre idade e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (Tabela 9), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 10. Aves abatidas com 70 semanas de idade apresentaram menor concentração de colesterol após três e sete dias de maturação do que a carne de aves abatidas em idade comercial. Houve redução da concentração de colesterol em amostras provenientes de aves de ambas as idades estudadas, assim

como da quantidade de gordura. Apesar da redução do conteúdo de gordura, ocorreu o aumento da oxidação lipídica durante a maturação.

Tabela 9. Colesterol total e oxidação lipídica (TBARS) da carne de peito de aves de diferentes idades durante o processo de maturação

	Colesterol total (g kg ⁻¹)	TBARS (mg MDA kg ⁻¹)
	Idade (I)	
6 semanas	0,23	0,155
70 semanas	0,19	0,134
	Dias de maturação (M)	
0	0,23	0,120
3	0,20	0,150
7	0,19	0,164
P-value (I)	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	<0,0001	<0,0001
P-value (IxM)	0,0003	<0,0001
CV (%)	8,55	7,82

TBARS: substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico; MDA: Malonaldeído.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre idade e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (TBARS)

	Colesterol total (g kg ⁻¹)		
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	0,25 Aa	0,23 Aa	0,21 Ab
70 semanas	0,23 Aa	0,18 Bb	0,17 Bb
	TBARS (mg MDA kg ⁻¹)		
	0	3 dias	7 dias
6 semanas	0,145 Ab	0,154 Aab	0,166 Aa
70 semanas	0,095 Bb	0,146 Aa	0,161 Aa

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). TBARS: substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico; MDA: Malonaldeído.

Souza *et al.*⁴⁵ ao estudarem o efeito da radiação e da estocagem sobre a oxidação lipídica e o colesterol de carne ovina maturada por 15 dias, observaram redução do conteúdo de colesterol de 0,79 g kg⁻¹ para 0,38 g kg⁻¹ e concluíram que essa redução foi, provavelmente, devida à oxidação do colesterol em outros tipos de gordura. Nam *et al.*⁴⁶ observaram que embalar carnes cruas a vácuo foi suficiente para proteger o colesterol e os ácidos graxos da oxidação. Neste estudo todas as amostras utilizadas no processo de maturação foram individualmente embaladas a vácuo, mas ainda assim houve a redução da concentração de colesterol que, embora seja um composto relativamente estável, pode ser oxidado quando submetido a condições adversas.

Em produtos cárneos a oxidação pode ser influenciada por fatores como temperatura de processamento, tempo de armazenamento, condições de embalagem e composição dos lipídios.⁴⁷ Smith⁴⁸ sugeriu que hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados formados durante a oxidação lipídica podem iniciar a oxidação do colesterol e, ao mesmo tempo, a gordura insaturada poderia aumentar a oxidação.

Bragagnolo e Rodriguez-Amaya²² relataram que a concentração de colesterol na carne branca varia de 0,48 a 0,79 g kg⁻¹ e, segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos⁴⁹, a concentração média de colesterol em filés de peito de frango *in natura* é de 0,59 g kg⁻¹, valores bastante superiores aos encontrados neste estudo para a carne de aves de ambas as idades estudadas.

A linhagem, o tipo de alimentação, a idade da ave, a localização anatômica do músculo, o sexo, o sistema de criação e o clima são fatores que podem influenciar a concentração de colesterol da carne, os constituintes e a quantidade de gordura.⁵⁰

Embora a presença de gordura na carne possa ser interessante para o mercado gourmet, a baixa quantidade de gordura é benéfica para alimentos destinados ao nicho de mercado que preza por produtos mais saudáveis.³⁴ Assim, a redução da quantidade de gordura e da concentração de colesterol em carne maturada poderia ser um atrativo na comercialização de carne de aves abatidas em idade de descarte.

A oxidação lipídica limita a vida de prateleira dos alimentos e é um dos mecanismos primários da deterioração da qualidade de carnes, principalmente para amostras com maior quantidade de gordura.⁵¹ Quando o ar é removido da embalagem, o seu efeito oxidante é eliminado, o que permite tempos de armazenamento mais longos e o retardamento da descoloração da carne e da oxidação de lipídios.⁵²⁻⁵⁴ Armazenar a carne em temperaturas baixas, como durante a maturação, ajuda a minimizar a oxidação lipídica, porém, mesmo sob temperaturas de congelamento esta é apenas retardada e não eliminada.⁵¹

Segundo Vitale *et al.*⁵⁴, alguns autores propuseram valores críticos de TBARS pela associação entre o grau de oxidação lipídica e a detecção de rancidez por painelistas ou consumidores. Younathan e Watts⁵⁵, Wong *et al.*⁵⁶ e Campo *et al.*⁵⁷ consideraram que o valor de TBARS em carne bovina que é detectável pelo

consumidor varia entre 1,0 e 3,0 mg MDA kg⁻¹ e que as variações dependem principalmente de características específicas da carne analisada como espécie, tamanho, condições de estocagem e também do método utilizado na determinação da oxidação lipídica. Campo *et al.*⁵⁷ concluíram que valor de TBARS igual a 2,0 mg MDA kg⁻¹, em carne bovina, pode ser considerado o ponto a partir do qual o sabor de ranço domina o sabor da carne e, portanto, deve ser considerado como o limite para a percepção sensorial.

A oxidação provoca deterioração no sabor da carne ao longo do armazenamento e pode estar diretamente relacionada com TBARS⁵⁷, entretanto na literatura não foram encontrados trabalhos que estabelecessem limites toleráveis de TBARS em carne de frango. Com base nos resultados deste estudo, é possível afirmar que mesmo com o aumento observado no valor de TBARS durante a maturação, não ocorreu a rancificação das amostras estudadas a ponto de comprometer o seu odor e causar a rejeição do produto.

Houve diferença significativa entre aves abatidas com seis e 70 semanas de idade com relação à concentração de ácidos graxos mono e poli-insaturados da gordura da carne de peito (Tabela 11), sendo que em aves mais velhas foi observada maior concentração de MUFA e menor concentração de PUFA. Os ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1), e linoleico (C18:2) são os principais ácidos graxos da carne de aves domésticas⁵⁸ conforme observado também na Tabela 11.

Neste estudo, a proporção de PUFA n-6 e n-3 foi de aproximadamente 28:1 em carne de peito de aves com 70 semanas de idade e de 14:1 em carne de peito de frangos de corte abatidos com 6 semanas de idade. A recomendação é que a relação entre n-6 e n-3 seja de 6:1, pois são importantes em termos de saúde cardiovascular.⁵⁹

Como foi descrito anteriormente, a oxidação lipídica limita a conservação dos alimentos por ser um substancial mecanismo de deterioração, principalmente em amostras com maior quantidade de gordura.⁵¹ A oxidação dos lipídios insaturados produz peróxidos e aldeídos que são responsáveis pela redução da qualidade durante o armazenamento, que é geralmente associada à carne de frango com altos níveis de PUFA.⁶⁰ A estabilidade oxidativa dos lipídios insaturados diminui à medida que o grau de insaturação aumenta.⁶¹ Assim, é possível afirmar que a menor

concentração de ácidos graxos poli-insaturados (principalmente daqueles que apresentam um maior grau de insaturação), observada na carne de peito de aves abatidas com 70 semanas de idade, pode ter contribuído para uma menor oxidação lipídica inicial.

Tabela 11. Concentração de ácidos graxos, em g kg⁻¹, da gordura da carne de peito de aves de diferentes idades

Ácidos graxos	6 semanas	70 semanas	P-value	CV (%)
Saturados	335,90	342,10	0,4887	5,79
Monoinsaturados	343,10 B	381,00 A	<0,0001	3,18
Poli-insaturados	319,80 A	270,70 B	<0,0001	4,46
C12:0	0,10 B	0,50 A	<0,0001	28,75
C14:0	4,20 B	7,80 A	<0,0001	7,18
C15:0	0,80 B	1,40 A	<0,0001	12,72
C16:0	231,20 B	249,40 A	0,0245	6,89
C17:0	1,20 B	2,20 A	<0,0001	8,06
C18:0	97,30 A	80,10 B	<0,0001	7,27
C20:0	1,00 A	0,70 B	<0,0001	13,08
C14:1	0,70	0,60	0,1042	18,23
C16:1	26,40 A	22,60 B	0,0004	8,11
C17:1	0,30 B	1,80 A	<0,0001	11,54
C18:1n9c	283,90 B	332,30 A	<0,0001	3,86
C18:1n7	21,50 A	20,10 B	0,0334	6,55
C20:1n9	3,40 A	2,60 B	<0,0001	7,78
C24:1n9	6,90 A	1,00 B	<0,0001	10,27
C18:2n6c	231,60	220,60	0,0611	5,43
C18:2c9,t11	0,30 B	0,70 A	<0,0001	13,14
C18:3n6	1,40	1,50	0,3769	10,95
C18:3n3	14,10 A	6,80 B	<0,0001	5,57
C20:2	7,40 A	1,50 B	<0,0001	5,67
C20:3n6	10,30 A	2,40 B	<0,0001	13,33
C20:4n6	36,50 A	30,90 B	0,0054	11,85
C20:3n3	1,10 A	0,10 B	<0,0001	17,14
C22:6n3 (DHA)	3,80 A	2,30 B	<0,0001	13,76
C20:5n3 (EPA)	2,00 A	0,20 B	<0,0001	17,02
C22:4n6	11,10 A	3,90 B	<0,0001	14,11

Médias seguidas por letras distintas (linha) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). DHA: ácido docosahexaenóico; EPA: ácido eicosapentaenóico.

CONCLUSÃO

O uso da carne de aves em idade de descarte como matéria-prima pode ser benéfico à indústria, pois apresenta mais gordura e menos colesterol, maior capacidade de reter água intracelular e menor perda durante o cozimento. Além disso, a menor concentração de ácidos graxos poli-insaturados faz com que a carne de aves em idade de descarte seja menos susceptível à oxidação lipídica. Maturar filés de peito durante três dias é suficiente para promover o amaciamento e reduzir a

quantidade de gordura e de colesterol. A maturação pode, portanto, ser utilizada como técnica para agregar valor e diferenciar os produtos cárneos a base de frango.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela bolsa de estudos e auxílio à pesquisa concedidos (Processos 2011/21681-0 e 2012/08787-7).

REFERÊNCIAS

- 1 ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2015. 2015. http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf. [16 de fevereiro de 2016].
- 2 Borba H. 2008. Utilização do processo de maturação e marinação sobre as características qualitativas da carne de matrizes de descarte de corte e galinhas poedeiras de descarte. 50f. (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- 3 Komiyama CM, Martins MRFB, Mendes AA, Sanfelice C, Cañizares MCS, Rodrigues L, Cañizares GIL, Roça RO and Almeida ICL. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. *Braz J Food Technol* **2**:89-93 (2009).
- 4 Costa-Alvarenga TIR, Chen Y, Furusho-Garcia IF, Perez JRO and Hopkins DL, Manipulation of omega-3 PUFAs in lamb: phenotypic and genotypic views. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **14**:189-204 (2015).
- 5 Scollan ND, Dannenberger D, Nuernberg K, Richardson I, Mackintosh S, Hocquette JF and Moloney AP, Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci* **97**:384-94 (2014).
- 6 Kuttappan VA, Brewer V, Apple J, Waldroup P and Owens CM, Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poult Sci* **91**:2677-2685 (2012).
- 7 Kuttappan VA, Huff GR, Huff WE, Hargis BM, Apple JK, Coon C and Owens CM, Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. *Poult Sci* **92**:339-345 (2013).
- 8 Magdelaine P, Spiess M and Valceschini E, Poultry meat consumption trends in Europe. *World's Poult Sci J* **64**:53-64 (2008).
- 9 Leosdottir M, Nilsson PM, Nilsson JA, Mansson H and Berglund G, Dietary fat intake and early mortality patterns – data from The Malmo diet and cancer study. *J Intern Med* **258**:153-165 (2005).

- 10 American Heart Association, AHA. Heart and stroke encyclopedia. Dietary guidelines for healthy American adults. Cholesterol. Fat. <http://www.americanheart.org> [16 de fevereiro de 2015].
- 11 Russo GL. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochem Pharmacol* **77**:937-46 (2009).
- 12 Carmo MCNS and Correia MITD, A importância dos ácidos graxos ômega-3 no câncer. *Rev. bras. cancerol.* **55**:279-287 (2009).
- 13 Hamm R. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*. Cleveland **10**:335-443 (1960).
- 14 Honikel KO. The water binding of meat. *Fleischwirtsch.* **67**:1098-1102 (1987).
- 15 Lyon CE, Lyon BG and Dickens JA. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *J Appl Poult Res* **7**:53-60 (1998).
- 16 Woessner Junior JF. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Arch Biochem Biophys* **93**:440-447 (1961).
- 17 Culler RD, Parrish Junior FC, Smith GC and Cross HR. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *Longissimus* muscle. *J Food Sci* **43**:1177-1180 (1978).
- 18 Gornall AG, Bardawill CJ and David MM. 1949. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J Bio Chem* **177**:751-766 (1949).
- 19 Association of Official Analytical Chemists - AOAC. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 18th ed. Gaithersburg, M.D, USA (2005).
- 20 Vyncke BW, Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichm., Leinfelden*, **72**:1084-1087(1970).
- 21 Bohac CE, Rhee KS, Cross HR and Ono K, Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *J Food Sci* **53**:1642-1693 (1988).
- 22 Bragagnolo N and Rodriguez-Amaya DB, Teores de colesterol em carnes de frango. *Rev farm bioquim Univ São Paulo* **28**:122-131 (1992).
- 23 Bligh GE and Dyer JW, A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* **37**:911-917 (1959).
- 24 Maia EL and Rodriguez-Amaya DB, Avaliação de um método simples e econômico para metilação de ácidos graxos de lipídeos de diversas espécies de peixes. *Rev Inst Adolfo Lutz* **53**:27-35 (1993).
- 25 SAS Institute. SAS user's guide: statistics. Release 9.1. Cary. (2002).
- 26 Vaithyanathan S, NaveenA BM, Muthukumar M, Girish PS, Ramakrishna C, Sen AR and Babji Y. Biochemical and physicochemical changes in spent hen breast meat during postmortem aging. *Poult Sci* **87**:180-186. (2008).

- 27 Komiyama CM, Mendes AA, Sanfelice C, Cañizares MC, Roça RO, Takahashi SE, Rodrigues L, Cañizares GIL, Paz ICLA and Cardoso KFG. Qualidade físico-química e sensorial da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. *Ciênc Rural* **40**:1623-1629. (2010).
- 28 Ramos EM and Gomide LAM. Avaliação de carnes anormais: condições PSE e DFD. In: Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias. 1. Viçosa: UFV, p. 531-575. (2007).
- 29 Purchas RW. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Sci* **27**:120-140. (1990)
- 30 Bianchi M, Petracci M and Cavani C. The influence of genotype, market live weight, transportation, and holding conditions prior to slaughter on broiler breast meat color. *Poult Sci* **85**:123-128. (2006).
- 31 Olivo R and Olivo N. O mundo das carnes. Ciência, Tecnologia e Mercado, Criciúma, 21 ed., p. 211. (2005).
- 32 Monahan FJ, Skibsted LH and Andersen ML. Mechanism of oxymyoglobin oxidation in the presence of oxidizing lipids in bovine muscle. *J Agric Food Chem* **53**: 5734-5738. (2005).
- 33 Warriss PD. *Meat science: an introductory text*. New York: CABI Publishing, 314 p. (2000).
- 34 Fanatico AC, Cavitt LC, Pillai PB, Emmert JL and Owens CM. Evaluation of Slower-Growing Broiler Genotypes Grown with and Without Outdoor Access: Meat Quality. *Poult Sci* **84**:1785-1790. (2005).
- 35 Huff-Lonergan E and Sosnicki A. Water-Holding Capacity of Fresh Meat. Pork Information Gateway - American Meat Science Association Fact Sheet, 8 p. (2005).
- 36 Dabes AC. Propriedades da carne fresca. *Revista Nacional da Carne* **25**:32-40. (2001).
- 37 Rogov IA, Tokaev ES and Kovalev YI. Collagen and its rational content in meat products: Part 1. Analytical studies. *Meat Sci* **31**:35-42. (1992).
- 38 Fletcher DL. Poultry meat quality. *World's Poult Sci J* **58**:131-145. (2002).
- 39 Koohmaraie M, Babiker AS, Schroeder AL, Merkel RA and Dutson TR. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca²-dependent proteases. *J Food Sci* **53**:1638-1641. (1988).
- 40 Morgan JB, Wheeler TL, Koohmaraie M, Savell JW and Crouse JD. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in *Longissimus* muscle of young bulls and steers. *J Anim Sci* **71**:1471-1476. (1993).
- 41 Watanabe A, Daly CC, Devine CE. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Sci* **42**:67-78. (1996).
- 42 Taylor RG, Geesink GH, Thompson VF, Koohmaraie M and Goll DE. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *J Anim Sci* **73**:1351-1367. (1995).

- 43 Koohmaraie M, Whipple G and Crouse JD. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *J Anim Sci* **68**:1268-1278. (1990).
- 44 El SN, Evaluating protein quality of meats using collagen content. *Food Chem* **53**:209-210 (1995).
- 45 Souza ARM, Arthur V and Canniatti-Brazaca SG, Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça Santa Inês. *Cienc Tecnol Aliment* **27**:67-71 (2007).
- 46 Nam KC, Du M, Jo C and Ahn DU, Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. *Meat Sci* **58**:431-435 (2001).
- 47 Baggio SR, Miguel AMR and Bragagnolo N, Simultaneous determination of cholesterol oxides, cholesterol and fatty acids in processed turkey meat products. *Food Chem* **89**:475-484 (2005).
- 48 Smith LL, Cholesterol autoxidation 1981-1986. *Chemical Physical Lipids* **44**:87-125 (1987).
- 49 TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2011. <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela> [5 de novembro de 2015].
- 50 Bragagnolo N and Rodriguez- Amaya DB, Determinação de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. *Cienc Tecnol Aliment* **15**:11-17 (1995).
- 51 Mariutti LRB and Bragagnolo N, A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. *Rev Inst Adolfo Lutz* **68**:1-11 (2009).
- 52 Jiang T, Busboom JR, Nelson ML, O'Fallon J, Ringkob TP, Rogers-Klette KR, Joos D and Piper K, The influence of forage diets and aging on beef palatability. *Meat Sci* **86**:642-650 (2010).
- 53 Lindahl G, Color stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere. *Meat Sci* **87**:428-435 (2011).
- 54 Vitale M, Pérez-Juan M, Lloret E, Arnau J and Realini CE, Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Sci* **96**:270-277 (2014).
- 55 Younathan MT and Watts B, Relationship of meat pigments to lipid oxidation. *J Food Sci* **24**:728-734 (1959).
- 56 Wong JW, Hashimoto K and Shibamoto T, Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *J Agric Food Chem* **43**:2707-2712 (1995).
- 57 Campo MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD and Richardson RI, Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci* **72**:303-311 (2006).
- 58 Chae HS, Kim SH, Kim BY, Yoo YM, Kim JH, Ahn CN, Lee JM, Kim YK and Choi YI, Changes of the fatty acid, amino acids and collagen contents in domestic

- broiler chickens of different marketing standard. *Korean J Food Sci An Resour* **22**:1-7 (2002).
- 59 Wijendran V and Hayes KC, Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu Rev Nutr* **24**:597-615 (2004).
- 60 Leskanich CO and Noble RC, Manipulation of the ω -3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. *World's Poult Sci J* **53**:155-183 (1997).
- 61 Rymer C and Givens DI, Omega-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: A review. *Lipids* **40**:121-130 (2005).

CAPÍTULO 3

*Este capítulo foi redigido segundo as normas editoriais do periódico “**Scientia Agrícola**”.*

CAPÍTULO 3 – ALTERAÇÕES PROMOVIDAS PELA MATURAÇÃO EM CARNE DE PEITO DE FRANGOS DE DUAS LINHAGENS COMERCIAIS

Juliana L M de Mello¹, Rodrigo A de Souza¹, Gustavo C Paschoalin¹, Fábio B Ferrari¹, Mariana P Berton², Aline Giampietro-Ganeco¹, Pedro A de Souza¹ e Hirasilva Borba¹

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil.

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Genética e Melhoramento Animal, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil.

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da maturação sobre as características físicas e químicas da carne de peito de frangos das linhagens Cobb 500 e Label Rouge, abatidos aos 42 e 85 dias de idade, respectivamente. Foram utilizadas 30 amostras do filé de peito de machos Cobb 500 e 30 amostras do filé de peito de machos Label Rouge. As amostras foram embaladas a vácuo e maturadas em incubadora BOD por três e sete dias. Foram analisados cor (L^* , a^* e b^*), pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar, perda de peso por armazenamento, volume de exsudato, proteína solúvel no exsudato, composição química, colesterol total, oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos. Embora seja menos macia do que a carne de aves Cobb 500, a carne de frangos Label Rouge apresenta maior capacidade de reter a água intracelular, menor produção de exsudato e, possivelmente menor perda nutricional durante o armazenamento. A carne de frangos Label Rouge apresenta maior quantidade de colesterol, mas em contrapartida possui maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados, que são benéficos à saúde humana. O processo de maturação aumenta a maciez da carne de peito de frango e promove a redução da concentração de colesterol e da quantidade de gordura.

Palavras-chave: colesterol, frango caipira, gordura, maciez, PUFA

ABSTRACT – This research evaluated the effect of aging on the physical and chemical characteristics of breast meat from Cobb 500 and Label Rouge broilers, slaughtered at 42 and 85-d-old, respectively. Were used 30 breast samples from male Cobb 500 broilers and 30 breast samples from male Label Rouge broilers. Samples were vacuum packaged and aged in BOD incubator ($2\text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$) for three and seven days. Were analyzed color (L^* , a^* and b^*), pH, water holding capacity, cooking weight loss, shear force, lipid oxidation, total collagen, myofibrillar fragmentation index, storage weight loss, exudate volume, soluble protein in exudate, chemical composition, total cholesterol and fatty acids profile. Breast meat from Label Rouge broilers showed higher collagen and polyunsaturated fatty acids amounts than breast meat from Cobb 500. Aging process favored the decrease of cooking weight loss and collagen amount in breast meat from Label Rouge. There was a reduction in shear force, myofibrillar fragmentation index and fat and cholesterol amounts in breast fillets from two lineages studied. Although it is less tender, the meat from Label Rouge broilers has higher capacity to hold the intracellular water, produce less exudate and, possibly, shows lower nutritional loss during storage. It has higher concentration of cholesterol but, in contrast, has a higher concentration of PUFA, which are beneficial to human health. The aging process increases the softness of breast meat and promotes the reduction of cholesterol concentration and the amount of fat.

Keywords: cholesterol, fat, free-range poultry, PUFA, softness

Introdução

A competitividade de mercado e a produção intensiva de frangos de corte contribuíram para o desenvolvimento de novas tendências no consumo de carne de frango, através da demanda por carne oriunda de sistemas de produção que garantam a segurança alimentar ou que se preocupem com o bem-estar animal (Zanusso e Dionello, 2003). Ao optar por determinados produtos os consumidores não estão só preocupados com a qualidade da carne, mas também com sua origem (Grunert et al., 2004). Em particular, a utilização de raças rústicas tem a vantagem de que estes animais estão intimamente relacionados com o meio ambiente e com a manutenção da biodiversidade (Marino et al., 2014).

A criação de frango caipira para produção de carne é um segmento promissor da avicultura alternativa devido à procura por produtos com sabor diferenciado (Madeira et al., 2010). Obtido a partir de criações com técnicas de manejo diferentes do sistema tradicional, o frango caipira é muito apreciado por uma significativa parcela de consumidores, porém, a reduzida oferta no mercado torna esse tipo de produto demasiadamente caro. As linhagens caipiras podem ser criadas semi-confinadas com acesso a uma área de “pastejo” na qual se alimentam de capins, insetos e sementes que, segundo Hellmeister Filho et al. (2003), conferem sabor à carne, e que resulta em maior valor agregado e diferenciação do produto final.

A criação de frangos de corte tipo colonial ou “caipira” está regulamentada no Brasil pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através do Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99 (Brasil, 1999), que define as condições de manejo deste tipo de ave. Nestas condições está proibido o uso de promotores de crescimento e a ave não pode receber produtos quimioterápicos e ingredientes de origem animal em sua alimentação; a partir do 28º dia de idade as aves devem ter acesso a piquetes com no mínimo três metros quadrados de área disponível para cada ave alojada; e a idade mínima de abate é de 85 dias, sendo necessário o uso de linhagens específicas para este tipo de criação.

Alguns consumidores se interessam por esse tipo de carne por acreditarem que apresenta qualidade sensorial superior à da carne de aves criadas confinadas (Fanatico et al., 2006). Embora o desempenho dessas aves possa ser menos eficiente do que o de aves criadas no sistema tradicional, elas são mais adaptadas

para sistemas alternativos de produção, bem como a qualidade de sua carne é mais apropriada para mercados especializados ou “gourmet” (Castellini et al., 2002). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da maturação sobre as características físicas e químicas da carne de peito de frangos das linhagens Cobb 500 e Label Rouge, abatidos aos 42 e 85 dias de idade, respectivamente.

Material e métodos

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

Foram utilizadas 60 carcaças de frangos de corte sendo, 30 carcaças de frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 criados em sistema confinado e 30 carcaças de frangos de corte machos da linhagem Label Rouge criados em sistema extensivo, abatidos aos 42 e 85 dias de idade, respectivamente. As amostras foram adquiridas em abatedouros de escala comercial (São Paulo, Brasil), fiscalizados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). As aves foram abatidas de acordo com a rotina de cada planta frigorífica, transportadas sob refrigeração até o local de realização das análises e, após a estabilização do *rigor mortis* (4 horas pós-abate), o peito de cada carcaça foi manualmente desossado para obtenção das amostras de músculo *pectoralis major*.

Após desossa e retirada da pele, as amostras destinadas à maturação foram individualmente embaladas a vácuo em sacos plásticos (18 micra) utilizando uma seladora Selovac modelo 200-B e, posteriormente, acondicionadas em incubadora BOD (Eletrolab modelo EL101/3 250W) sob temperatura de $2\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ controlada através de um painel digital, para que fosse realizada a maturação.

Os lotes de amostras foram removidos da incubadora BOD no terceiro e no sétimo dias de maturação para realização das análises físicas. As amostras destinadas às análises químicas foram congeladas em freezer (-20 °C), por 30 dias, para posterior análise. Para todas as amostras foram adotados os mesmos procedimentos, antes e após a maturação por três e sete dias.

Métodos utilizados

Foram analisados cor (L^* , a^* e b^*), pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), perda de peso por armazenamento (PPA), volume de exsudato (VE), proteína solúvel no exsudato (PS), composição química, colesterol total, oxidação lipídica (TBARS) e perfil de ácidos graxos.

Cor – Foi determinada com o uso do colorímetro Minolta CR-400 na parte interna dos filés, logo após a desossa e, em amostras maturadas, 30 minutos após a abertura das embalagens e exposição das amostras ao oxigênio.

pH – Foi determinado em triplicata com o uso de um peagâmetro digital Testo 205, munido de eletrodo de penetração para inserção direta nas amostras.

CRA - Foi determinada pela metodologia descrita por Hamm (1960) na qual foram utilizados 2 g de amostra crua, colocado entre dois papéis de filtro e placas de acrílico e submetidos à pressão de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso final} \times 100) / \text{Peso inicial}$.

PPC – Foi determinada em amostras do peito desossado e sem pele, utilizando a metodologia descrita por Honikel (1987). Amostras de tamanho e peso aproximados foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85 °C) por 30 minutos. Após o resfriamento em temperatura ambiente, foram novamente pesadas para determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $[(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial}] \times 100$.

FC – De cada amostra proveniente da análise de PPC foram obtidas ao menos três subamostras com área conhecida, as quais foram posicionadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular ao do dispositivo “Warner-Bratzler”, acoplado ao texturômetro “Texture Analyser TA-XT2i”, e submetidas ao corte (Lyon et al., 1998). A força necessária para cisalhar as amostras foi expressa em kgf cm^{-2} .

Colágeno Total – Foi quantificado pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologia proposta por Woessner Junior (1961). Para a digestão das amostras foram pesados 4 g de amostra crua e moída, digeridos por 17 horas com H_2SO_4 3M em estufa a 110 °C. A gordura da amostra foi eliminada pela adição de 5 mL de éter de petróleo. O hidrolisado foi filtrado e em seguida 5 mL foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL. Da nova diluição, 4 mL foram transferidos para tubos de ensaio, adicionados 2 mL do reagente de oxidação e 2 mL do reagente de cor. Após agitação os tubos foram aquecidos em banho-maria (60 °C) por 15 minutos. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 558 nm. Juntamente com as amostras foram analisados padrões feitos a partir de uma solução estoque de L-hidroxiprolina. A partir das leituras da absorbância dos padrões foi construída uma curva padrão. A leitura da absorbância das amostras plotada na curva padrão resultou na concentração de hidroxiprolina contida na alíquota usada na reação de cor. Calculando a massa da amostra contida na alíquota utilizada foi possível calcular a concentração de hidroxiprolina. A concentração de colágeno é oito vezes maior que a concentração de hidroxiprolina.

IFM – Foi determinado conforme descrito por Culler et al. (1978). De cada amostra foram retiradas subamostras com 3 gramas, as quais serão picadas com bisturi para retirada de qualquer tecido conjuntivo ou gordura aparente. Posteriormente as amostras foram homogeneizadas em turrax durante 1,5 minutos, com 30 mL da solução de extração. Em seguida, o homogenato foi centrifugado por 15 minutos, a 10.000 rpm e 4 °C. Após descartar o sobrenadante, o precipitado foi disperso com 30 mL da solução de extração, agitado com um bastão de vidro e centrifugado novamente; esta operação foi repetida mais uma vez. Após descartar o sobrenadante, ao precipitado foram adicionados 15 mL da solução de extração e a suspensão obtida foi filtrada em peneira de polietileno para remoção do tecido conjuntivo. Na suspensão de miofibrilas foi determinada a concentração de proteína pelo método do biureto, descrito por Gornall et al. (1949). Uma alíquota da suspensão de miofibrilas foi diluída, agitada e, logo em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 540 nm. O índice de fragmentação miofibrilar foi calculado de acordo com a fórmula: $\text{IFM} = \text{absorbância} \times 200$.

PPA – Foi determinada por diferença entre os pesos inicial e final de cada amostra, antes e após a maturação, expressa em porcentagem.

VE – O volume de exsudato foi mesurado após a abertura de cada embalagem com o uso de uma proveta graduada em mL.

PS – A dosagem de proteína solúvel no exsudato foi efetuada de acordo com o método descrito por Hartree (1972).

Composição Química – O conteúdo total de proteína (Kjeldahl), conteúdo de gordura (Soxhlet), umidade e cinzas, foram determinados conforme procedimentos oficiais (AOAC, 2005). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Colesterol Total – A concentração de colesterol foi determinada segundo metodologia de Bohac et al. (1988), adaptada por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1992) em que 10 gramas de amostra crua moída foram submetidos à extração de lipídios com clorofórmio e metanol na relação 2:1. Em seguida, uma alíquota de 10 mL do extrato clorofórmico foi evaporada com nitrogênio gasoso e submetida à saponificação com solução 12% de hidróxido de potássio em etanol. A fração insaponificável (colesterol) foi extraída com hexano, purificada e submetida à reação de cor com ácido acético e ácido sulfúrico, tendo como catalisador o sulfato ferroso. Em seguida, foi procedida a leitura em espectrofotômetro a 490 nm.

Oxidação Lipídica – Foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Vyncke (1970) que analisa as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), expressas em mg de malonaldeído (MDA) por kg de amostra. Foram pesados 5 gramas de amostra crua previamente moída aos quais foram adicionados 25 mL de solução de ácido tricloroacético. Após homogeneização em turrax (2 minutos) e filtragem, foram pipetados em tubos de ensaio 5 mL do extrato e 5 mL de solução de ácido tiobarbitúrico. Os tubos foram mantidos em banho-maria com água fervente por 40 minutos e, após o resfriamento em temperatura ambiente, foi realizada a leitura das amostras em espectrofotômetro a 538 nm, acompanhadas de uma curva

padrão.

Perfil de ácidos graxos – As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Plantas do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal. Os ácidos graxos foram isolados pelo método descrito por Bligh e Dyer (1959), que retira a fase lipídica da amostra. A esterificação dos ácidos graxos foi realizada segundo metodologia proposta por Maia e Rodrigues-Amaya (1993), os quais foram analisados em cromatógrafo gasoso Shimadzu 14B, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (OMEGAWAX250), sendo utilizado H₂ como gás de arraste. A identificação dos picos foi feita por comparação dos tempos de retenção com padrões de composição conhecida.

Análise estatística – Resultados de cor, pH, CRA, PPC, FC, colágeno total, IFM, VE, PPA, PS, composição química, colesterol total e TBARS foram analisados utilizando um DIC em esquema fatorial 2x3 (duas linhagens e três tempos de maturação) com dez repetições. Os dados foram analisados pelo procedimento “General Linear Models” do programa “Statistical Analysis System” (SAS) (SAS Institute Inc, Cary, NC). Resultados de perfil de ácidos graxos foram analisados utilizando um DIC com duas linhagens e dez repetições. Os dados foram analisados pelo procedimento “One-way ANOVA” do SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC). Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey com significância definida em $P < 0,05$.

Resultados e discussão

Aves da linhagem Label Rouge apresentaram carne com maior luminosidade (L*) (55,68) do que a carne de aves da linhagem Cobb 500 (54,38) (Tabela 1). O valor de L* aumentou com o período de maturação de 54,01 para 55,48. Houve interação significativa entre linhagem e dias de maturação para as variáveis intensidade de vermelho (a*) e de amarelo (b*), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 1. Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e de amarelo (b*) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.

	L*	a*	b*
Linhagem (L)			
Cobb 500	54,38 B	1,32	3,98
Label Rouge	55,68 A	1,24	8,46
Dias de Maturação (M)			
0	54,01 B	1,05	4,95
3	55,60 A	1,36	7,13
7	55,48 A	1,42	6,58
P-value (L)	0,0073	0,1635	<0,0001
P-value (M)	0,0117	<0,0001	<0,0001
P-value (LxM)	0,0533	0,0003	<0,0001

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Observa-se que o valor de a* aumentou com a maturação para carne proveniente de ambas as linhagens (Tabela 2). Com relação à intensidade de amarelo (b*), a carne de aves de linhagem de crescimento lento apresentou maior valor de b*, e que aumentou ao longo do processo de maturação de 5,91 para 9,93.

Tabela 2. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*).

Intensidade de vermelho (a*)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	1,13 Ab	1,24 Ab	1,59 Aa
Label Rouge	0,98 Ab	1,49 Aa	1,25 Bab
Intensidade de amarelo (b*)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	3,98 Ba	4,33 Ba	3,63 Ba
Label Rouge	5,91 Ab	9,93 Aa	9,54 Aa

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Durante a maturação ocorre o aumento da produção de radicais livres que promoveriam a oxidação das moléculas de mioglobina e que causariam a redução da intensidade de vermelho das amostras (Monahan et al., 2005); entretanto, a intensidade de vermelho da carne de aves de ambas as linhagens aumentou com o processo de maturação.

O frango é a única espécie que possui músculos com cores extremas, sendo que o peito apresenta coloração rosa pálida e os músculos das pernas coloração vermelha intensa (Pérez-Vendrell et al., 2001). Alguns autores afirmaram que as

aves de crescimento lento possuem carne mais vermelha e mais escura do que aves de crescimento rápido ou de alto desempenho (Berri et al., 2001; Debut et al., 2003; Santos et al., 2005).

Neste estudo nota-se que, antes da maturação, aves de ambas as linhagens apresentaram carne com intensidade de vermelho estatisticamente igual e que após sete dias de maturação aves Label Rouge apresentaram carne menos avermelhada ($a^* = 1,25$) do que a carne de aves Cobb 500 ($a^* = 1,59$). As diferenças entre genótipos quanto à intensidade de vermelho estariam relacionadas a possíveis diferenças nos tipos de fibra muscular das linhagens (Lonergan et al., 2003) e ao conteúdo de mioglobina (Gordon e Charles, 2002).

Diferenças entre aves criadas em sistema intensivo e extensivo são esperadas, principalmente com relação à cor da carne, uma vez que animais criados em sistema extensivo apresentam maior movimentação e atividade de pastejo, com consequente ingestão de forragens que são fontes de pigmentos carotenoides (Pérez-Vendrell et al., 2001; Fanatico et al., 2005; Faria et al., 2009). Fanatico et al. (2005) observaram que o acesso ao pastejo influenciou principalmente a intensidade de amarelo e a perda por cozimento, que foram superiores para a carne de aves de crescimento lento.

O valor de pH da carne de peito de aves Cobb 500 foi superior ao da carne de aves Label Rouge (Tabela 3). O tempo de maturação não influenciou o pH da carne de ambas as linhagens estudadas. Fanatico et al. (2007) e Wang et al. (2009), ao avaliarem a qualidade da carne de frangos de corte criados em sistemas de confinamento e extensivo também observaram que o pH da carne das aves criadas em sistema extensivo foi significativamente menor do que o da carne de aves criadas em confinamento.

O sistema de criação das aves em ambientes abertos e melhores condições de bem-estar reduzem o estresse pré-abate e o consumo de glicogênio muscular (De La Torre et al., 2012). Fernandez et al. (2001) observaram que a carne de peito de perus de linhagem de crescimento rápido apresentou menor conteúdo de glicogênio do que a carne de perus crescimento lento, o que normalmente resulta em pH mais elevado. O exercício físico (Fanatico et al., 2007) e o acesso ao pastejo também afetam o metabolismo muscular devido, principalmente, à alimentação

diferenciada que as aves recebem, o que também poderia influenciar o pH da carne (Farmer et al., 1997).

Tabela 3. pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.

	pH	CRA (%)	PPC (%)	FC (kgf/cm ²)	Colágeno total (%)	IFM
Linhagem (L)						
Cobb 500	5,84 A	64,26	30,15	2,175	4,00	119,77
Label Rouge	5,74 B	67,44	27,12	2,678	5,58	117,96
Dias de Maturação (M)						
0	5,77	64,48	29,95	4,170	5,06	145,36
3	5,80	66,13	28,92	1,575	4,83	109,70
7	5,81	66,94	27,09	1,534	4,48	101,53
P-value (L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1597
P-value (M)	0,2106	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0034	<0,0001
P-value (LxM)	0,0513	0,0005	0,0263	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Houve interação significativa entre linhagem e dias de maturação para as variáveis CRA, PPC, FC, colágeno total e IFM cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 4. Aves da linhagem Label Rouge apresentaram maior capacidade de retenção de água (67,30%, em média) e menor perda de peso por cozimento (27,12%, em média) do que aves da linhagem Cobb 500 (64,24% e 30,19%, em média, respectivamente, para CRA e PPC). Considerando a carne de aves Label Rouge, houve aumento da CRA (de 65,22% para 69,67%) e redução da PPC (de 29,34% para 25,09%) ao longo do processo de maturação.

Durante a maturação da carne ocorre o aumento na capacidade de retenção de água devido à elevação do pH e à degradação enzimática da estrutura miofibrilar (Roça, 2001). A carne que apresenta baixa capacidade de retenção de água apresenta perda de valor nutricional através do exsudato produzido, é mais seca e menos macia (Dabes, 2001).

Santos et al. (2005) observaram que a carne do peito das aves da linhagem Cobb apresentou maior capacidade de retenção de água (68,38%) do que a carne de aves da linhagem Paraíso Pedrês (65,54%), resultado inverso ao que foi observado neste estudo. Wang et al. (2009) observaram que não houve diferença significativa entre os sistemas de criação avaliados em seu trabalho, com relação à

capacidade de retenção de água, enquanto que Fanatico et al. (2007) e Castellini et al. (2002) concluíram que a capacidade de reter água foi menor na carne de aves criadas com acesso ao pastejo.

Tabela 4. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), colágeno total e índice de fragmentação miofibrilar (IFM).

CRA (%)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	63,34 Ba	65,23 Ba	64,22 Ba
Label Rouge	65,22 Ab	67,03 Ab	69,67 Aa
PPC (%)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	30,56 Aa	30,93 Aa	29,09 Aa
Label Rouge	29,34 Aa	26,92 Bb	25,09 Bb
FC (kgf/cm²)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	3,399 Ba	1,596 Ab	1,531 Ab
Label Rouge	4,942 Aa	1,554 Ab	1,534 Ab
Colágeno total (%)			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	4,0 Ba	4,0 Ba	4,0 Aa
Label Rouge	6,0 Aa	6,0 Aa	5,0 Ab
IFM			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	140 Ba	113 Ab	106 Ac
Label Rouge	150 Aa	106 Bb	97 Bc

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As perdas decorrentes do cozimento, que contribuem para que a carne se torne menos suculenta e menos macia foram inferiores em carne de peito de frangos Label Rouge. Inicialmente, aves Label Rouge apresentaram carne de peito mais dura, possivelmente devida ao maior conteúdo de colágeno, entretanto, o processo de maturação proporcionou a redução da força de cisalhamento e da quantidade de colágeno, com consequente aumento da maciez dos filés. O processo de maturação não influenciou o conteúdo de colágeno da carne de peito de aves Cobb 500.

O sistema de criação afeta a força de cisalhamento, sendo esta superior em carne de peito e de sobrecoxa de frangos criados em sistema extensivo,

provavelmente como consequência da maior atividade muscular exercida pelas aves (Castellini et al., 2002), uma vez que ela tem acesso livre aos piquetes. É possível atribuir a carne menos macia de aves criadas com acesso ao pastejo às mudanças na estrutura química do colágeno intramuscular que ocorrem com o avanço da idade do animal, principalmente nas ligações cruzadas que estabilizam as fibras (Nishimura, 2015) ao invés de aumentar a quantidade de tecido conjuntivo.

As variações de maciez entre a carne de animais jovens e animais mais velhos ocorrem, pois em animais jovens a síntese de novas moléculas de colágeno é mais rápida (Bailey e Sims 1977). Nas novas moléculas de colágeno existem poucas ligações cruzadas (que reduzem sua solubilidade) e podem ser facilmente solubilizadas quando aquecidas durante o cozimento. Durante a maturação ocorre a redução do conteúdo de colágeno do músculo devido à ação proteolítica de catepsinas que são capazes de quebrar o colágeno insolúvel em fragmentos solúveis (Oliveira et al., 1998).

Com relação ao IFM, durante o processo de maturação houve redução dos valores de IFM da carne de aves de ambas as linhagens. Koohmaraie et al. (1988), Morgan et al. (1993), Taylor et al. (1995) e Watanabe et al. (1996) afirmaram que o IFM aumenta continuamente durante a maturação da carne de animais ruminantes. Para carne bovina é possível estabelecer uma relação inversa entre o IFM e a maciez (força de cisalhamento) sendo que quanto maior o IFM, menor a força de cisalhamento e maior a maciez da carne (Culler et al., 1978; Koohmaraie et al., 1990).

Neste trabalho foi encontrado um resultado inverso ao que era esperado para o IFM com base nesta literatura citada. Não são encontrados padrões estabelecidos na literatura para IFM em carne de frangos de corte, o que dificulta sua classificação quanto ao grau de maciez utilizando o IFM. Desta forma, continuaremos avaliando se a relação inversa existente entre IFM e maciez para carne bovina também é válida para carne de frango.

Houve interação significativa entre linhagem e dias de maturação para as variáveis PPA, VE e PS (Tabela 5), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 6.

Tabela 5. Perda de peso por armazenamento (PPA), volume de exsudato (VE) e proteína solúvel no exsudato (PS) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.

	PPA (%)	VE (mL/g)	PS (mg/mL)
Linhagem (L)			
Cobb 500	2,87	0,024	0,161
Label Rouge	0,98	0,004	0,171
Dias de Maturação (M)			
3	1,50	0,010	0,164
7	2,34	0,018	0,167
P-value (L)	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	<0,0001	<0,0001	0,0313
P-value (LxM)	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota-se que a carne de aves Label Rouge apresentou menor PPA e menor VE devido à sua maior CRA. Entretanto, houve uma maior perda de proteína através do exsudato aos sete dias de maturação. A PPA da carne de aves da linhagem Cobb 500 aumentou com a maturação (de 2,18% para 3,55%), acompanhada do aumento do VE (de 0,018 mL/g para 0,031 mL/g), valores bastante superiores aos observados em carne de aves Label Rouge.

Tabela 6. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis perda de peso por armazenamento (PPA), volume de exsudato (VE) e proteína solúvel no exsudato (PS).

	PPA (%)	
	3 dias	7 dias
Cobb 500	2,18 Ab	3,55 Aa
Label Rouge	0,83 Ba	1,14 Ba
	VE (mL/g)	
	3 dias	7 dias
Cobb 500	0,018 Ab	0,031 Aa
Label Rouge	0,002 Bb	0,006 Ba
	PS (mg/mL)	
	3 dias	7 dias
Cobb 500	0,166 Aa	0,156 Bb
Label Rouge	0,163 Ab	0,179 Aa

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Aves Label Rouge apresentaram carne menos úmida e com maior quantidade de cinzas do que aves Cobb 500 (Tabela 7). Não houve diferença ($p > 0,05$) com relação ao percentual de umidade durante o processo de maturação. Houve

interação significativa entre linhagem e dias de maturação para os percentuais de proteína e gordura, cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 8.

Observa-se que a carne de aves Label Rouge apresentou maior quantidade de proteína do que a carne de aves Cobb 500. O conteúdo de gordura das amostras estudadas foi reduzido com a maturação e não houve diferença significativa entre o conteúdo de gordura da carne de peito das duas linhagens estudadas.

Tabela 7. Composição química da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.

	Proteína (%)*	Gordura (%)*	Umidade (%)	Cinzas (%)*
Linhagem (L)				
Cobb 500	20,44	0,73	73,24 A	1,50 B
Label Rouge	21,85	0,79	71,63 B	1,74 A
Dias de Maturação (M)				
0	20,76	0,77	72,41	1,62 AB
3	21,61	0,86	72,21	1,67 A
7	21,06	0,65	72,68	1,56 B
P-value (L)	<0,0001	0,1336	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	0,0013	<0,0001	0,0685	0,0188
P-value (LxM)	0,0136	0,0008	0,0785	0,3793

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). *Resultados expressos na matéria natural.

Tabela 8. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para os percentuais de proteína e gordura.

Proteína (%)*			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	19,70 Bb	21,22 Ba	20,40 Bab
Label Rouge	21,82 Aa	22,00 Aa	21,72 Aa
Gordura (%)*			
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	0,93 Aa	0,67 Ab	0,60 Ab
Label Rouge	0,87 Aa	0,80 Aab	0,69 Ab

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). *Resultados expressos na matéria natural.

A quantidade de gordura da carcaça é altamente relacionada com o genótipo e influencia as propriedades funcionais e características nutricionais da carne (Berri et al., 2007; Sirri et al., 2011). Wang et al. (2009) observaram que o sistema de criação não influenciou a composição química da carne de peito, mas que houve redução da quantidade de gordura abdominal em carcaças de aves criadas em sistema extensivo. A criação em sistema extensivo pode favorecer um maior consumo de energia pelo aumento da atividade motora, com consequente menor

acúmulo de gordura abdominal (Castellini et al., 2002). Linhagens de crescimento rápido tendem a apresentar valores mais elevados de gordura na carne de peito devido à maior ingestão de alimento em um menor intervalo de tempo, quando comparados aos de linhagem de crescimento lento (Castellini et al., 2006), no entanto não foi observada diferença entre as duas linhagens estudadas quanto ao conteúdo de gordura da carne de peito.

Houve interação significativa entre linhagem e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (Tabela 9), cujos desdobramentos são mostrados na Tabela 10. Inicialmente a carne de aves Label Rouge apresentou maior concentração de colesterol do que a carne de aves Cobb 500, contudo, esse nível de colesterol foi reduzido com o processo de maturação de 36,22 mg/100g para 23,18 mg/100g. Em carne de aves Cobb 500 o processo de maturação também reduziu a concentração de colesterol de 27,05 mg/100g para 23,67 mg/100g.

Tabela 9. Colesterol total e oxidação lipídica (TBARS) da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge durante o processo de maturação.

	Colesterol total (mg/100g)	TBARS (mg MDA/kg)
Linhagem (L)		
Cobb 500	24,85	0,133
Label Rouge	28,21	0,161
Dias de Maturação (M)		
0	31,63	0,096
3	24,45	0,162
7	23,51	0,183
P-value (L)	<0,0001	<0,0001
P-value (M)	<0,0001	<0,0001
P-value (LxM)	<0,0001	<0,0001

Tabela 10. Desdobramento das interações entre linhagem e dias de maturação para as variáveis colesterol total e oxidação lipídica (TBARS).

	Colesterol total (mg/100g)		
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	27,05 Ba	23,67 Ab	23,84 Ab
Label Rouge	36,22 Aa	25,24 Ab	23,18 Ac
	TBARS (mg MDA/kg)		
	0	3 dias	7 dias
Cobb 500	0,127 Ab	0,133 Bab	0,141 Ba
Label Rouge	0,065 Bc	0,191 Ab	0,226 Aa

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas (colunas) e minúsculas (linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Souza et al. (2007) ao estudarem a oxidação lipídica e o conteúdo de colesterol em carne ovina armazenada por 15 dias observaram redução do conteúdo de colesterol de 79,29 mg/100g para 38,53 mg/100g e concluíram que a redução significativa da concentração de colesterol foi, provavelmente, devida à oxidação do colesterol em outros tipos de gordura. A oxidação do colesterol em outros tipos de gordura promoveria o aumento do percentual de gordura das amostras, no entanto, neste estudo foi verificada a redução da quantidade de gordura das amostras durante o processo de maturação (Tabela 8).

A carne de aves Label Rouge apresentou maior variação no valor de TBARS durante sete dias de maturação (de 0,065 mg MDA/kg para 0,226 mg MDA/kg) do que aves Cobb 500. Para as amostras provenientes de aves da linhagem Cobb 500 o aumento do valor de TBARS foi menor, de 0,127 mg MDA/kg para 0,141 mg MDA/kg em sete dias de maturação.

Dentre os macronutrientes presentes na carne, a fração lipídica é a mais susceptível a modificações (Funaro et al., 2014). Em produtos cárneos a oxidação lipídica se inicia e se propaga principalmente nas camadas de fosfolipídios das membranas celulares devido ao alto conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados (Wood et al., 2008). Alguns dos fatores principais que definem a susceptibilidade à oxidação de lipídios são a proporção de ácidos graxos poli-insaturados e o nível de antioxidantes endógenos ou provenientes da dieta (Brenes et al., 2008; Cortinas et al., 2005). A maior atividade motora imposta pelo sistema de criação também favorece o metabolismo oxidativo do músculo e a produção de radicais livres, que atuam na oxidação lipídica (Castellini et al., 2002).

Níveis elevados de oxidação não só limitam o prazo de validade do alimento como também influenciam suas características sensoriais. A estabilidade oxidativa da carne durante o armazenamento depende do estado oxidativo inicial e do genótipo da ave (Castellini et al., 2008). A menor oxidação lipídica da carne não maturada de aves Label Rouge poderia ser devida a uma menor concentração de lipídios, à adaptação das fibras musculares para atividade física e à maior ingestão de compostos antioxidantes provenientes do pastejo (Castellini et al., 2008), entretanto, como foi dito anteriormente, neste estudo não foi constatada diferença

significativa com relação ao conteúdo de gordura da carne de peito de aves das duas linhagens estudadas (Tabela 8).

Observa-se que a carne de aves Cobb 500 apresentou maior concentração de ácidos graxos monoinsaturados e menor concentração de poli-insaturados do que a carne de aves Label Rouge (Tabela 11). Não houve efeito da linhagem da ave sobre a concentração dos ácidos graxos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1n9), araquidônico (C20:4n6) e docosatetraenóico (C22:4n6) na carne de peito.

Tabela 11. Composição de ácidos graxos, em porcentagem, da gordura da carne de peito de frangos Cobb 500 e Label Rouge.

Ácidos graxos	Cobb 500	Label Rouge	P-value
Saturados	32,49	32,47	0,9703
Monoinsaturados	32,55 A	31,26 B	0,0278
Poli-insaturados	34,96 B	37,63 A	0,0004
C12:0	0,02 B	0,03 A	<0,0001
C14:0	0,37	0,36	0,5667
C15:0	0,07 B	0,08 A	0,0256
C16:0	22,08	21,94	0,7407
C17:0	0,13 B	0,16 A	0,0014
C18:0	9,73	9,82	0,8308
C20:0	0,10 A	0,09 B	0,0490
C14:1	0,06 A	0,04 B	0,0043
C16:1	2,43 A	1,51 B	<0,0001
C17:1	0,03 B	0,09 A	<0,0001
C18:1n9	26,60	26,87	0,6155
C18:1n7	2,25 A	1,77 B	<0,0001
C20:1n9	0,30 A	0,19 B	<0,0001
C24:1n9	0,88 A	0,79 B	0,0469
C18:2n6	24,99 B	28,06 A	0,0002
C18:2c9,t11	0,03 B	0,07 A	<0,0001
C18:3n6	0,15 B	0,18 A	0,0085
C18:3n3	1,40 B	1,63 A	<0,0001
C20:2	0,66 A	0,43 B	<0,0001
C20:3n6	1,10 A	0,53 B	<0,0001
C20:4n6	4,71	4,98	0,1931
C20:3n3	0,09 A	0,03 B	<0,0001
C22:6n3 (DHA)	0,45 B	0,54 A	0,0095
C20:5n3 (EPA)	0,22 B	0,12 B	<0,0001
C22:4n6	1,16	1,07	0,3555

Médias seguidas por letras distintas (nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A carne de aves apresenta características nutricionais desejáveis, tais como baixo teor de lipídios e concentrações relativamente elevadas de ácidos graxos poli-insaturados (Nkukwana et al., 2014), entretanto, a tendência crescente para a substituição de gorduras saturadas por gorduras insaturadas gera preocupação sobre a estabilidade oxidativa dos produtos cárneos. Neste estudo a maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados presente na gordura da carne de peito de aves Label Rouge possivelmente favoreceu a maior oxidação lipídica durante a maturação (Tabela 10).

Conclusão

Embora seja menos macia do que a carne de aves Cobb 500, a carne de frangos Label Rouge apresenta maior capacidade de reter a água intracelular, menor produção de exsudato e, possivelmente menor perda nutricional durante o armazenamento. A carne de frangos Label Rouge apresenta maior quantidade de colesterol, mas em contrapartida possui maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados, que são benéficos à saúde humana. O processo de maturação aumenta a maciez da carne de peito de frango e promove a redução da concentração de colesterol e da quantidade de gordura.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela bolsa de estudos e auxílio à pesquisa concedidos (Processos 2011/21681-0 e 2012/08787-7).

Referências

- Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 2005. Official Methods of Analysis. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- Bailey, A.J.; Sims, T.J. 1977. Meat tenderness: distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28: 565-570.
- Bligh, G.E; Dyer, J.W. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911-917.

- Berri, C.; Wacrenier, N.; Millet, N.; Le Bihan-Duval, E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science* 80: 833-838.
- Berri, C.; Le Bihan-Duval, E.; Debut, M.; Sante-Lhoutellier, V.; Baeza, E.; Gigaud, V.; Jego, Y.; Duclos, M.J. 2007. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal Science* 85: 2005-2011.
- Bohac, C.E.; Rhee, K.S.; Cross, H.R.; Ono, K. 1988. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *Journal of Food Science* 53: 1642-1693.
- Bragagnolo, N.; Rodriguez-Amaya, D.B. 1992. Cholesterol content of chicken meat. *Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo* 28: 122-131 (in Portuguese).
- Brasil. 1999. Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99, de 19 de maio de 1999. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Brenes, A.; Viveros, A.; Gon, I.; Centeno, C.; Sa´Yago-Ayerdy, S.G.; Arija, I. 2008. Effect of grape pomace concentrate and vitamin E on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. *Poultry Science* 87: 307-316.
- Castellini, C.; Mugnai, C.; Dal Bosco, A. 2002. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science* 60: 219-225.
- Castellini, C.; Dal Bosco, A.; Mugnai, C.; Pedrazzoli, M. 2006. Comparison of two chicken genotypes organically reared: oxidative stability and other qualitative traits of the meat. *Italian Journal of Animal Science* 5: 355-363.
- Castellini, C.; Berri, C.; Le Bihan-Duval, E.; Martino, G. 2008. Qualitative attributes and consumer perception of organic and free-range poultry meat. *World's Poultry Science Journal* 64: 500-512.
- Cortinas, L.; Barroeta, A.; VillaVerde, C.; Galobart, J.; Guardiola, F.; Baucells, M.D. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid oxidation. *Poultry Science* 84: 48-55.
- Culler, R.D.; Parrish JR, F.C.; Smith, G.C.; Cross, H.R. 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. *Journal of Food Science* 43: 1177-1180.
- Dabes, A.C. 2001. Propriedades da carne fresca. *Revista Nacional da Carne* 25: 32-40.
- De La Torre, C.A.L; Conte-Júnior, C.A.; Canto, A.C.V.C.S.; Monteiro, M.L.G.; Lima, B.R.C.C.; Mársico, E.T.; Mano, S.B.; Franco, R.M. 2012. Biochemical changes in alternative poultry meat during refrigerated storage. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* 19: 195-200.
- Debut, M.; Berri, C.; Baeza, E.; Sellier, N.; Arnould, C.; Guemene, D.; Jehl, N.; Boutten, B.; Jego, Y.; Beaumont, C.; Le Bihan-Duval, E. 2003. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and prelaughter stress conditions. *Poultry Science* 82: 1829-1838.

- Fanatico, A.C.; Cavitt, L.C.; Pillai, P.B.; Emmert, J.L.; Owens, C.M. 2005. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: Meat Quality. *Poultry Science* 84: 1785-1790.
- Fanatico, A.C.; Pillai, P.B.; Cavitt, L.C.; Emmert, J.L.; Meullenet, J.F.; Owens, C.M. 2006. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: sensory attributes. *Poultry Science* 85: 337-343.
- Fanatico, A.C.; Pillai, P.B.; Emmert, J.L.; Owens, C.M. 2007. Meat quality of slow-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoor or with outdoor access. *Poultry Science* 86: 2245-2255.
- Faria, P.B.; Bressan, M.C.; Souza, X.R.; Rodrigues, E.C.; Cardoso, G.P.; Gama, L.T. 2009. Physical-chemical characteristics of meat in chickens of the Paraíso Pedrês and Label Rouge lines. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 2455-2464 (in Portuguese, with abstract in English).
- Farmer, L. J.; Perry, G.C.; Lewis, P.D.; Nute, G.R.; Piggott, J.R.; Patterson, R.L.S. 1997. Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities of conventional UK and label rouge production systems. II. Sensory attributes. *Meat Science* 47: 77-93.
- Fernandez, X.; Sante, V.; Baeza, E.; Le Bihan Duval, E.; Berri, C.; Remignon, H.; Babile, R.; Le Pottier, G.; Millet, N.; Berge, P.; Astruc, T. 2001. Post mortem muscle metabolism and meat quality in three genetic types of turkey. *British Poultry Science* 42: 462-469.
- Funaro, A.; Cardenia, V.; Petracci, M.; Rimini, S.; Rodriguez-Estrada, M.T.; Cavani, C. 2014. Comparison of meat quality characteristics and oxidative stability between conventional and free-range chickens. *Poultry Science* 93: 1511-1522.
- Gordon, S.H.; Charles, D.R. 2002. *Niche and Organic Chicken Products*. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Gornall, A.G.; Bardawill, C.J.; David, M.M. 1949. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry* 177:751-766.
- Grunert, K.G.; Bredahl, L.; Brunso, K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Science* 66: 259-272.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*. Cleveland, 10: 335-443.
- Hartree, E.F. 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry* 48: 422-427.
- Hellmeister Filho, P.; Menten, J.F.M.; Silva, M.A.N.; Coelho, A.A.D.; Savino, V.J.M. 2003. Effect of genotype and rearing system on performance of alternative lines of broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 1883-1889 (in Portuguese, with abstract in English).
- Honikel, K.O. 1987. The water binding of meat. *Fleischwirtsch* 67: 1098-1102.

- Koohmaraie, M.; Babiker, A.S.; Schroeder, A.L.; Merkel, R.A.; Dutson, T.R. 1988. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca²-dependent proteases. *Journal of Food Science* 53: 1638-1641.
- Koohmaraie, M.; Whipple, G.; Crouse, J.D. 1990. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *Journal of Animal Science* 68: 1268-1278.
- Lonergan, S.M.; Deeb, N.; Fedler, C.A.; Lamont, S.J. 2003. Breast meat quality and composition in unique chicken populations. *Poultry Science* 82: 1990-1994.
- Lyon, C.E.; Lyon, B.G.; Dickens, J.A. 1998. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research* 7: 53-60.
- Madeira, L.A.; Sartori, J.R.; Araujo, P.C.; Pizzolante, C.C.; Saldanha, E.S.P.B.; Pezzato, A.C. 2010. Evaluation of performance and carcass yield in four broiler chicken lineages in two system of rearing. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 2214-2221 (in Portuguese, with abstract in English).
- Maia, E.L.; Rodrigues-Amaya, D. 1993. Evaluation of a simple and inexpensive method for the methylation of fatty acid with lipids of various fish species. *Revista do Instituto Adolfo Lutz* 53: 27-35 (in Portuguese).
- Marino, R.; Albenzio, M.; Della Malva, A.; Caroprese, M.; Santillo, A.; Sevi, A. 2014. Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Science* 98: 178-186.
- Monahan, F.J.; Skibsted, L.H.; Andersen, M.L. 2005. Mechanism of oxymyoglobin oxidation in the presence of oxidizing lipids in bovine muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 5734-5738.
- Morgan, J.B., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Savell, J.W., Crouse, J.D. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in Longissimus muscle of young bulls and steers. *Journal of Animal Science* 71: 1471-1476.
- Nkukwana, T.T.; Muchenje, V.; Masika, P.J.; Hoffman, L.C.; Dzama, K.; Descalzo, A.M. 2014. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from broiler chickens supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal over a period of refrigeration. *Food Chemistry* 142: 255-261.
- Nishimura, T. 2015. Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat. *Meat Science* 109: 48-55.
- Oliveira, L.B.; Soares, G.J.D.; Antunes, P.L. 1998. Influence of the maturation of bovine meat in the solubility of the collagen and weight losses for cooking. *Revista Brasileira de Agrociência* 4: 166-171 (in Portuguese, with abstract in English).

- Pérez-Vendrell, A.M.; Hernandez, M.; Llauro, L.; Schierle, J.; Brufau, J. 2001. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry Science* 80: 320-326.
- Roça, R.O. 2001. *Tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: UNESP, FCA, 201 p. (in Portuguese).
- Santos, A.L.; Sakomura, N.K.; Freitas, E.R.; Fortes, C.M.L.S.; Carrilho, E.N.V.M.; Fernandes, J.B.K. 2005. Growth, performance, carcass yield and meat quality of three broiler chickens strains. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34: 1589-1598 (in Portuguese, with abstract in English).
- SAS Institute. (2002). *User's guide: Statistics*. Release 9.1. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Sirri, F.; Castellini, C.; Bianchi, M.; Petracchi, M.; Meluzzi, A.; Franchini, A. 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. *Animal* 5: 312-319.
- Souza, A.R.M.; Arthur, V.; Canniatti-Brazaca, S.G. 2007. Effect of radiation and of storage in lipids oxidation and cholesterol of lamb Santa Inês. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27: 67-71 (in Portuguese, with abstract in English).
- Taylor, R.G.; Geesink, G.H.; Thompson, V.F.; Koohmaraie, M.; Goll, D.E. 1995. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *Journal of Animal Science* 73: 1351-1367.
- Vyncke, B.W. 1970. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichm., Leinfelden* 72: 1084-1087.
- Wang, K.H.; Shi, S.R.; Dou, T.C.; Sun, H.J. 2009. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. *Poultry Science* 88: 2219-2223.
- Watanabe, A.; Daly, C.C.; Devine, C.E. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science* 42: 67-78.
- Woessner Junior, J.F. 1961. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 93: 440-447.
- Wood, J.D.; Enser, M.; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I.; Hughes, S.I.; Whittington, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78: 343-358.
- Zanusso, J.T.; Dionello, N.J.L. 2003. Alternative poultry production – qualitative factors analysis of free range poultry meat. *Revista Brasileira de Agrociência* 9: 191-194 (in Portuguese, with abstract in English).